

Erinevate viljelusmeetodite (sh. otsekülv) rakendusteaduslik kompleksuuring

Riikliku programmi “Põllumajanduslikud rakendusuuringud ja arendustegevus aastatel 2009–2014” projekti lõpparuanne

Projekti juht:	Kalvi Tamm
Projekti täitjad:	Peeter Viil
	Raivo Vettik
	Taavi Võsa
	Jüri Kadaja
	Triin Saue
	Liina Edesi
	Pille Sooväli
	Liina Loorits
	Enn Lauringson
	Liina Talgre
	Priit Penu
	Tiina Köster
	Karli Sepp
	Elina Akk
	Jaanus Siim
	Edvin Nugis
	Tiit Plakk
	Aadu Pannal
	Rein Põldoja

Sisukord

Sissejuhatus	4
1. Katsealad ja kultuurid	4
2. Muld.....	6
2.1. Katsealade künnikihi iseloomustus.....	6
2.2. Mulla lasuvustihedus statsionaarkatses.....	7
2.3. Toiteainete paiknemine mullas statsionaarkatses	7
2.4. Mulla veeläbilaskvus statsionaarkatses	7
2.5. Mulla gravimeetriline niiskus ja lasuvustihedus	7
2.6. Mulla struktuursus ja veekindlad agregaadid.....	8
2.7. Mulla kõvadus tootmispõldudel	8
2.8. Vihmausside arvukus ja mass statsionaarkatses ja tootmispõldudel	9
2.9. Mulla elektrilised omadused	9
2.10. Mulla mikrobioloogiline aktiivsus	10
2.11. Põllumajandusuuringute Keskuse mullauuringud	13
3. Väetiste paigutamine sõltuvalt viljelustehnoloogiast.....	27
3.1. Väetiste paigutamise viis.....	27
3.2. Eri liiki väetistega paikväetamine	27
3.3. Väetamisviiside eelised ja puudused	28
4. Ilmastik.....	31
4.1. Kasvuperioodi ilmastik	31
4.2. Talvitumisperioodi ilmastik	31
4.3. Talvised mulla-, maapinna- ja õhutemperatuuri mõõtmised katsetel.	32
5. Produktiivsus, saagikus ja saagi kvaliteet.....	33
5.1. Lehepinna indeksi mõõtmised.....	33
5.2. Katsepõldude saagikused	34
5.3. Ilmastikunäitajate ja saagikuse korrelatsioonid	35
5.4. Viljelustehnoloogia mõju talinisu saagile.	36
5.5. Saagi saastatus hallitussente ja mükotoksiinidega	37
6. Taimekahjustajad	38
6.1. Viljelustehnoloogia mõju taimehaiguste esinemisele.	38
6.2. Viljelustehnoloogia mõju taimekahjurite esinemisele.....	39
6.3. Viljelustehnoloogia mõju umbrohtumisele ja mulla umbrohuseemnevarule.....	39
7. Majanduslikud tahud	43
7.1. Viljelusviiside rakendamine põllumajandusettevõtetes	43
7.2. Ülevaade otsekülvikutest	44
7.3. Kulud ja kasum.....	47
8. Keskkond	48

8.1.	Otsekülv ja kliima.....	48
8.2.	Kasvuhoonegaaside lendumine	49
8.3.	KHG mõõtmisest ETKI-s	50
8.4.	Taimekaitsevahendite kasutamine katsealadel.....	51
8.5.	Taimekaitsevahendite jäägid multšis ja mullas	51
9.	Kokkuvõte	52
	Kasutatud kirjandus	55
	LISAD	58
	Lisa 1. Mulla lasuvustihedus	58
	Lisa 2. Toitainete paiknemine mullas.	59
	Lisa 3. Vihmausside arvukus ja mass.....	63
	Lisa 4. PMK mullauuringute tulemused 2012. aastal	64
	Lisa 5. Mulla füüsilise seisundi hindamise meetodid.....	72
	Lisa 6. Mulla lasuvustihedused ja topsiniiskused.....	77
	Lisa 7. Mulla penetrogrammid.....	78
	Lisa 8. Mulla niiskuse määramine perkomeetri tulemustest.....	81
	Lisa 9. Mulla soolsuse Ece mõõtmine ja dünaamika kasvuperioodi vältel	85
	Lisa 10. Taimehaiguste esinemine katsepõldudel.....	88
	Lisa 11. Kahjurite kahjustused katsepõldudel	90
	Lisa 12. Lehepinna indeks	92
	Lisa 13. Ilmastiku andmed	93
	Lisa 14. Otsekülvikute tootjad ja maaletoojad	107
	Lisa 15. Otsekülvikute tehnilisi andmeid	108
	Lisa 16. Otsekülvikute seemendid.....	110
	Lisa 17. Küsitluse vorm	113
	Lisa 18. Küsitluse tulemused.....	120

Sissejuhatus

ETKI teadurite teabevahetusest põllumeestega on ilmnenud, et märkimisväärne osa suurtootjatest kasutavad oma ettevõttes kas väiksemal või suuremal pinnal pindharimist või otsekülvi eesmärgiga minimeerida mullaharimisega seotud energia- ja ajakulu. Senine maaviljelus on põhinenud künnil ja selgitamist vajab, kuidas mõjutab künnist ja üldse mullaharimisest loobumine mulla, taimede ja põllu seisundit, millised on pikaajalised mõjud ning majanduslik efekt. Teravnevad keskkonna- ja energiaprobleemid ning vajadus toitu enam ja odavamalt toota on pannud põllumehi ja ka muid huvigruppe üha enam tähelepanu pöörama otsekülvile kui võimalikule lahendusele aga samas ka kui potentsiaalsele probleemide põhjustajale. Ühelt poolt pindharimine ja eriti otsekülv võimaldavad vähendada ettevõtte masinate vajadust ja kütusekulu ning seega heitgaaside emissiooni. Otsekülvitehnoloogias nähakse vahendit, mis aitab pidurdada mulla erosiooni ning parandada veerežiimi. Teiselt poolt nähakse võrreldes teiste tehnoloogiatega probleemidena pestitsiidide suuremaid jääke mullas, mulla tihenemist ja bioloogilise elurikkuse võimalikku vaesumist.

Erinevate viljelusmeetodite mõju mulla omadustele ja põllukultuuride saagikusele on maailmas uuritud eri uurimisgruppide poolt. Mujal tehtud uurimused pole aga erinevate majandus- ja agrokliimaatiliste tingimuste tõttu Eestis otse rakendatavad. Ka Eestis on uuritud erinevaid viljelusmeetodeid. EMVI vanemteadur Peeter Viil alustas otsekülvi alaseid uuringuid ja andmete kogumist juba 1983 aastal ja on seda iseseisvalt teinud kuni tänaseni, eesmärgiga selgitada otsekülvi eeliseid ja puuduseid ning rakendusvõimalusi Eestis. Otseste finantseerimise puudumisel ei olnud aga võimalik seda uuringut laiapõhjaselt teostada.

2012. aasta kevadel käivitus EMVI, JSAI, EMU ja PMK koostöös Põllumajandusministeeriumi poolt rahastatava riikliku programmi “Põllumajanduslikud rakendusuuringud ja arendustegevus aastatel 2009–2014” raames uurimisprojekt „Erinevate viljelusmeetodite (sh. otsekülv) rakendusteaduslik kompleksuuring“, kus osales 18 põhitäitjat ja 2 abitöötajat.

Uurimisprojekti eesmärgiks oli selgitada otsekülvi rakendamise võimalusi erinevates Eesti agrokliimaatilistes tingimustes, erinevate viljelusviiside mõju mulla omadustele, põllu üldisele füto-sanitaarsele seisundile ning põllukultuuride saagi kvaliteedile, saagikusele ja omahinnale.

Kultuuride valiku määras teraviljatootmises enamlevinud viljavaheldus. Kuna katsealad seatakse kindlatele põldudele ja need jäävad paika kogu projekti perioodiks, kasutatakse katsealadel sama viljavaheldust, mida kogu põllul.

1. Katsealad ja kultuurid

Katsealad asusid üheksas piirkonnas: Raplamaal, Harjumaal, Viljandimaa põhjaosas ja lõunaosas, Valgamaal, Jõgevamaal, Tartumaal, Põlvamaal ja Pärnumaal, igaühes neist vähemalt üks otsekülvi ja üks mullaharimisega ala (tabel 1.1.).

Ettevõtete ja põldude valikul lähtuti sellest, et

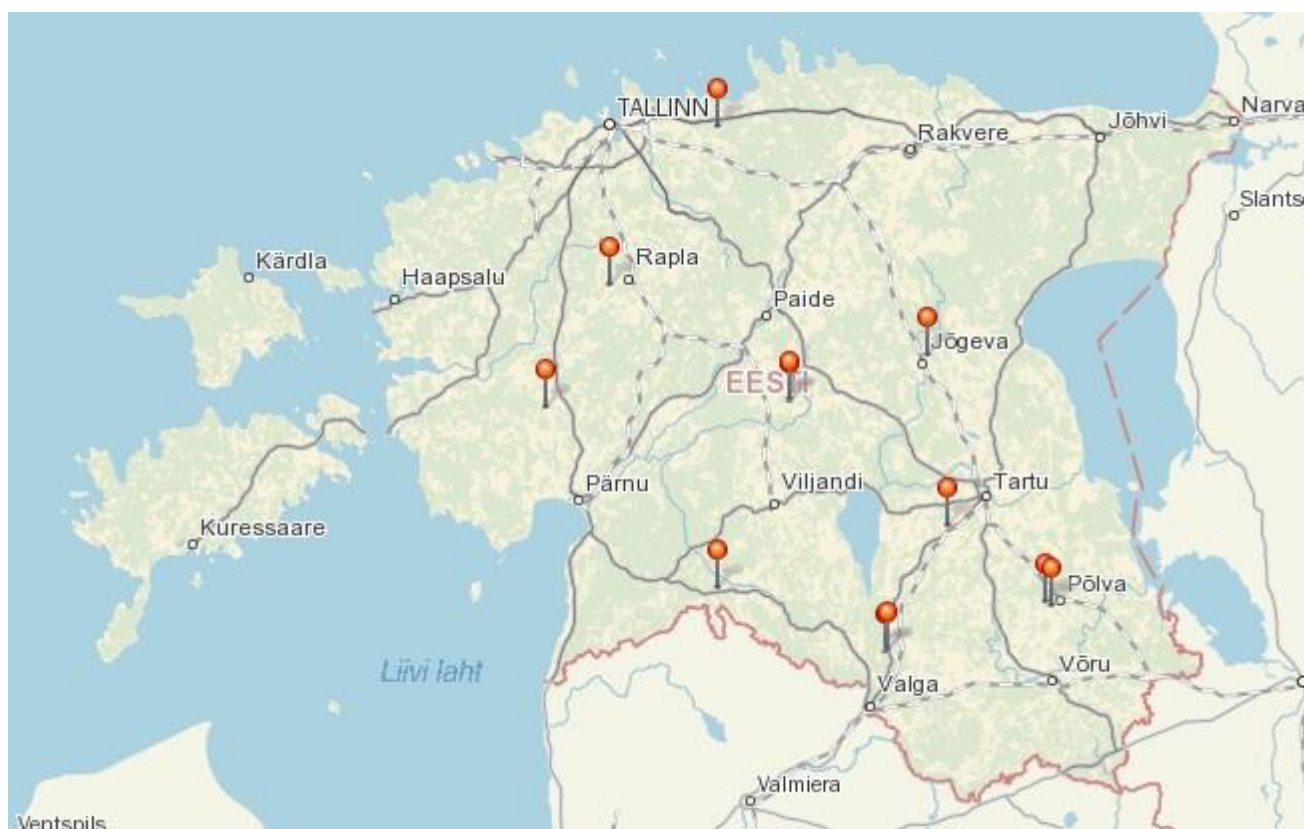
- 1) oleks võimalik leida põllud võrdluspaaridena – otsekülviga põld ja künnipõhise mullaharimisega põld, kus erinevused mullaomadustes ja ilmastikuoludes oleks võimalikult väikesed;
- 2) võrdluspaari külvikorrad oleksid ühesugused;
- 3) võrdluspaarid asuksid erinevates agrokliimaatilistes piirkondades ja oleks iseloomulikud selle piirkonna oludele;
- 4) eelistada ettevõtteid, millega on ka varasem positiivne teadus-koostöö kogemus;
- 5) eelistada põldusid, mille kohta oleks taustteavet, mis on kogutud varasemate uuringute käigus.

Tabel 1.1. Ülevaade ettevõtetest, kus asusid katsepõllud. Võrdluspaarid on tabelis samal real.

Piirkond	Tehnoloogia	Põllu kood katseandmetes	Tehnoloogia	Põllu kood katseandmetes
P-Viljandimaa	Otsekülv	O1	Künniala 2012	K1
			Künniala 2013-2014	K1_1

L-Viljandimaa	Otsekülv	O2	Künd	K2
	otsekülv künni järel	OK2	miniharimine otsekülvi järel	M2
			miniharimine künni järel	MK2
Valgamaa	Otsekülv	O3	Künd	K3
Harjumaa	Otsekülv	O4	Künd	K4
Põlvamaa	Otsekülv	O5	Künd	K5
Tartumaa	Otsekülv	O6	Künd	K6
Jõgevamaa	Otsekülv	O7	Künd	K7
Pärnumaa	Otsekülv	O8	Künd	K8
Raplamaa	Otsekülv	O9	Künd	K9
	veise vedelsõnnikuga ala	O9_S	veise vedelsõnnikuga ala	K9_S

Põldude asukohtade kohta koostati ka veebikaart, kus Eesti kaardil on kollaste nõopnõeltega märgitud katsekohad (Joonis. 1.1.). Nõopnõelal klikates avaneb täpsem info ja põllu pilt, millel klikates avatakse pilt suuremalt uues aknas. Veebikaardi aadress on <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=24065f96b3564614a2cd74c6eaa19a88>



Joonis. 1.1. Katsepõldude asukohad on Eesti kaardil märgitud kollaste nõopnõeltega (Raivo Vettik, ArcGis veebirakendus)

Raplamaa katsealaks oli pikaajaline külvikorra komplekskatse Kuusikul rähksel liivsavimullal (rajatud 1989.a.). Jõgevamaa katsealaks oli ETKI katsepõld, mis oli jaotatud otsekülvi ja künnipõhise viljelusega alaks. Mujal aga olid katsealadeks põllumajandusettevõtete põllud. Lõuna-Viljandimaal olid kõik katsealad sama ettevõtte omad ja osaliselt kas samal põllul või põlluteega eraldatud naaberpõllul. Pärnumaa katsealad olid samal põllul ja see põld oli üleminekul mahetootmisele. Põhja-Viljandimaa katsealad olid erinevate tootjate põldudel ja katsealade vahemaa oli 0,6 km. Valgamaa katsealade põllud kuulusid erinevatele tootjatele ja katsealad eraldas 10 m laiune kraav. Tartumaa katsealade põllud kuulusid erinevatele tootjatele ja katsealad eraldas kohaliku tähtsusega asfalttee. Harjumaa katsealad asusid samal põllul. Põlvamaa katsealade põllud kuulusid erinevatele tootjatele ja katsealade vahemaa oli 2,6 km. Tabelist 1.2 on näha, et osa põldusid olid uuringus ainult osadel projektiaastatel. Osadel põldude puhul leidsime alles teisel aastal, et oleks mõistlik kaasata projekti (nagu Jõgevamaa ja Põlvamaa). Osade Põldude puhul aga leidsime ühe aastase katse järel et see siiki ei sobi meile (nagu Harjumaa ja Pärnumaa).

Tabel 1.2. Katsepõldudel kasvatatud kultuurid aastatel 2012–2014

Piirkond	Viljelusviis	2012	2013	2014
P-Viljandimaa	Otsekülv	Suvioder	Suviraps	Suvinisu
	Künd	Suvioder	Suviraps	Suvinisu
L-Viljandimaa	Otsekülv	Suviraps	Taliniisu	Suvioder

	Künd	Suviraps	Talinisu	Suvioder
Valgamaa	Otsekülv	Talinisu	Kaer	Talinisu
	Künd	Talinisu	Kaer	Suviraps
Harjumaa	Otsekülv	Suvinisu	Uuringust väljas	Uuringust väljas
	Künd	Suvinisu	Uuringust väljas	Uuringust väljas
Põlvamaa	Otsekülv	Uuringust väljas	Talinisu	Suvioder
	Künd	Uuringust väljas	Talinisu	Suvioder
Jõgevamaa	Otsekülv	Uuringust väljas	Kaer	Talinisu
	Künd	Uuringust väljas	Kaer	Talinisu
Tartumaa	Otsekülv	Uuringust väljas	Suvinisu	Suvinisu
	Künd	Uuringust väljas	Kaer	Ristik
Raplamaa	Otsekülv	Talinisu	Talinisu	Talinisu
	Künd	Talinisu	Talinisu	Talinisu
Pärnumaa	Otsekülv	Uuringust väljas	Suvioder	Suviraps
	Künd	Uuringust väljas	Suvioder	Suviraps

2. Muld

2.1. Katsealade künnikihi iseloomustus

Katsealade mulla lõimised on tabelis 2.1 väljendatud liiva (mineraalosakesed suuremad kui 0,063 mm), tolmu (0,002-0,063 mm) ja savi (<0,002 mm) sisaldusena protsentides. Määramised tehti kihtides 0-10 sm (A) ja 10-20 cm (B). Tehnoloogilised variandid olid otsekülv (O) ja mullaharimine (K).

Tabel 2.1. Katsepõldude muldade lõimised ja nimetused

Katsepõllu asukoht	Variant	Kiht	liiv	savi	tolm	lõimis*	Mulla nimetus ja tähis
Põlvamaa	O	A	56	7	37	ls ₁	Kahkjas muld (LP)
Põlvamaa	O	B	57	7	36	ls ₁	Kahkjas muld (LP)
Põlvamaa	K	A	69	8	23	ls ₃	Kahkjas gleistunud muld (LPg)
Põlvamaa	K	B	67	8	25	ls ₃	Kahkjas gleistunud muld (LPg)
P–Viljandimaa	O	A	53	13	34	ls ₁	Leostunud muld (K ₀)
P–Viljandimaa	O	B	44	13	43	ls ₂	Leostunud muld (K ₀)
P–Viljandimaa mesikapõld	O	A	52	13	35	ls ₃	Gleistunud leostunud muld (K _{0g})
P–Viljandimaa mesikapõld	O	B	45	13	42	ls ₂	Gleistunud leostunud muld (K _{0g})
P–Viljandimaa	K	A	47	12	41	ls ₂	Leetjas muld (KI)
P–Viljandimaa	K	B	50	11	39	ls ₂	Leetjas muld (KI)
Valgamaa	O	A	69	8	23	ls ₁	Kahkjas muld (LP)
Valgamaa	O	B	66	7	27	ls ₁	Kahkjas muld (LP)
Valgamaa	K	A	84	4	12	sl	Kahkjas muld (LP)/Gleistunud nõrgalt leetunud muld (Lklg)
Valgamaa	K	B	75	5	20	sl	Kahkjas muld (LP)/Gleistunud nõrgalt leetunud muld (Lklg)
Jõgevamaa	O/K	A	35	11	54	tls ₁ , tls ₂	Leetjas muld (KI)
Jõgevamaa	O/K	B	37	11	52	tls ₁ , tls ₂	Leetjas muld (KI)
L–Viljandimaa	O	A	59	9	32	ls ₁	Kahkjas gleistunud muld (LPg)
L–Viljandimaa	O	B	59	8	33	ls ₁	Kahkjas gleistunud muld (LPg)
L–Viljandimaa	1. a O	A	64	7	29	ls ₁	Kahkjas gleistunud muld (LPg)
L–Viljandimaa	1. a O	B	60	7	33	ls ₁	Kahkjas gleistunud muld (LPg)
L–Viljandimaa	K	A	66	7	27	ls ₁	Kahkjas gleistunud muld (LPg)
L–Viljandimaa	K	B	77	4	19	sl	Kahkjas gleistunud muld (LPg)
Tartumaa	O	A	47	9	44	ls ₂	Kahkjas muld (LP)
Tartumaa	O	B	51	10	39	ls ₂	Kahkjas muld (LP)
Tartumaa	K	A	48	9	43	ls ₂	Kahkjas muld (LP)
Tartumaa	K	B	49	10	41	ls ₂	Kahkjas muld (LP)
Pärnumaa	O/K	A	67	10	23	ls ₁	Leostunud gleimuld (G ₀)
Pärnumaa	O/K	B	71	9	20	ls ₁	Leostunud gleimuld (G ₀)

Kuusiku katseala Raplamaal on rähksel liivsavimullal.

Katsepõldudelt võeti alfooni määramiseks mullaproovid ja need analüüsiti PMK-s. Mullaproovid võeti künnikihist 5-st sügavusest (0-10, 10-20, 20-30, cm) mulla keemiliste omaduste määramiseks. Mullaproovidest määrati pH, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, B, OrgC (Tabel L4.1.).

2.2. Mulla lasuvustihedus statsionaarkatses

Põhitäitja: Peeter Viil

Agrotehnilistest võtetest mõjutab lasuvustihedust kõige enam mullaharimine. Lasuvustihedus näitab mullaosakeste ja struktuuriagregaatide omavahelist paigutust mullas olles oluline parameeter, mis iseloomustab mulla kui kasvukeskkonna kobedust või tihedust. Mulla lasuvustihedust määrati Litvinovi silindrite abil (kuues korduses) neljast erinevast mullakihist (0-10; 10-20; 20-30 ja 30-40 cm).

Pikaajalises külvikorra komplekskatses, kus talinisu kasvatati teise kasutusaasta põldheina järel, oli muld mõlema mullaharimisvariandi 0-10 cm kihis suhteliselt sarnaselt tihe (Tabel L1.1). 10-20 ja 20-30 cm kihtides oli aga otsekülvi variandi muld märksa tihedam kui künni variandis (keskmiselt 0,11 Mg m⁻³). Sarnast mulla seisundit võis täheldada ka nendel tootmispõldudel, kus otsekülvil oli põllukultuure kasvatatud üle viie aasta. Lühemaajalisel otsekülvi kasutamisel ei täheldatud mulla lasuvustiheduse olulist erinevust võrreldes künniga.

2.3. Toiteainete paiknemine mullas statsionaarkatses

Põhitäitja: Peeter Viil

Ühe näitajana uuriti katsetes toitainete paiknemist mullas. Analüüsideks võeti mullaproovid neljast sügavusest (0-10, 11-20, 21-30 ja 31-40 cm) kuues korduses. Mullad analüüsiti PMK laboratooriumis: pH-ISO 10390; P, K, Ca, Mg, Cu, Mn-Mehlich III; B-Bergeri ja Truogi meetod; Corg.-NIRS meetod.

Tulemustest selgus, et kündmisel paiknesid toitained suhteliselt ühtlaselt kogu haritud mullakihis, otsekülvil aga peamiselt pindmises 0-10 cm mullakihis (Lisa 2, joonised L2.1-L2.8). Integreeritud väetamisel (mineraalväetiste ja vedelsõnniku kooskasutamisel) oli toitaineid mullas oluliselt rohkem kui ainult mineraalväetistega väetamisel.

2.4. Mulla veeläbilaskvus statsionaarkatses

Põhitäitja: Peeter Viil

Mulla veeläbilaskvus on mulla võime imada ja lasta endast läbi vett. Vesi tungib kuiva mulda kõigepealt molekulaar- ja kapillaarjõudude mõjul s.o. imendub. Edasi liigub vesi gravitatsioonijõudude mõjul s.o. filtreerub. Katsetes määrati veeläbilaskvus neljas korduses raamide abil, kus raamis oli 10 cm (100 mm) veekiht.

Mulla veeläbilaskvus oli otsekülvi foonil oluliselt kiirem kui künni foonil. Otsekülvil imendus vesi mulda 320 sekundiga. Künni foonil aga 730 sekundiga. Otsekülvi variandi kiirema veeläbilaskvuse oluliseks põhjuseks võib pidada mullas hästi väljakujunenud ja stabiilset kapillaarsüsteemi ning rohkete vihmaussikäikude olemasolu.

2.5. Mulla gravimeetriline niiskus ja lasuvustihedus

Põhitäitja: Edvin Nugis

Mulla gravimeetriliste niiskuste (% g g⁻¹) ja lasuvustiheduste (Mg m⁻³) määramine toimus nii peale kevadkülvi kui ka peale koristustöid. Gravimeetrilise niiskuse leidmiseks jagatakse mullaproovi vee mass grammides kuiva mulla massiga grammides ja korrutatakse 100-ga, mis annab mulla absoluutse niiskuse protsentides. Kasutati Eijkelkampi mahusilindreid (ingl k. *ring kit*) ja vastavat seadet (Lisa 5, Joonis L5.1), mille abil toimus mahusilindrite (100 cm³) sisseviimine mulla erinevatesse kihtidesse. Mullaproovide kaalumise toimus enne ja pärast kuivatamist termostaadis.

Katsetulemused näitasid, et:

- 2012. a oli L-Viljandimaa ja Valgamaa katsepaaride 0-10 cm mullakihis lasuvustihedus künnil usutavalt väiksem, kuid samas oli mullaharimisega variandi 20-30 cm mullakihis lasuvustihedus suurem kui otsekülvi variantides;
- 2013. ja 2014. a ei olnud L-Viljandimaa katsepaari 0-10 ja 10-20 cm kihtides lasuvustiheduste erinevused usutavad;
- 20-30 cm kihis oli ka 2013. aastal L-Viljandimaa künnialal mulla lasuvustihedus usutavalt suurem, mida võib seletada adra poolt tekitatud künnitihesega;
- Pärnumaa katsepaaris ei olnud erinevused 2013.-2014. a usutavad;
- kõikide katseaastate perioodil, katsekohtades ja uuritud mullakihtides ei olnud mulla topsiniiskuste (% g g⁻¹) erinevused samuti usutavad.

2.6. Mulla struktuursus ja veekindlad agregaadid

Põhitäitja: Edvin Nugis

Mulla struktuursuse all mõistetakse mulla omadust pudeneda erineva suuruse ja kujuga agregaatideks ehk sõmerateks (Mullateadus 2012). Mullaagregaatide suurus mõjutab mullas süsiniku säilitamise võimet ning gaaside ja vee liikumist mullas mõjutades omakorda bioloogilisi protsesse mullas (Marland et al., 2004, Beare et al., 2009). Mulla orgaanika lagunemine varieerub sõltuvalt mullaagregaatide suurusest (Zhang et al., 2012). Lisaks, mullaagregaatide suurus mõjutab erinevalt süsiniku akumulatsiooni - enim leitakse süsinikku tavaliselt 1-4 mm suurustest agregaatidest (Fernández et al., 2010; Helgason et al., 2010).

Struktuurses mullas on mulla veehoiuvõime parem kui struktuuritus, üksikteralisel mullas (Mullateadus, 2012). See on eriti oluline põuatingimustes. Suuremate mullaagregaatide puhul on muld ka hästi õhustatud. See on oluline ka mullas elavate mikroorganismide seisukohalt, kuna kui mullas on hapnikku vähe, hakkavad domineerima anaeroobsed mikroorganismid, kelle hulka kuuluvad ka denitrifitseerivad bakterid. Denitrifikatsiooni tulemusel kaasneb aga lämmastiku kadu mullast, kuna nad redutseerivad nitraadid (NO_3) N_2O -ks või N_2 , mis omakorda lendub.

Agronoomiliselt eelistatavateks mullaosakesteks loetakse selliseid, mille läbimõõt on vahemikus 2-4,75mm. Ülejäänuid loetakse agronoomiliselt mitte-eelistatuiks. Nende suhe on mulla struktuursustegur K_{str} . Mida suurem on mulla struktuursustegur K_{str} , seda soodsamad on tingimused heaks põllukultuuride kasvuks.

Mulla struktuursuse K_{str} hindamiseks kasutati mulla niiske sõelumise meetodit, milleks kasutati kahte sõela *U.S.A. Standard Testing Sieve* komplektist (Lisa 5, Joonis L5.2) avadega 4,75 mm ja 2 mm koos aluspanniga, kuhu mulla niiskel sõelumisel kogunes mullaosakesi läbimõõduga <2mm. Kui sõelale avadega 4,75 mm jääb pidama ja aluspannile langeb kokku 50 % kogu sõelutud niiske mulla massist, saame mulla struktuursusteguri suuruseks $K_{\text{str}} = 1$.

Mulla veekindlate agregaatide (V_{ag}) hindamiseks kasutati mulla õhkkuiva sõelumise meetodit juba nimetatud sõelte komplektiga ja sõeluti välja mulla osakesed vahemikus 0.25 kuni 1 mm. V_{ag} arvulise väärtuse saamiseks kaaluti vastava suurusega välja sõelutud mullaosakeste mass ja arvutati selle protsent mulla üldmassist. Mida kõrgem on veekindlate mullaagregaatide protsent, seda vastupidavam on mulla stuktuur sademetele.

Vaadeldes mulla struktuursuse seisukohast katsepaaride (Tabel 2.2.) tulemusi näeme, et üldiselt on katsekohtade muldade tulemused väga erinevad.

Tabel 2.2. Mulla struktuursuse teguri K_{str} keskmised näitajad niiske seisundiga mulla sõelumisel ($n = 3$)

Põllu asukoht	Otsekülv	Mullaharimine
P-Viljandimaa	0.72±0.41	0.71±0.13
Põlvamaa	0.86±0.29	0.66±0.35
L-Viljandimaa	0.33±0.35	0.47±0.16
L-Viljandimaa, 1. aasta otsekülv	0.24±0.03	
Tartumaa	0.42±0.13	0.60±0.16
Jõgevamaa	0.81±0.38	0.79±0.16
Valgamaa	0.16±0.03	0.23±0.10
Pärnumaa	0.31±0.10	0.38±0.03

Märkus: arv ± on PD_{05}

Katsetulemused näitasid, et:

- lähtuvalt K_{str} väärtustest on L-Viljandimaa, Valgamaa ja Tartumaa katsepaarides agronoomiliselt eelistatavate mullaosakeste suurem osakaal mullaharimisega variandis;
- P-Viljandimaa, Põlvamaa ja Jõgevamaa katsepaarides ei erine niiskelt sõelutud mullad omavahel oluliselt, kuid võrreldes teiste katsekohtade muldadega on nad oluliselt suuremate K_{str} näitajatega;
- P-Viljandimaa, L-Viljandimaa, Valgamaa ja Pärnumaa katsepaarides on veekindlate mullaagregaatide osakaalu erinevused statistiliselt usutavad ja sealjuures künni kasuks.

2.7. Mulla kõvadus tootmispõldudel

Põhitäitja: Edvin Nugis

Mulla kõvaduse (MPa) mõõtmiseks kasutati Eijkelkampi penetrologerit. Mõõtmised viis 2012 sügisel läbi Taavi Vösa, hiljem - Aadu Pannal. Mõõtmiste situatsioon põllul Z-skeemi punktis on kujutatud Lisa 5, Joonisel L5.7. Igas

punktis tehti kolm torget. Samades punktides viis ka perkomeetriga (Lisa 5, Joonisel L5.7) mõõtmised läbi selle mõõteriista autor Tiit Plakk.

Penetromeetriga mõõdeti 70 cm sügavuseni, kuid kuna sügavamates kihtides tulid sagedamini ette kivid, mis ei võimaldanud saada statistiliselt usutavaid tulemusi, piirdusime analüüsil ülemise 40 cm kihiga. Teiseks tuli jälgida mulla niiskuse tingimusi, sest nii liialt niisketel kui ka kuivadel muldadel ei ole penetromeetriga saadud tulemused usaldusväärsed. Sellele nõudele on ka osutatud vastavates teadusartiklites (Gubrinovski et al, 2001; Reintam et al, 2009; Botta et al, 2010; Kuht et al, 2012; Lüüs et al, 2013; Nugis et al, 2014). Nagu samal ajal toimunud perkomeetri mõõtmiste tulemuste tabelites (tabelid L6.1., L6.2. ja L6.3.) toodud andmetest võib veenduda, vastas mulla niiskuse seisund kõigil kolmel aastal ettenähtud nõuetele.

Toodud penetrogrammide põhjal on võimalik saada võrdlemisi hea ülevaade, millised muutused on toimunud uuringute aastatel katsekohtades. Ka siin kehtib vana tõde, et „aastad pole vennad“. See hakkab eriti eredalt silma katsekohtades, kus on tegemist künniga (L-Viljandimaa ja Valgamaa künnialadel). Pärnumaal on aga oluline erinevus aastate vahel täheldatav otsekülvi ala 0-10 cm kihis. Samuti annab penetromeetri kasutamine hea ülevaate tihenunud kihtide olemasolu kohta. Nagu penetrogrammidest (Lisa 7 Joonis L7.1, a ja b) võib veenduda, on aluspõhjad L-Viljandimaa ja Valgamaa künnialadel võrreldes vastavate katsepaaride otsekülviga märksa tihedamad. Künni ja otsekülvi vahel on mulla aluspõhjad seal oluliselt erinevad. Kõikidel penetrogrammidel, välja arvatud Pärnumaal, on selgesti eristatav nn. paun (ingl k. *pouch*) ehk mulla tihkuse järk-järguline suurenemine sügavuti ülemistest kihtides kuni teatud piirini, nii nagu osutati sellele ka varasemates allikates (Lüüs et al, 2013; Nugis et al, 2014). Seejärel toimub teatud kihtide sügavuseni mulla tihkuse näitajate langus, mis on tingitud mulla osakeste nihkedeformatsioonist masina rataste normaalsurve tagajärjel. Neid nn. paunu võib suuremal või väiksemal määral täheldada alati. Ülemine paun tekib peale masinatega kevadtööd põllul, alumine paun on aga mulla tihenemise kumulatiivse protsessi tulem, mis tekib mitmeaastase mullatallamise tagajärjel. Penetrogrammide abil on võimalik ka teatud määral kaudselt teada saada, millise mullalõimisega on tegemist. Eredaks näiteks on nendes katsetes Pärnumaa põllu muld, mis käitub penetromeetri koonilise otsiku mulda süvenemisel hoopis erinevalt (Lisa 7 Joonis L7.1., c) ja viitab sellele, et selles mullas on võrreldes L-Viljandimaa ja Valgamaa katsealade muldadega rohkem saviosakesi.

2.8. Vihmausside arvukus ja mass statsionaarkatses ja tootmispõldudel

Põhitäitja: Peeter Viil

Arvukad uurimused kogu maailmas on veenvalt tõestanud, et vihmaussid avaldavad positiivset mõju mulla omadustele ja selle kaudu mulla viljakusele ning kultuuride saagile. Vihmaussid määrati 100x20x20 cm suurustel arvestuslappidel. Nende arvukust eraldi liigiliselt ei määratud.

Uurimistest selgus, et Kuusiku katseala vihmausside arvukus 0-20 cm mullakihis sõltus oluliselt mullaharimise intensiivsusest, väetamisest ja kasvatatavast kultuurist (tabel L3.1). Pikaajalises külvikorra katses mõjutas vihmausside arvukust Kõige enam vedelsõnnik. Kui ainult mineraalväetiste foonil oli vihmausse 24,3 tk. m⁻², siis vedelsõnnukuga väetamisel oli neid juba 138,3 tk. m⁻². Mullaharimise mõju jäi mõnevõrra väiksemaks. Otsekülvil oli vihmausse 104,5 tk. m⁻², kündmisel aga vaid 58 tk. m⁻². Viljavahelduse mõju oli kõige väiksem. Põldheinaväljal oli vihmausse 91,5 tk. m⁻² ja talinisuväljal 71 tk. m⁻². Sarnaselt arvukusele mõjutasid agrotehnilised võtted ka vihmausside massi.

Tootmispõldudel oli mullaharimise mõju vihmaussidele oluliselt väiksem (tabel L3.2). Kuid ka siin oli nende arvukus ja mass otsekülvil suurem kui tavatehnoloogia (künni) variandis, vastavalt 12,7% ja 60,4%.

2.9. Mulla elektrilised omadused

Põhitäitja: Tiit Plakk

Perkomeetriga mõõtmise alused. Perkomeeter (dielektrilise läbitavuse ja elektrijuhtivuse mõõtja) mõõdab *in situ* mulla dielektrilise läbitavuse ϵ_r sagedusel 40-50 MHz ning mulla elektrilise juhtivuse E_{ca} $\mu S cm^{-1}$ sagedusel 1 KHz. Mõõteandurit on võimalik jõuga mulda suruda ja viia läbi kiireid mõõtmisi eri sügavustel. Standardina kasutasime käesolevas projektis mõõtesügavusi 5 cm (mullakiht 0-10 cm), 15 cm (mullakiht 10-20 cm) ja 25 cm (mullakiht 20-30 cm).

Otsekülvi projekti käigus 2012–2014 mõõdeti perkomeetriga mulla omadusi katselappidel rohkem kui 3000 üksikmõõtmisel. Kuigi aastatel 2009–2011 läbiviidud mõõtmised Kuusiku katsetel ei kuulu otseselt käesoleva projekti raamesse, on üldistuseks kasutatud ka neil katsetel läbi viidud tuhandete üksikmõõtmise tulemusi.

Perkomeetriga mõõdetud dielektrilise läbitavuse ϵ_r alusel arvutati mulla mahuline niiskus W_v % ning mõõdetud mulla juhtivuse E_{ca} ja ϵ_r kaudu arvutati mulla soolsus E_c (küllastunud mullalahuse ekstrakti elektrijuhtivus $\mu S cm^{-1}$ taandatud 20 °C), mis iseloomustab toitainete sisaldust mullalahuses. Perkomeetri mõõtetulemused iseloomustavad

taimekasvutingimusi – mulla niiskust, vee kättesaadavust ja toitainete sisaldust ning nende näitajate jaotust mulla eri kohtides.

Kuigi ajalooliselt ja tingituna intensiivpõllumajanduse probleemidest nimetatakse väärtust *ECe* mulla soolsuseks (*salinity*, vees lahustuvate soolade sisaldus mullas mg kg^{-1} , mida on lihtsam mõõta mullavee elektrijuhtivuse kaudu), võib Eesti ja ka põhjamaade tingimustes *ECe* pidada mulla toitainete sisalduse mõõduks. Meie poolt tehtud katsete alusel võib esitada Eesti muldade toitainete sisalduse kohta järgmise klassifikatsiooni *ECe* järgi ($\mu\text{S cm}^{-1}$):

- *ECe* 150...300 looduslik, kurnatud, toitainetevaene muld
- *ECe* 300...500 nõrk kuni keskmine toitainete sisaldus
- *ECe* 500...800 toitainete rikas muld
- *ECe* 800...1200 hästiväetatud muld koheselt peale väetiste mullas lahustumist, maksimaalsed mõõtetulemused eesti muldade korral kuuluvad siia piirkonda.

Praktilised mõõtmised näitavad, et väetistega mulda viidud toitained jagunevad ebaühtlaselt, isegi 5-10 cm ulatuses võib *ECe* erineda 2-3 korda ning seetõttu on oluline teha põllust ülevaate saamiseks piisav arv mõõtmisi ning kasutada statistilist analüüsi. Otsekülvi projekti raames mõõdeti igal lapil keskmiselt 2-4 korda kasvuperioodi vältel (ning mõnel juhul ka toitainete kao määramiseks hilissügisel) 10 mõõtepunkti kahe rea 20 m vahedega igas punktis kolmel sügavusel, kokku igal mõõtekorral igal lapil 30 mõõtmist. Selline mõõtmiste arv tagab piisavalt hea lapi keskmise väärtuse kajastamise. Juhul, kui määrati samaaegselt mõõtesilindriga mulla tihedust jt. mehaanilisi omadusi (E. Nugis) kasutati mõõtepunktide Z-asetust (5 punkti alati samal kohas põllul Z kujuliselt, iga punkti vahe 5 m); iga mõõtepunkti juures tehti kaks perkomeetri mõõtmist kolmel sügavusel.

Kõik 2013 ja 2014 a. tehtud mõõtmised on arvatud kujul toodud lisatud failides. Valikuliselt on aruandes toodud projekti käigus kindlaks tehtud olulisemad trendid ning sõltuvused, samuti veel uurimist vajavad küsimused.

Perkomeetriga läbi viidud mõõtmiste kokkuvõtte otsekülvi projektis

- Perkomeetriga mõõdetud mullaniiskus vastab tegelikkusele. Püsimumõõtmisteks sobiva mõõtejaamaga oleks võimalik niiskuse ja soolsuse dünaamikat määrata pidevalt.
- Mulla soolsus *ECe* iseloomustab taimetoitainete sisaldust
- Kevadeti on muldade *ECe* madalam kui samal mullal sügisel ja seda eriti sügisväetamise korral. Kui suur osa *ECe* vähenemisest on seotud toitainete leostumisega ja kui suur osa kasutatakse ära mulla bioloogilise aktiivsuse käigus, vajab täiendavat uurimist
- Kevadine *ECe* samadel tingimustel on suurem otsekülvi kui künnipõhise harimise korral, mis tähendab otsekülvi korral väiksemat toitainete kadu
- Kõikides katsetes on mõõdetud *ECe* oluline suurenemine väetamise järel väärtusteni $700\text{--}1500 \mu\text{S cm}^{-1}$, mille järel toimub kiire *ECe* vähenemine 15-20 päeva vältel tasemeni 300 – 400, kuhu jääb *ECe* väärtus kasvuperioodi lõpuni. Selle aja jooksul toimub ka mõningane soolsuse suurenemine sügavamates mullakihtides. Soolsuse liikumine mulla sügavamatesse kihtidesse on mõõdetavalt kiirem künnipõhise harimise korral.
- Väheste sademete puhul on otsekülvi korral mulla mahuline niiskus keskmiselt 5-7 protsendipunkti suurem künnipõhisest harimisest, mis on mullavee puuduse korral oluline vahe
- Mulla elektriliste omaduste mõõtmise kaudu on võimalik saada andmeid toitainete kasutamise ning leostumise kohta, mida on võimalik kasutada seadusloomes

2.10. Mulla mikrobioloogiline aktiivsus

Põhitäitja: Liina Edesi

Mullas elavad mikroorganismid on üheks mullaviljakuse oluliseks osaks, kuna neil on tähtis roll orgaanilise aine lagundamisel ja huumuse tekkel (Degens *et al.*, 2000). Osa mullas elavaid mikroorganisme on olulised taimede kasvuks, sest aitavad neil omastada toitaineid ning pärsivad juurpatogeenide arengut. Samas aga on mullas elavad mikroorganismid ka väga tundlikud keskkonnas toimuvate muutuste suhtes. Ilmastik, mulla niiskus, pH, mullaharimine, taimekaitse, väetamine ja muud tegurid omavad olulist mõju nii nende arvukusele kui ka liigilisele koosseisule (Costa *et al.*, 2007).

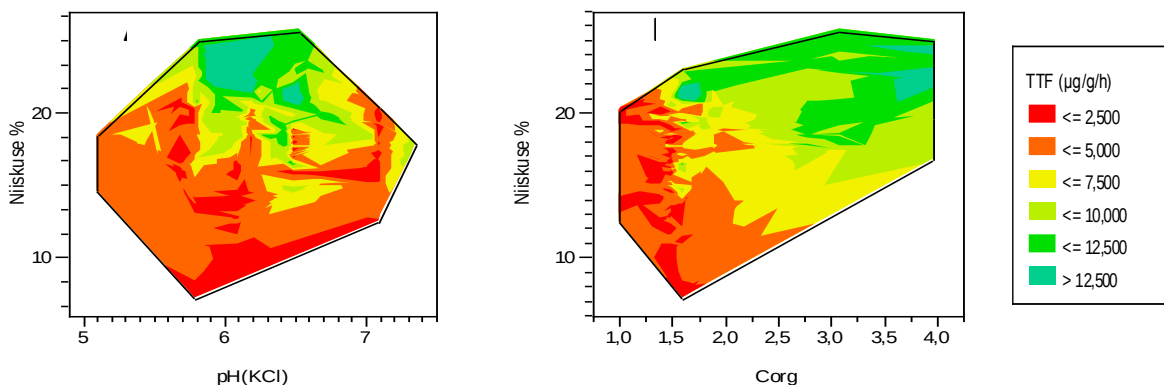
Muutused mulla mikrobioloogilises aktiivsuses on varajaseks märgiks kas mullaviljakuse paranemisest või siis hoiatus selle halvenemisest (Costa *et al.*, 2007). Seetõttu uurisime ka viljelustehnoloogia mõju mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele (MBA). MBA määramiseks kasutati ensümaatilise aktiivsuse määramise meetodit. Määratud ensüümiks oli dehüdrogenaas, mis on mulla üldise mikrobioloogilise aktiivsuse hindamisel laialt levinud indikaator. Mullaproovid MBA määramiseks võeti kõigil katse aastatel kolmes korduses 0–10 ja 10–20 cm sügavusest mullakihist kevadel, enne väetamist, 2013. a Pärnu ja Põlva maakonna ettevõtete põldudel ka sügisel. Mullaproovid

sõeluti läbi 2 mm sõela ja säilitati kuni määramiseni 4 °C temperatuuri juures. Dehüdrogenaasi aktiivsus (DHA) määrati Tabatabai (1982) järgi. Mullaproove (5 g), millele oli lisatud TTC (triphenyltetrazoliumchloride), mille mikroobid redutseerivad TTF-ks (triphenyltetrazoliumformazan), inkubeeriti 24 h 30 °C juures. Lisades atsetooni, muutub lahuse värvus vastalt TTF kontsentratsioonile punakaks. Värvuse intensiivsust mõõdeti spektrofotomeetriga (546 nm). Muldade katseperioodi algfaasi C_{org} ja pH_{KCl} määrati PMK agrokeemia laboratooriumis. Enne MBA määramist määrati ETKI laboratooriumis kõigist mullaproovidest mullaniiskuse.

Kolme katseaasta tulemused näitasid, et otsekülvi ülemises 0–10 cm mullakihis oli MBA oluliselt suurem kui künni puhul (tabel 2.3). Otsekülvi alumises 10–20 cm mullakihis aga MBA oluliselt langes, samas künni puhul jäi MBA mõlemas kihis praktiliselt samaks (tabel 2.3). Tulemuste üldisel vaatlusel selgus veel, et olenemata viljelustehnoloogiast, oli erinevatel katsealadel MBA erinev, ulatudes mõnes piirkonnas (Pärnu) üle 10 (DHA, TTF $\mu\text{g/g/h}$) jäädes osades (Lõuna-Viljandi, Põlva, Valga) aga alla 3 (DHA, TTF $\mu\text{g/g/h}$, tabel 2.3). Kuna eri piirkondade muldade orgaanilise süsiniku sisaldus (C_{org}), mulla reaktsioon (pH_{KCl}) ning ka proovide võtmise aegne niiskuse sisaldus oli väga erinev, saab antud tulemuste põhjal järeldada, et põllu veerežiim (siin on oluline osa ka mulla lõimisel), mulla pH_{KCl} kui ka orgaanilise süsiniku sisaldus mullas on MBA seisukohalt määrava tähtsusega. Siinkohas tuleks aga silmas pidada, et nendest eelmainitud punktidest on mulla lõimis ainuke, mille muutmine on praktiliselt võimatu (Astover *et al.*, 2012), küll aga on võimalik parandada mulla veerežiimi, vähendada happesust ning suurendada orgaanilise aine sisaldust.

Tulemustest selgus, et MBA seisukohalt üks olulisemaid näitajaid oli mulla C_{org} sisaldus. Nimelt, kui analüüsitud muldade C_{org} sisaldus oli alla 1,5 jäi ka muldade MBA madalaks (TTF alla 5 $\mu\text{g/g/h}$, joonis 2.1-B). Samas, nagu ka jooniselt 2.1-B on näha, olid suurema mulla C_{org} sisalduse puhul (üle 2) mullas elavad mikroobid suutelised edukalt toime tulema ka all 17 % mullaniiskuse juures.

Tulemused näitasid ka, et mullas elavate mikroobide arenguks kõige optimaalsem pH_{KCl} jäi vahemikku 5,8–6,9 (joonis 2.1-A). Seega happelise reaktsiooniga muldade puhul (pH alla 5,5), loomaks mullas elavatele mikroorganismidele soodsamaid keskkonnatingimusi, tuleks kindlasti kaaluda lupjamist (Järvan, 2012). Lisaks mikroobidele soodsamate keskkonnatingimuste loomisele, parandab see ka taimedel toitainete omastamist mullast. Siinkohal tasub veel ära mainida, et mulla happesust võib suurendada ka mineraalväetiste kasutamine, mis omakorda mõjutab negatiivselt mullas elavaid mikroorganisme (Bardgett, 2005).



Joonis 2.1. Kõigi katsealade muldade niiskuse, C_{org} sisalduse ning pH_{KCl} koosmõju mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele (DHA, TTF ($\mu\text{g/g/h}$)), 2012–2014.a.

A – mulla niiskuse % ja pH_{KCl} mõju DHAle,

B – mulla niiskuse % ja C_{org} mõju DHAle

Mulla MBA sõltus ka olulisel määral mulla lõimisest, kuna kergemate lõimistega muldade puhul jäi muldade niiskusesisaldus üldjuhul madalamaks, mis aga omakorda mõjutas mullas elavaid mikroorganisme. Tulemuste põhjal oli MBA suurim keskmise lõimisega muldadel (tl_{s2} , ls_2 – 7,5 ja 6,8 TTF $\mu\text{g/g/h}$, tabel 2.3.), jäädes madalaimaks kerge lõimisega saviliivmuldadel (sl – 2,3 TTF $\mu\text{g/g/h}$). Kergema lõimisega liivmuldadel (Lõuna-Viljandi (O2, OK2, K2); Valga (O3, K3), tabel 2.4.) osutus aga otsekülvi tehnoloogia heaks abimeheks, kuna ei soodustanud sealsete muldade niigi väikse veevaru kadu aurustumise teel, mis künnipõhise harimise juures on paratamatu. Otsekülvi tehnoloogia kasutamisel jääb ka mulla pinnale aurustumist takistav multšikiht, mis samuti loob paremad tingimused mullas

elavatele mikroorganismidele. Selliste muldade kündmisel, eriti väheste sademete korral nagu 2014. aasta kevadel, kaasnes mulla niiskuse oluline kadu, mis omakorda mõjutas negatiivselt mullas elavaid mikroorganisme.

Tabel 2.3. Viljelusviisi mõju DHA (TTF (µg/g/h)) 2012-2014. aastal.

Viljelusviis	Künd	Otsekülv			
0-20 cm	5,4 ^a	5,6 ^a			
Prob > F		ns.			
Sügavus			Maakond	Künd	Otsekülv
			PÄRNU	11,0 ^a	10,0 ^{ab}
0-10 cm	5,7 ^b	6,7 ^a	HARJU	9,3 ^b	-
10-20 cm	5,0 ^{bc}	4,4 ^c	JÕGEVA	-	7,9 ^{bc}
Prob > F		<.0001	PÕHJA-VILJANDI	7,2 ^c	7,5 ^c
Mulla lõimis			TARTU	6,0 ^d	7,9 ^{bc}
tl _{s1} /tl _{s2}		7,5 ^a	PÕLVA	2,8 ^{ef}	3,5 ^e
ls ₁		6,0 ^b	LÕUNA-VILJANDI	2,5 ^{fg}	2,8 ^{ef}
ls ₂		6,8 ^{ab}	VALGA	2,0 ^g	3,0 ^{ef}
ls ₃		4,7 ^c			
sl		2,3 ^d			
Prob > F		<.0001	Prob > F	<.0001	

ns – erinevus ei ole usutav (*not significant*). Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust (p<0,05) variantide vahel (Tukey-Kramer HSD test).

MBAst mõjutas ka orgaaniliste väetiste kasutamine. Näiteks, kuigi Tartumaa võrdluspaari (O6 ja K6, tabel 2.4) põldude mullad olid küllaltki ühesuguse niiskusesisaldusega (19,1–19,3 %) ning ka C_{org} sisaldus (O6 - 1,6, K6 - 1,9 %) oli küllaltki sarnane, oli otsekülvi 0–10 cm mullakihi MBA võrreldes künni variandiga oluliselt kõrgem (tabel 2.4). Alumises 10–20 cm kihis see otsekülvi puhul langes ning jäi künni mõlema kihi MBAga samale tasemele. Antud juhul võib siin üheks peamiseks põhjuseks pidada seda, et 2012. aasta sügisel anti otsekülvi põllule (O6) vedelsõnnikut, normiga 60 t ha⁻¹. Loomsete orgaaniliste väetiste stimuleerivat mõju mullas elavatele mikroorganismidele on täheldanud ka Esperschütz *et al.* (2007).

Ka Põlvamaa võrdluspaaride (K5 ja O5) puhul oli otsekülvi (O5) MBA 0–10 cm mullakihi võrreldes künni variandiga (K5) oluliselt kõrgem (tabel 2.4.), samas alumises 10–20 cm kihis see otsekülvi puhul langes ning jäi samuti künni mõlema kihi MBAga samale tasemele. Antud juhul võis madalama künni 0 -10 cm madalama MBA puhul määravaks saada nii künni variandi mulla raske liivsavi lõimis (ls₃), kuna otsekülvi variandis oli kerge liivsavi lõimisega (ls₁) otsekülvi variandis (O5), kui ka väga madal Corg sisaldus (1,1; tabel 2.4.). Lisaks sellele võis olulist rolli mängida ka otsekülvi põllu oskuslikumalt planeeritud külvikord, mis hõlmas endas ka vahekultuuri kasvatamist.

Ülejäänud võrdluspaaride muldade MBAste vahel kolme aasta keskmisena usutavaid erinevusi ei leitud (tabel 2.4.).

Tabel 2.4. MBA võrdluspaaride põldude mullas (DHA, TTF (µg/g/h)) 2012-2014. aastal.

Künd							Otsekülv						
Ettevõtte kood	DHA, TTF(µg/g/h)		C _{org}	pH _{KCl}	Mulla niiskus, %	Mulla lõimis	Ettevõtte kood	DHA, TTF(µg/g/h)		C _{org}	pH _{KCl}	Mulla niiskus, %	Mulla lõimis
	0-10 cm	10-20 cm	0-20 cm	0-20cm	0-20cm	0-20cm		0-10 cm	10-20 cm	0-20 cm	0-20cm	0-20cm	0-20cm
K1	6,0 ^{cd}	4,7 ^{de}	1,9 ^d	6,5 ^{bc}	18,5 ^{cde}	ls ₂	O1	6,7 ^c	4,0 ^e	1,5 ^{ef}	6,6 ^b	15,9 ^f	ls ₁ /ls ₂
K1_1	9,8 ^b	8,5 ^b	2,8 ^c	6,4 ^{cd}	17,9 ^{de}	ls ₂	O1V	11,0 ^{ab}	8,3 ^b	-	6,6 ^b	20,5 ^{ab}	ls ₃ /ls ₂
K2	2,8 ^{fg}	2,2 ^{gh}	1,4 ^{fg}	7,1 ^a	17,4 ^e	ls ₁ /sl	OK2	3,3 ^{efg}	2,4 ^{fgh}	1,4 ^{fg}	6,3 ^d	18,1 ^{de}	sl
							O2	3,7 ^e	1,7 ^{gh}	1,5 ^{ef}	6,3 ^d	18,7 ^{cd}	ls ₁
K3	2,2 ^{gh}	1,8 ^{gh}	1,5 ^{ef}	5,9 ^f	12,0 ^g	sl	O3	3,7 ^e	2,3 ^{fgh}	1,4 ^{fg}	5,4 ⁱ	16,1 ^f	ls ₁
K4	10,1 ^{ab}	8,5 ^b	3,5 ^a	7,1 ^a	18,4 ^{cde}	ls ₁	O4	-	-	-	-	-	-

K5	2,9 ^{fg}	2,6 ^{fg}	1,1 ^h	5,7 ^g	15,6 ^f	ls ₃	O5	4,6 ^{de}	2,4 ^{figh}	1,5 ^{ef}	5,9 ^f	15,4 ^f	ls ₁
K6	6,0 ^{cd}	6,0 ^{cd}	1,9 ^d	5,6 ^h	19,3 ^{bcd}	ls ₂	O6	10,2 ^{ab}	5,6 ^{cd}	1,6 ^e	6,1 ^e	19,1 ^{bcd}	ls ₂
K7	-	-	-	-	-	-	O7	9,0 ^b	6,0 ^{cd}	1,9 ^d	6,2 ^{ef}	20,4 ^{abc}	tls ₁ /tls ₂
K8	11,6 ^a	10,5 ^{ab}	3,0 ^b	6,4 ^{cd}	21,2 ^a	ls ₁	O8	11,0 ^{ab}	9,0 ^b	3,6 ^a	5,9 ^f	21,4 ^a	ls ₁
Prob > F	<.0001		<.0001	<.0001	<.0001								

Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust ($p < 0,05$) variantide vahel (Tukey-Kramer HSD test).

Järeldused:

- Orgaanilise süsiniku sisaldus (C_{org}) mullas oli üks olulisemaid mulla MBAst mõjutavaid faktoreid, ning juba üle 2 %-se mulla C_{org} sisalduse juures oli mulla MBA oluliselt kõrgem kui alla 2 % C_{org} sisalduse juures. MBA suurendamise seisukohalt olid väga olulised nii orgaaniliste väetiste kasutamine, kui ka külvikorras kasvatatavate kultuuride õige valik.
- Mulla MBA sõltus oluliselt ka mulla niiskuse sisaldusest, mis aga omakorda oli tihedalt seotud mulla lõimisega. Kergema lõimisega (sl, ls₁) muldadel, oli mulla niiskuse sisaldus madalam ning seoses sellega jäi ka mulla MBA nendes muldades madalaks. Sellepärast, tuleks just eriti kergema lõimisega muldade harimistehnoloogia valikul silmas pidada, et säilitataks mullas olevat veevaru, kuna mikrobioloogiline aktiivsus muldade niiskusesisalduse langedes (alla 17 %) oluliselt väheneb.
- MBA oli üldiselt kõrgem, kui mulla pH_{KCl} oli üle 5,8. Seetõttu, nii mullas elavate mikroorganismide, kui ka taimede toitumise seisukohalt oleks kindlasti otstarbekas happelisi muldi (pH alla 5,5) lubjata.

2.11. Põllumajandusuuringute Keskuse mullauuringud

Põhitäitjad: Priit Penu, Tiina Köster, Karli Sepp

Metoodika

Uurimisalal koguti mullaproovid ca 100 m trassilt kolmest uurimispunktist (uurimispunktide vahe ca 30 m) kolmelt sügavuselt (0-5, 5-15 ja 15-25 cm) pappkarpidesse ja saadeti analüüsimiseks PMK agrookeemia laborisse. Proovidest määrati järgmised agrookeemilised omadused: pH (K_{Cl} -lahuses), liikuv P, K, Ca, Mg, Cu, B, Mn (Mehlich3 meetodil), mulla orgaaniline süsinik (Dumas meetodil).

Mulla füüsikaliste omaduste selgitamiseks koguti igalt põllult proovid samuti kolmest uurimispunktist ja kolmelt sügavuselt (kahes korduses) mulla lasuvustiheduse, üldpoorsuse ja aeratsioonipoorsuse (õhuga täidetud pooride osatähtsus) ning lõimise määramiseks (määrati EMÜ mullateaduse ja agrookeemia laboris). Kahjuks oli Jõgevamaa ala välitööde ajaks küntud ja seetõttu lasuvustiheduse proove ei olnud võimalik 2013. a koguda.

Mulla bioloogilise seisundi hindamiseks kasutati indikaatoritena vihmausside ja hooghännaliste ehk *collembola* te koosluste hindamise parameetreid, mis määrati TTÜ Tartu kolledži laboris.

Vihmaussid koguti igal põllul kolmelt uurimisalalt rahvusvaheliselt tunnustatud metoodika järgi, mille kohaselt proovilapi pinda (50x50 cm) töödeldi (piki transekti, lappide vahe 3 meetrit) vermifuugiga, milleks kasutati sinepupulbri 15%-lahust. Leitud isendid loendati, pesti ja pärast 48 tunni jooksul hoidmist külmkapis (sel perioodi jooksul väljutavad vihamussid sooltorus oleva mulla) kaaluti ning määrati liigiti. Arvukus arvutati ühe transekti proovilappide keskmisena 1 m² maapinna kohta, samuti arvutati erinevate eluvormide (epigeiline, endogeiline, aneetsiline) ning dominantliigi (harilik mullauss *Aporrectodea caliginosa*) osatähtsus koosluses.

Hooghännaliste proovid võeti iga prooviaala keskelt 100 m transektina vahekaugusega 10 m. Mullaproovid võeti mullapuuriga (Ø 5 cm) kahelt sügavuselt: 0-5 cm ja 5-10 cm, mõlemalt sügavuselt kokku 10 proovi. Mullaproovid pandi valgustuse alla metallisõela peale ning hooghännalised koguti proovipudelisse, mis oli täidetud etanooliga. Mullaproove hoiti valgustuse all 48 h. Proovidest määrati hooghännaliste arvukus, hingamise aktiivsus ning liigiline mitmekesisus.

Mikroobikoosluse proovid koguti mullapuuriga 0-10 cm mullakihist. Proovidest määrati mikroobikoosluse biomass substraadi poolt indutseeritud hingamise (SIR) meetodil ja mikroobikoosluse üldine aktiivsus hingamisaktiivsuse alusel.

PMK mullauuringute tulemused 2012. aastal.

Corg on otsekülvipõldudel uuritud sügavustel selgelt diferentseerunud, kõrgeim Corg ülakihis ja madalaim alakihis. Corg on määratud Duma's meetodil *Elementar Analyser*-iga. O1 mulla Corg oli üldiselt madalam ($\emptyset$ 1,9% kogu uuritud sügavuses) kui K1 alal ($\emptyset$ Corg 2,3%) – seega ei ole need alad Corg osas omavahel hästi võrreldavad. Siin saab hinnata pigem Corg muutumist aastate jooksul kui tehakse kordusanalüüs (N. 5 a. pärast). O3/K3 mullad olid Corg poolest sarnasemad ja siin ilmnebki, et otsekülv on pindmiste kihtide Corg-i oluliselt tõstnud (Lisa 4 joon. L4.1.).

Muldade karbonaatsuse näitajate analüüsil selgus, et uuritud piirkonnades ning Põhja-Viljandimaal (O1/K1) ja Valgamaal (O3/K3) olid võrdlemisi erinevad nii pH kui ka Ca- ja Mg-sisaldustelt. O1/K1 mullad on võrdlemisi karbonaatsed, nende pH_{KCl} oli 6,4-6,7 ning nii Ca- kui ka Mg olid võrdlemisi kõrged. Seevastu O3/K3 muldade pH oli 5,2-5,6 ning võrdlemisi madal Ca- ja Mg-sisaldus. Samas O3 ja K3 vahel puudus oluline erinevus ning samuti sügavuskihtide vahel, kuigi K3-l oli 5 cm ülakihi Ca-sisaldused pisut väiksemad kui O3-l. Magneesiumisisaldustes oli O1 ja K1 vahel mõningane erinevus. K1 Mg oli pisut kõrgem kui O1-l ja seda just alakihitides, kus K1 Mg-sisaldus oli pisut suurem (Lisa 4 joon. L4.2.).

Liikva PK analüüs näitas, et Põhja-Viljandimaa (O1/K1) alal oli PK-sisaldus O1-l kõrgem kui K1 mullas ning mõlemal alal oli PK sisaldus kõrgeim ülakihis ning vähenes alakihitides. P-tarve oli O1-l väga väike ja K1-l väike ning K-tarve oli O1-l väike ning K1-l ülakihis samuti väike ja alakihitides keskmine (PMK väetistarbe gradatsioon). O3/K3 muldade P on kõrge, kuid kihiti diferentseerunud. Kui O3-l oli kahe ülakihi P võrdsel tasemel (177 mg/kg), siis alakihis oli P-sisaldus 146 mg-ni kg. K3-l seevastu võis täheldada P-sisalduse suurenemist sügavuse suunas.

K-sisaldus varieerus Valgamaal (O3/K3) keskmisest kuni kõrgeni ja ka K-sisalduste erinevus kihtides, sõltuvalt harimistehnoloogiast, oli erinev. Kui O3-l K vähenes sügavuse suunas, siis K3-l vähenes K keskkihis ja suurenes alakihis taas (Lisa 4 joon. L4.3.).

Pool-mikro- ja mikroelemendid. Muldade Mn vajadus on väike kuni keskmine (PMK gradatsioon), Põhja-Viljandimaal oli põldude O1/K1 erinevus võrdlemisi suur, O1muld oli mikroelementide poolest oluliselt rikkam. K1 ja Valgamaal O3/K3 mikroel. tarve oli suur (Lisa 4 joon. L4.4.).

Muldade lõimis on uuritud muldadel üldiselt kerge – Valgamaal (O3/K3) saviliiv ja kerge liivsavi ning Põhja-Viljandimaal (O1/K1) kerge kuni keskmine liivsavi. Võrreldes mullakaardiga, kus uuritud muldade lõimisteks saviliiv ja kerge liivsavi, olid lõimised antud määramiste järgi astme võrra raskemad. Tuleb aga arvestada, et lõimise määramise meetodika on aastatega muutunud (et ühilduda FAO ja WRB klassifikatsioonidega) ja seetõttu ka vanade lõimiseklassidega võrdlemine raskendatud. Põhja-Viljandimaal (O1/K1) muldadel suhteliselt suur tolmu ($\emptyset$ 0,002-0,063 mm) sisaldus, samas K1 alal on lõimis pisut kergem, ehk siis liiva ($>0,063$ mm) enam võrreldes O1-ga. O3/K3 mullad on lõimise poolest väga sarnased ning liiva osatähtsus on siin kõrge (peaaegu 70%). Uuritud kihtide vahel lõimisefraktsioonide osatähtsustes olulisi erinevusi ei esine (Lisa 4 joon. L4.5.).

Mullapoorid võivad olla täidetud kas õhu või veega ja seetõttu arvutati eraldi väärtustena üldpoorsus ja õhkpooride osatähtsus. Üldpoorsused oli uuritud aladel peamiselt 40-50% piires ja õhkpooride osatähtsus varieerus 8%-st O1 ülakihis kuni 28%-ni O3 ülakihis. Soodsaks õhkpooride osatähtsuseks loetakse vähemalt 10%. Mulla poorsus on pöördvõrdeline lasuvustihedusega. See ilmneb ka O1 alal, kus lasuvustihedus oli kõrgem ja üldpoorsus ning õhkpooride osatähtsus madalamad kui teistel katsealadel (Lisa 4 joon. L4.6.).

Lasuvustihedus. Uuritud mullad on normaalse tihedusega või alakihitides ka nõrgalt tihenened, ainult O1 oli keskmiselt tihenened. O-põldudel oli tihedaim keskkiht, mis näitab, et masinate surve mõjutab seda enim ja kuna sügavamalt ei harita, siis võibki sinna kihti tihes tekkida. Samas oli seal juurestiku levik ohtraim, mis võiks omakorda mulda kobestada. K-põldudel oli tihedaim alakiht, arvatavasti künnialuse tiheste tõttu, kui töösügavus on 15-20 cm (Lisa 4 joon. L4.7.).

Mullaelustiku bioaktiivsus on otseselt seotud mulla struktuuri ja viljakusega, vahendab lagunemisprotsesse, huumuseteket, soodustab taimede toitainetega varustamist ja väetistest toiteainete immobilisatsiooni. Antud uurimuses on kasutatud bioindikaatoritena makrofauna (vihmaussid), mesofauna (hooghännalised) ja mikrofloora (mulla mikroobikooslus) parameetreid hindamaks otsekülvi- ja künnitehnoloogia mõju mullaelustikule. Põhjus on, et neil indikaatoritel on otsene seos mulla bioloogilise mitmekesisusega, nad on olulised mullaorgaanika lagundamisel ning tundlikud maakasutuse muutustele. Hooghännaliste (*Collembola*) ja vihmausside arvukust ning liigilist koosseisu mullas hinnati kuuel alal, millest kolmel kasutati otsekülvi ja kolmel kündi.

Mikroobikoosluse aktiivsus. Mikroobse hingamise analüüs (hõlmates mikroobide aktiivset biomassi ja üldist aktiivsust) näitas, et mikroobide aktiivsus on suurem aladel K1, K3, K12 (K12 on Põhja Viljanimaa põldude O1/K1 lähedal asuv Kõo Agro põld, mida PMK uurib täiendavalt). Arvestada tuleb, et väga kõrge mikroobide aktiivsus mullas ei ole samuti soovitatav, sest siis toimuvad ka väga aktiivsed muundumis-, lagunemis- ja mineraliseerumisprotsessid, mille tulemusena vabaneb küll palju taimetoitaineid, kuid need võivad mullast eemalduda leostumise või lendumise teel, nii et kasvav taim seda siiski kasutada ei saa.

Vastaval hindamisskaalal on välja toodud soovitatavad vahemikud mikroobide aktiivse biomassi ja üldise aktiivsuse osas ning skaala kohaselt annab minimaalse arvu punkte olukord, kus mikroobide aktiivne biomass on alla 0,2 või üle 0,6 ning maksimaalne punktide arv saadakse vahemiku 0,4-0,6 (mg biomassi C)/(g KA) eest. Mikroobide üldine hingamisaktiivsus saab hindamise skaala alusel vähim punkte kui antud näitaja on alla 1,1 või üle 4,5 (mg O₂)/(kg KA*h). Hindamisskaala alusel on mikroobikoosluse näitajad madalaimate punktidega hinnatud O5 (2013), K1 ja K12. Mikroobikooslus on aktiivne, kui mullas on palju toitaineid – kas orgaanika või väetiste näol. Väga kõrged mikroobide aktiivse biomassi (substraadi poolt indutseeritud hingamise SIR meetodil) ja mikroobikoosluse hingamisaktiivsuse näitajad annavadki põhjust oletada, et antud põldudel on kasutatud kas suurtes kogustes väetisi või on mullas väga palju orgaanilist ainet (taimset materjali).

Mikroobide tegevuse aktiivsust eraldi vaadates selgus, et suurim mulla mikroobide biomass (SIR meetodil) (Lisa 4 joon. L4.8.) oli K12-l [1,591 (mg biomassi C)/(g KA)] ja madalaim K3 ja O3 aladel [vastavalt 0,579 ja 0,588 (mg biomassi C)/(g KA)]. Mikroobikoosluse üldine aktiivsus hingamisaktiivsuse alusel oli samuti kõrgeim K12-l [9,365 mg O₂/(kg KA*h)], madalaim aga O1-l [2,311 mg O₂/(kg KA*h)] (Lisa 4 joon. L4.9.).

Vihmausse on haritavates muldades tavaliselt vahemikus 50-200 isendit/m². 2012. aasta oli sademeterohke, mis vihmausside kasvuks ja paljunemiseks oli äärmiselt soodne. Vihmausside arvukused olid uuritavatel põldudel paljude aastaste keskmistest kõrgemad. Suurim arvukus ja liikide arv esinesid K1-l (332 isendit/m² ja 6 liiki) ning madalaimad olid arvukused O3-l ja K12-l, vastavalt 150 ja 154 isendit/m². Väikseim liikide arv oli kolm ning see esines K3-l (tabel 2.5.). Võrreldes 2011.a, mil võeti ka proovid O5-lt ja K12-lt võib öelda, et 2011. a. põuase suve tingimustes oli nimetatud põldudel väiksem nii vihmausside arv (vastavalt 133 ja 112 isendit/m²) kui ka mass (40 ja 32 g m⁻²).

Koosluse jaotumine kolmeks eluvormiks (epigeilised, endogeilised ja aneetsilised liigid) sõltub otseselt tingimustest, milles kooslus elab, kusjuures seda mõjutavad nii looduslikud kui ka inimtegevusest põhjustatud tegurid. Kõige tundlikumad põllumajandustegevuse suhtes on epigeid, kes elavad maapinnal ning keda häirivad otseselt mullaharimine, pestitsiidid, väetised jmt. Samuti on nende toit mõjutatud kahjulike ainete lisandumisest mulda. Aneetsid elavad sügavates urgudes, kuid mullaharimine lõhub nende urud ja halvendab seega selle eluvormi elutingimusi; toitumas käivad need ussid maapinnal ja nad on ka toidu kvaliteedi suhtes tundlikud. Kõige vastupidavamad inimtegevuse suhtes on endogeid, kes moodustavad koosluse põhiosa põllumuldades. Mida suurem on endogeide osakaal koosluses, seda limiteerivam on mingi tegur.

Vihmaussikoosluste analüüsist selgus, et endogeide osa koosluses on suurim ja seda just eelkõige K3-l, kus aneetsid puudusid. Endogeid olid ülekaalus ka O5-l, kus epigeid puudusid ning K12-l, kus oli vähe nii epigeid kui aneetse (tabel 2.6.).

Eesti põllumuldadele on iseloomulik hariliku mullaussi *Aporrectodea caliginosa* ülekaal koosluses. Liik on kõige vähenõudlikum mullatingimuste ja inimtegevuse suhtes, see suudab elada väga erinevates, ka ebasoodsates tingimustes. Põllumuldades moodustab see liik kooslustes tavaliselt 60...95% isenditest. Üliebasoodsates tingimustes võib see liik olla ainuesindaja. Dominantliigi osatähtsuse põhjal saab teha järeldusi põllumulla omadusi mõjutavate tegurite kohta. K1 erinevate liikide arvukused olid 2012. a-l kõrged ning dominant-liigi osa koosluses madal (26%), mis viitab vihmausside jaoks sobivatele tingimustele sel põllul. Ülejäänud põldudel olid teiste liikide arvukused oluliselt madalamad ja dominantliigi osa koosluses tunduvalt kõrgem, mis näitab ebasoodsamate tingimuste mõju vihmaussi-kooslustele.

Tabel 2.5. Vihmaussiliikide ja koosluste arvukus ning liikide arv-2012. Lühendid: Acal – *Aporrectodea caliginosa*, Arosa – *A. rosea*, Alon – *A. longa*, Achl – *Allolobophora chlorotica*, Lrub – *Lumbricus rubellus*, Lcas – *L. castaneus*, Lter – *L. terrestris*

Põld	Acal	Aros	Alon	Achl	Lrub	Lcas	Lter	tk m ⁻²	Liike
O1	144	16	26	0	6	0	16	216	5

Tabel 2.6. Vihmaussikoosluste parameetrid-2012. Lühendid: epi – epigeide osatähtsus (%) koosluses, endo – endogeisid (%), an – aneetse (%), dom – dominantliigi osatähtsus (%), m – isendi mass keskmiselt (g), tm- kogumass g m⁻², ad/juv – täiskasvanud ja noorisendite arvukuse suhe.

Põld	epi	endo	an	dom	m	km	ad/juve
------	-----	------	----	-----	---	----	---------

K1	88	108	70	0	22	28	16	332	6	O1	3	77	20	69	0,65	135,8	0,144
K12	138	2	4	0	6	0	4	154	5	K1	15	59	26	27	0,43	144,1	0,230
O3	110	2	0	0	12	8	16	150	5	K12	4	91	5	90	0,45	69,9	0,185
K3	160	8	0	0	6	0	0	178	3	O3	14	75	11	74	0,51	76,1	0,193
O5	162	22	8	4	0	0	0	212	4	K3	3	97	0	92	0,11	18,7	0,160
										O5	0	96	4	83	0,4	83,7	0,153

O-põldude vihmausside keskmine oli 193 is./m², K-põldudel 221 is./m². Keskmine liikide arv oli mõlemas grupis sama (4,7), kuid O-põldudel esines 7 liiki ja K-põldudel 6 (*Achl.* ei esinenud K proovides). Kaks enimlevinud ja tingimuste suhtes leplikku liiki (*Acal.* ja *Arosa.*) esinesid kõigi uuritavate põldude mullas. Epigeilised liigid (*Lrub* ja *Lcas*) olid O-põldudel vähearvukamad. Kuna mõlemad liigid elavad maapinnal asuvas varise- ja kõdukihis, siis selle põhjuseks võivad olla ebasobivad elutingimused või ka pestitsiidide mõju. Vihmausside biomass oli suurem O-põldudel, vaatamata K-põldude koosluste mõnevõrra suuremale arvukusele. Erinevus tuleneb isendi keskmiselt suuremast kehamassist O-põldudel. Arvutati ka täiskasvanud ja juveniilsete isendite arvude suhe - väiksem suhtarv väljendab arvukat järelkasvu. See näitaja oli mõnevõrra suurem O-põldudel. Tõenäoliselt künd hävitab osa noorisenditest, kelle liikumisvõime mullas on väiksem kui täiskasvanutel. Reeglina on vihmaussi mass suurem mullas, mille NPK sisaldused on kõrgemad. Analüüsitud põldude puhul olid toitainete kõrgemad sisaldused, aga ka aneetside (raskemad isendid) osatähtsus suuremad leostunud ls-lõimisega muldades (K-põldudest 2/3, O-põldudest 1/3). ls-lõimisega muldade vihmaussikoosluste arvukus, liikide arv ja aneetside osakaal, samuti isendite keskmine mass ja koosluse biomass m²-l olid väiksemad, endogeide osa ja dominantliigi *Acal.* arvukus aga suuremad kui ls-lõimisega põldudel. Varasematest uuringutest on teada, et l-lõimisega mullad on vihmaussidele ebasobivad elupaigad, kuna nende veerežiim on ebastabiilne, liiv ärritab vihmausside tundlikku nahka ning kuivas liivas on urud ebapüsivad. Ka sl-muld ei ole eelistatud. Kuna uuritud põldude arv oli väike ja O- ning K-põldude gruppides erineva lõimisega põldude osakaal erinev, siis võib see tegur mõjutada erinevate tehnoloogiatega põldude võrdlustulemusi. Seega, võib järeldada, et vihmausside puhul on tegemist mullatüübi ja -lõimise erinevustest tuleneva suure arvukuse ja liigilise koosseisu varieeruvusega, mistõttu selle materjali puhul O- ja K-põldude vihmaussikoosluste tunnused ning viljelusviisi mõju ei ole väga selgelt eristatavad.

Hooghännaliste (HH) arvukus ja liigiline koosseis. HH keskmine arvukus määrati kahel sügavusel- 0-5 cm ja 5-10 cm- mullakihtides (Lisa 4 joon. L4.10.). See oli suurem ülakihis, ulatudes 34 isendist K1-l kuni 64 isendini K3-l. Mõnevõrra vähem loendati isendeid alakihis, kus nende arvukus ulatus 19-st O1-l kuni 40-ni K3-l.

Tabel 2.7. HH liikide arv (S), Shannon-Wiener'i (H) ja Simpsoni (D) mitmekesisuse indeksid sõltuvalt mullaproovi sügavusest, 2012. aasta andmed

Proovi-koht	0-5 cm			5-10 cm		
	S	H	D	S	H	D
O1	12	1,588	0,6732	12	2,026	0,8403
K1	12	2,263	0,8820	12	1,994	0,8236
K12	14	1,743	0,7241	14	1,988	0,7779
O3	15	1,730	0,7498	11	1,703	0,7399
K3	14	1,713	0,7218	15	2,197	0,8487
O5	15	1,422	0,5749	12	2,060	0,8467
Keskmine	13,7±0,6	1,743±0,115	0,7210±0,0410	12,7±0,6	1,995±0,066	0,8129±0,0181

HH-si määrati kõikide uurimisalade peale kokku 26 liiki. Tabelis 2.7. on esitatud proovialade liikide arv (S), Shannon-Wiener'i mitmekesisuse indeks (H) ja Simpsoni mitmekesisuse indeks (D) mõlemas kihis. Madalaim liikide arv oli 11 (alakihis O3-l) ning suurim liikide arv oli 15 (O3,O5 – ülakihis, K3 - alakihis).

Kui võrrelda keskmist liikide arvu sõltuvalt viljelusviisist ja mullakihist ilmneb, et otsekülvi aladel on keskmine liikide arv ülakihis 14 ning alakihis 12. K-aladel oli keskmine liikide arv ülakihis 13 ja alakihis 14. Nagu mikroobidel, oli ka HH keskmine arvukus suurem K-põldudel. Liikide arv tootmisviisist ei sõltunud ja oli 11-15. Samas K-põldudel oli keskmine liikide arv alakihis suurem kui O-põldudel. Põhjuseks võib olla alumiste kihtide õhustamine künnil, mis loob HH-tele soodsamad tingimused. Niiskustingimused ei limiteerinud 2012. a ei HH-te arvukust ega mitmekesisust, st mullaniiskust oli piisavalt nii HH-te kui ka vihmausside jaoks. Erinevate kultuuride mõju hindamisel selgus, et HH-te keskmine arvukus oli suurim talinisu kasvatamisel ja seda mõlema viljelusviisi korral, ehk siis suurim arvukus oli nii O3 kui K3 alal (Lisa 4 joon. L4.11.).

Tabel 2.8. 2012. a. põldude hindamine elurikkuse näitajate alusel

Proovikoht	O1	K1	K12	O3	K3	O5
Vihmaussid						
Arvukus	3	3	3	3	3	3
Liigiline koosseis	2	3	2	3	1	2
Liikide arv	3	3	3	3	2	2
Dom.liigi osatähtsus	2	3	1	2	1	2
Ökoloogiline struktuur	3	3	3	3	2	2
Mikroobid						
SIR	1	1	1	3	3	1
Hingamine	3	1	1	2	3	1
Hooghännalised						
Arvukus 0-5 cm	2	2	3	2	3	2
Arvukus 5-10 cm	2	2	3	2	3	2
Liikide arv	2	2	2	3	3	3
Dom.liigi osatähtsus	2	3	3	3	3	2
KOKKU	25	26	25	29	27	22
<18 halb, 18-26 keskm., >26 hea	keskm	keskm	keskm	hea	hea	keskm

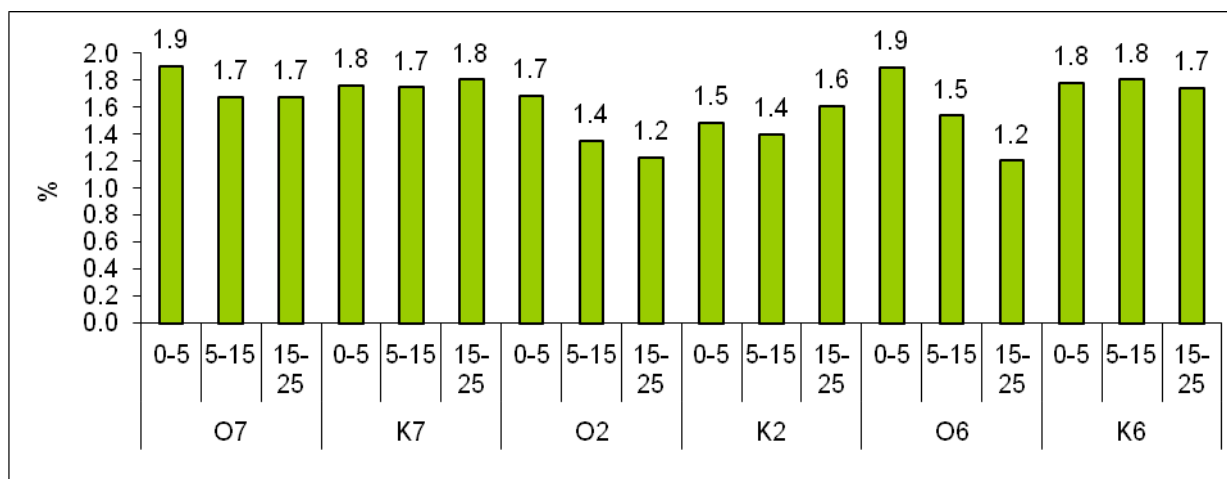
Summaarne hinnang elurikkusele. Tabelis 2.8 on toodud vastava hindamiskaala põhjal 2012. a. katsealade hindepunktid. Vihmausside osas said madalaid punkte (1) K3 ja K12, kus dominantliigi osatähtsus oli koosluses väga kõrge. Mikroobikoosluse näitajatest eristuvad O5, K1 ja K12, kus nii biomassi aktiivsuse (SIR) kui ka hingamise üldaktiivsuse indeks oli 1 punkt. HH-te puhul madalaid punkte ei esinenud, kõrgemaid väärtusi said K3 ja K12. Elurikkuse parameetrite hindamise lõpp-tulemusena arvutati suhteliselt kõrged punktid O3 (29) ja K3 (27) aladele, madalaima hindepunktide summa sai O5 (22). Kokkuvõtteks võib öelda, et uuritud põldude seisund oli keskmine kuni hea (skaalal: halb, keskmine, hea).

PMK mullauuringute tulemused 2013. aastal.

Otsekülvi tehnoloogia mõju mullale avaldub eeskätt orgaanilise süsiniku (C_{org}) ja toiteelementide ladestumisena mulla huumushorisoni pealisse kihti ja ilma sügavama harimiseta ei toimu mullakihtide segamist ja mehhaanilist õhutamist. Kõige enam orgaanilist ainet koguneb taimse varisena mulla pealisse kihti, järgnevas 5-15 cm kihis on kõige aktiivsem juurte leviku tsoon ja alumine uuritud mullakiht iseloomustab mullaharimisest puutumata huumushorisoni osa, kus nii orgaanilise materjali lisandumine ja lagunemine mineraliseerumise tõttu on võrdlemisi tagasihoidlikud.

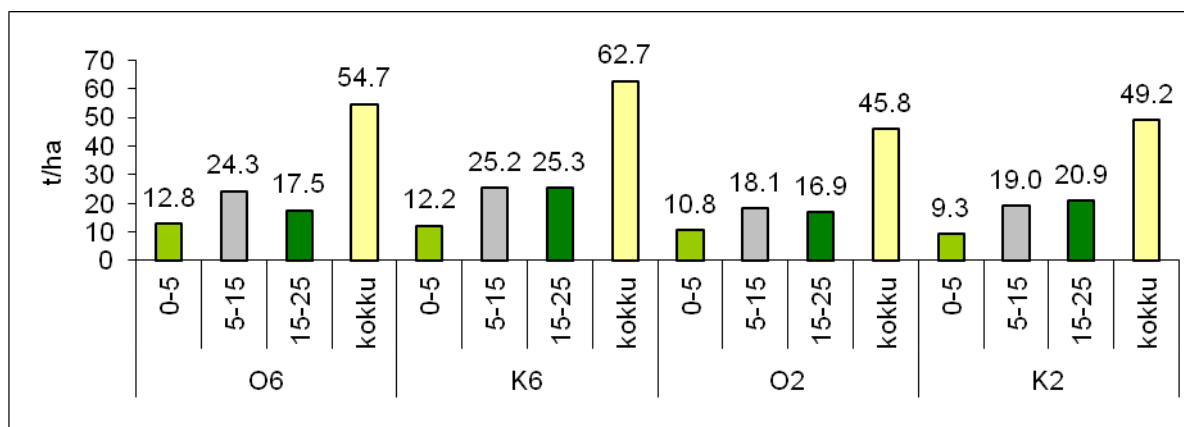
Analüüsides otsekülvipõldude süsinikusisaldust kihtide kaupa, siis on selgelt näha süsinikusisalduste diferentseerumine uuritud sügavustel - kõrgeimad sisaldused esinevad pealmises kihis ja kõige madalamad sügavamates kihtides (Joonis2.2.). Erandina on O7 ala teises ja kolmandas kihis C_{org} -sisaldus võrdne, kuid see on seletatav sellega, et O7 põllul on otsekülvi rakendatud vaid 2 aastat. Kui vaadata lähestikku ja sarnastes tingimustes võrdluspõlde, siis võib öelda, et otsekülvipõldude ülemine kiht oli veidi kõrgema süsinikusisaldusega võrreldes künnipõhiste võrdlusaladega. Samas oli see erinevus võrdlusalade vahel suhteliselt väike, vaid 0,1%-0,2%. Keskmises ja alumises kihis oli aga kõikidel põldudel suurem künnipõhiste muldade C_{org} -sisaldused. Eriti suur erinevus on alumises kihis, kus künnipõhisel K6 alal oli antud näitaja koguni 0,5% suurem kui otsekülvi põllul O6, mis on stabiilse mullaomaduse jaoks suur erinevus. Võrdluspäaride omavaheline võrdlus näitab, et künnipõhistel muldadel on C_{org} -sisaldus vertikaalprofiilis suhteliselt ühtlane, kuid otsekülvi põldudel võivad erinevused olla küllalt suured. Orgaanilise aine kuhjumine mulla pindmisse kihti mõjub kahtlemata positiivselt selle kihi omadustele, kuid alumised mullakihid vaesuvad orgaanilisest ainest ja seal võivad taimede toitumistingimused halveneda. Otsekülvipõldude

alumiste kihtide orgaanilise aine varusid täiendatakse vaid juurtest pärit taimse materjaliga, kuid teraviljade juured ulatuvad valdavas osas maksimaalselt kuni 15 cm sügavuseni ja valdav osa asub ülemises kuni 5 cm kihis.



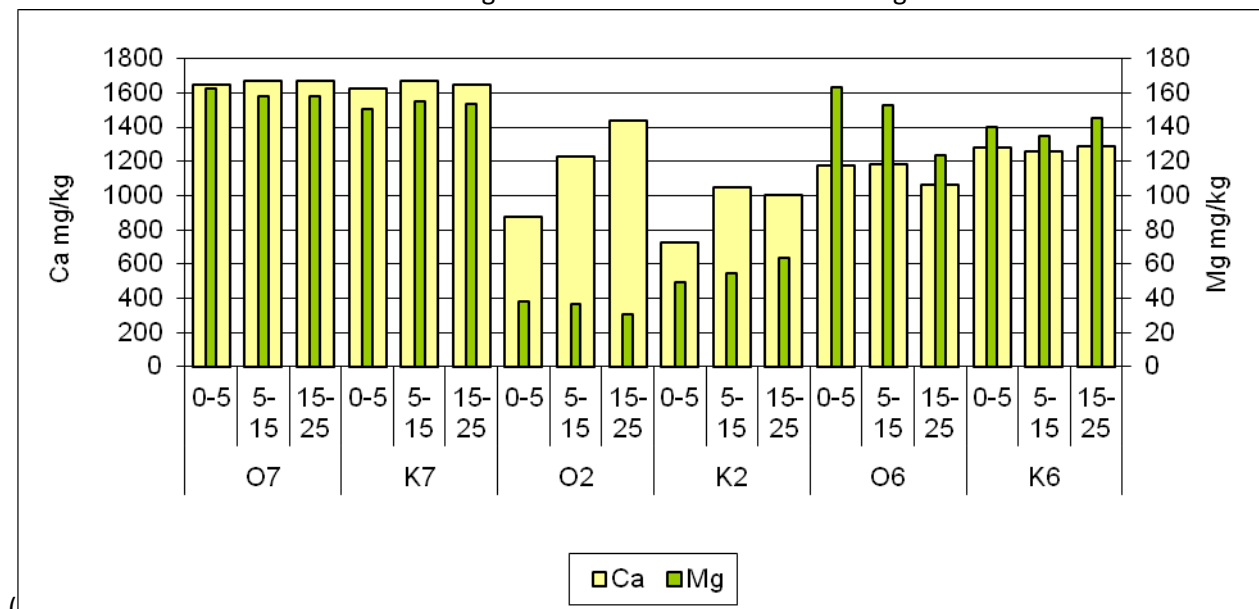
Joonis 2.2. Orgaanilise süsiniku sisaldus (%) otsekülvi (O7, O2 ja O6) ja tavaharimisega (K7, K2, K6) põldude huumushorisoni erineva sügavusega (0-5 cm; 5-15 cm; 15-25 cm) kihtides 2013. aastal

Mulla huumusseisundile annab komplekssema hinnangu mulla C_{org} -varu ehk mass, mida arvutatakse C_{org} -sisalduse, lasuvustiheduse ja mullakihi tuseduse alusel. Selle näitaja abil saame jälgida kui suur on C_{org} -mass erinevates mullakihtides ja selle alusel võrrelda erinevaid mullaharimisviise omavahel. C_{org} -mass on tõepoolest ülemises mullakihis veidi suurem otsekülvi põldudel (Joonis 1.3.), kuid järgmistes kihtides oli seis vastupidine. Eriti suur vahe on kõige sügavama kihi C_{org} -sisalduses. Kogu 25 cm mullakihi orgaanilise süsiniku varu oli K6 mullal ca 15% suurem kui O6 mullal ja K2 mullal 7,5% suurem kui O2 mullal.

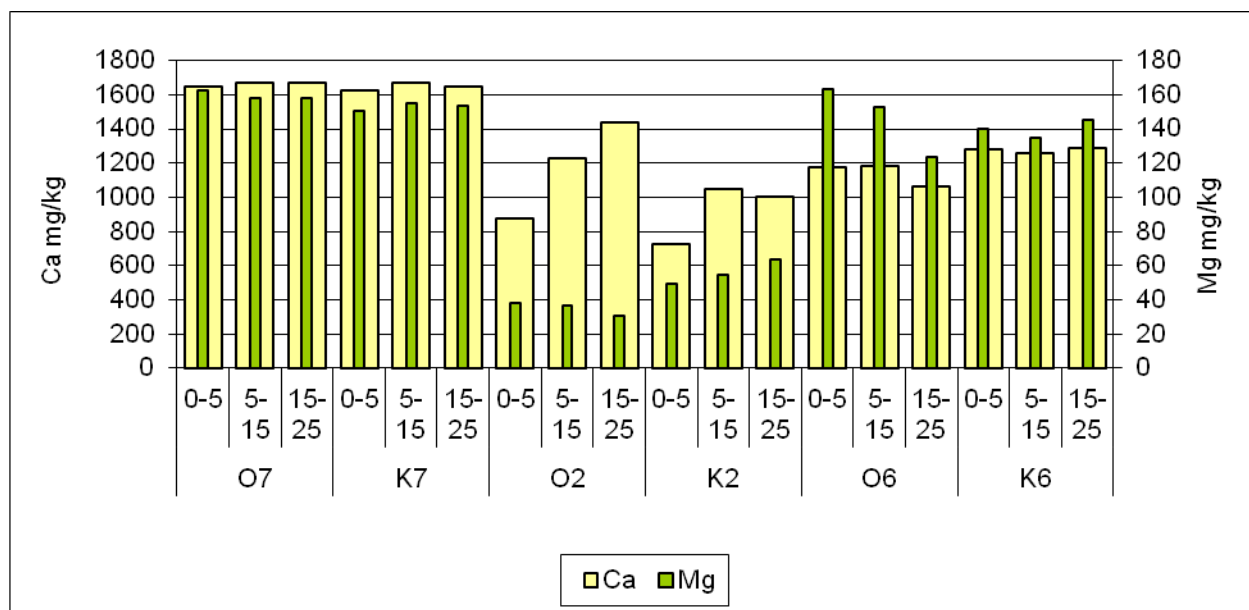


Joonis 1.3. Orgaanilise süsiniku (C_{org}) varu otsekülvi (O2 ja O6) ning tavaharimisega (K2 ja K6) põldudel erinevates huumushorisoni (0-5 cm; 5-15 cm; 15-25 cm) kihtides 2013. aastal

Mullareaktsiooni analüüsil selgus, et Jõgevamaa (O7, K7) ja Tartumaa (O6, K6) alade mullad olid neutraalsed ja väga ühtlase pH-väärtusega kõikides kihtides, kuid Lõuna-Viljandimaa (O2, K2) alal muutus mõlemal põllul muld alumistes kihtides oluliselt happelisemaks. Muldade liikuva Ca ja Mg sisaldus oli suhteliselt sarnane happesusele – Jõgevamaa ja Tartumaa aladel oli eri harimisviiside ja eri kihtide vahelised erinevused väga väikesed, vaid O6 ala Mg-



Joonis2.4.). Viljandimaa võrdluspõldude vahel esinesid siiski teatud erinevused. Nimelt oli künnivariandis Mg-sisaldus pisut kõrgem kui otsekülvil ja seda just sügavamates kihtides, kus künnivariandis Mg-sisaldus suurenes, kuid otsekülvi põllul vähenes. Mõlemal põllul on Ca- ja Mg-sisaldus optimaalsest madalam ja vajaksid lupjamist. Ca-sisaldus otsekülvi põllul suureneb sügavuse suunas lineaarselt, kuid künnipõhisel harimisel on alumiste kihtide sisaldus võrdne, kuid madalam kui ülemises kihis.

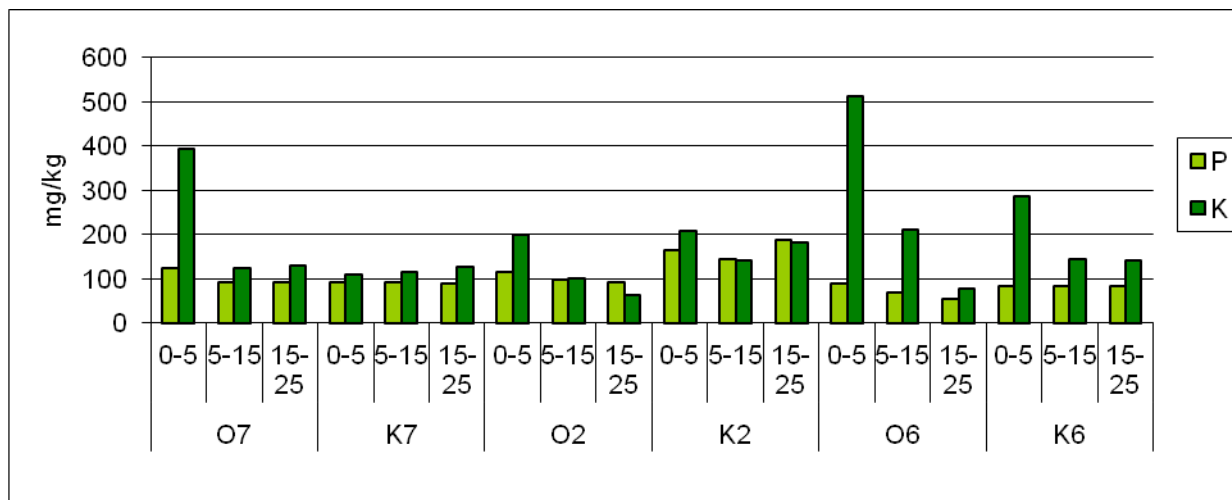


Joonis 2.4. Ca- ja Mg-sisaldused (mg/kg) otsekülvi (O2,O6 ja O7) ning tavaharimisega (K2, K6 ja K7) põldudel erinevates huumushorisondi (0-5 cm; 5-15 cm; 15-25 cm) kihtides 2013. aastal

Liikuvate põhitaimetoiteelementide analüüs näitas (Joonis2.5.), et Tartumaa võrdluspõldudel oli nii fosfori- kui ka kaaliumisisaldus mõlemal alal praktiliselt võrdne, kuid väga kõrge oli otsekülvi põllu ülemise kihi K-sisaldus. Ilmselt on see seotud sellega, et 3 nädalat enne välitööde tegemist väetati põldu vedelsõnnikuga ja lisati mulda 75 kg/ha kaaliumi. Alumistes kihtides langes K-sisaldus ca 2,5 korda ning ka P-sisaldus vähenes. Künniga põllul oli nii P- kui ka K-sisaldus mullakihtide võrdluses stabiilne. Samasugune tendents ilmnas ka Jõgevamaa O7 põllul ja siingi oli põhjuseks sügisene taliviljakülville eelnenud väetamine. Viljandimaa aladel oli liikuva P ja K sisaldus suurem künnipõhisel põllul ja otsekülvi põllul vähenes sarnaselt Jõgevamaa alale alumistes kihtides. Liikuva K sisaldus vähenes alumistes kihtides võrreldes ülemise kihiga enam kui 2 korda, olles kõige väiksem madalamas kihis. Künniga põllul toimus mõlema toiteelemendi sisalduse langus keskmises mullakihis, kuid tõusis taas alumises mullakihis, kuhu on künniga lisatud värsket orgaanilist ainet. Fosfori väetistarve (kasutades PMK väetistarbe gradatsiooni) oli kõikidel aladel vähemalt keskmises sisaldusklassis (46-90 mg/kg), kuid O6 põllu alumises kihis oli sisaldus kõige madalam ja praktiliselt alla keskmist sisaldust. Kaaliumitarve seevastu oli küllalt erinev - ülikõrge oli K-sisaldus O7 ja O6 põldudel

ülemises kihis ning keskmisest sisaldusklassist (106-170 mg/kg) kõrgem kõikide põldude ülemises kihis, välja arvatud alla keskmise sisaldusega K7 põllul.

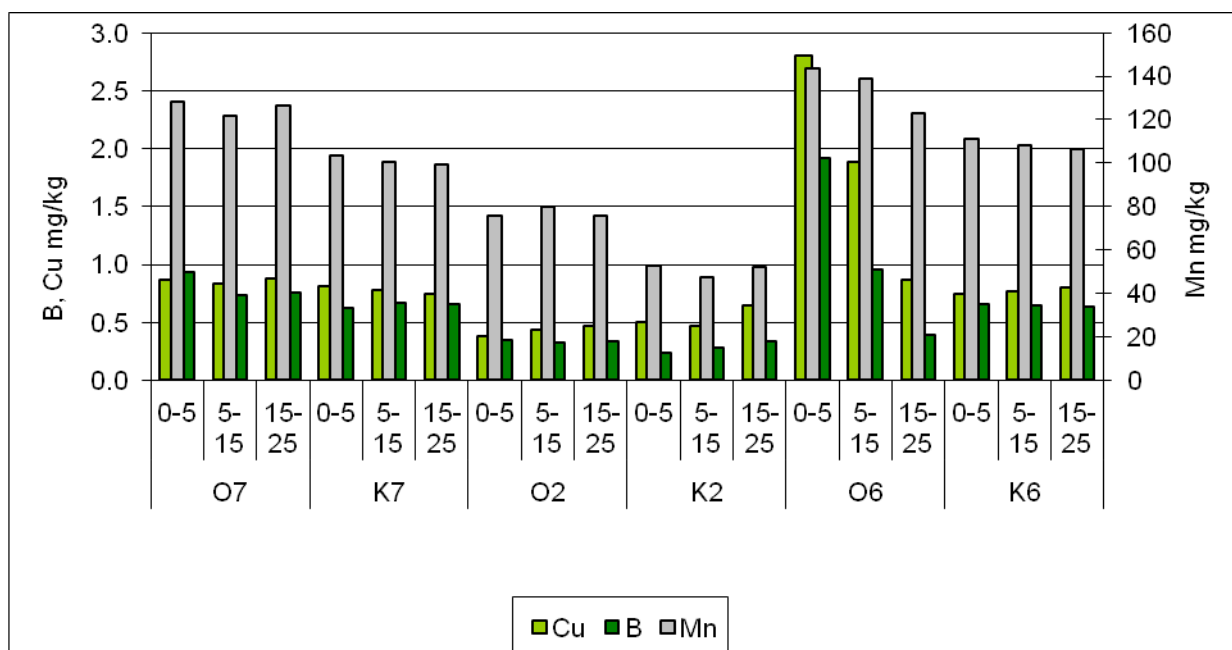
Seega vähenes otsekülvi aladel liikuva P ja K sisaldus sügavuse suunas, kuid künnipõhistel põldudel oli liikuva P ja K sisaldus kihtides tunduvalt ühtlasem, vaid K6 ala liikuva K sisaldus vähenes samuti madalamates kihtides, kuid erinevus oli väiksem kui otsekülvi aladel. Kõrged liikuva P ja K sisaldused O6 ja O7 põldude ülemises kihis oli seotud sügise väetamisega.



Joonis 2.5. P- ja K-sisaldused (mg/kg) otsekülvi (O2,O6 ja O7) ning tavaharimisega (K2, K6 ja K7) põldudel erinevates huumushorisondi (0-5 cm; 5-15 cm; 15-25 cm) kihtides 2013. aastal

Poolmikro- ja mikroelementide sisaldusi hinnates selgus, et mangaani (Mn) väetustarve on viiel põllul keskmine (PMK väetistarbe gradatsiooni alusel) ja K2 põllul suur (Joonis2.6.). Antud elemendi sisalduse jaotumine mullakihtide vahel on ühtlane, vaid O6 alal toimub sisalduse langus sügavuse suunas, kuid siin on ka Mn-sisaldus kõige kõrgem. Cu-väetustarve on viiel põllul suur ja vaid O6 põllu ülemises kihis väike ja keskmises kihis keskmine. Kihtidevahelised erinevused olidki olulised vaid O6 põllul, kus vasesisaldus oli alumises kihis üle 2,5 korda väiksem kui ülemises. Kuna mikroelementide peamine allikas on orgaaniline aine, siis selline dünaamika kihtide vahel on tugevas seoses C_{org} -sisalduse vähenemisega. Täpselt samad seaduspäradused kehtivad ka boori väetustarve ja erinevate mullakihtide B-sisalduse kohta.

Taimedele omastatava Mn, B ja Cu sisaldused seirealadel on madalad, sõltuvad peamiselt väetise liigist ja andmise ajast ning C_{org} -sisaldusest ja kihtidevahelised erinevused on väikesed. Elementide kõrgema sisalduse korral tekivad eeskätt otsekülvi aladele suhteliselt suured kihtidevahelised erinevused, kus madalamas kihis on sisaldus mitu korda väiksem kui ülemises kihis. Eeskätt on selle põhjuseks enne proovide kogumist O6 ja O7 alade väetamine ja vähemal määral orgaanilise aine kuhjumine mulla pindmisse kihti otsekülvi tehnoloogia rakendamisel.

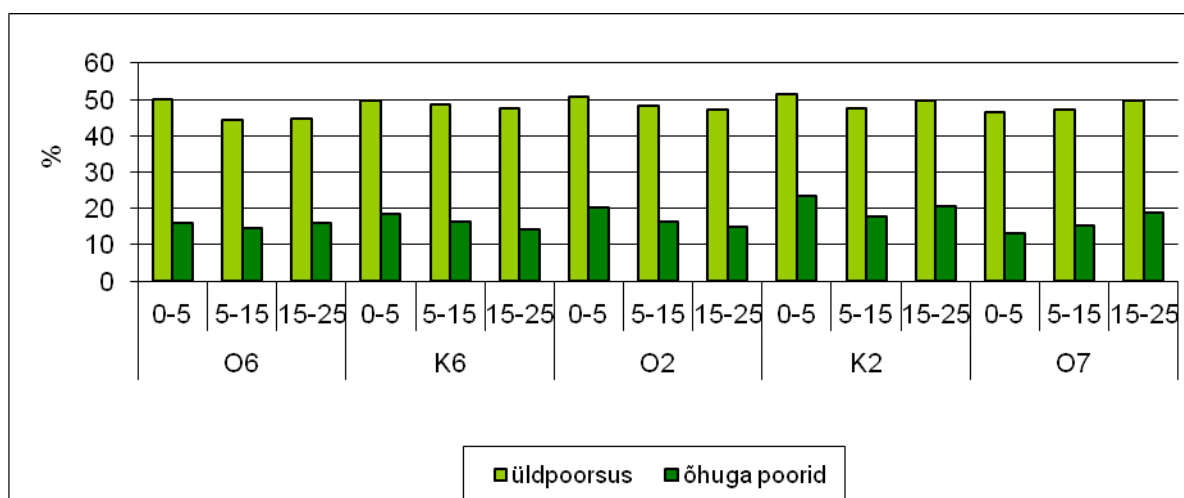


Joonis 2.6. Mn-, B- ja Cu-sisaldused (mg/kg) otsekülvi (O2,O6 ja O7) ning tavaharimisega (K2, K6 ja K7) põldudel

erinevates huumushorisoni (0-5 cm; 5-15 cm; 15-25 cm) kihtides 2013. aastal

Mulla füüsikalistest omadustest on väga tähtsad mulla struktuursust iseloomustavad poorsuse näitajad. Mullapoorid võivad olla täidetud kas õhu või veega ja seetõttu arvutati ka eraldi väärtustena üldpoorsus ja õhuga täidetud pooride osatähtsus. Üldpoorsused jäid uuritud aladel peamiselt 40-50% ja õhuga täidetud pooride osatähtsus 10-20% piiresse (Joonis2.7.). Antud lõimisega muldadele loetakse soodsaks, kui üldpoorsus on üle 37% ja aeratsioonipoorsus üle 10%. Seega oli kõikide põldude üldpoorsuse ja aeratsioonipoorsuse näitajad optimaalsed. Teatud määral soodustas seda kindlasti ka 2013. a ilmastik, kus vegetatsiooniperiood oli suhteliselt sademetevaene ja tallamise mõju muldadele seega väike. Üldpoorsuse näitajatel kihtidevahelised erinevused puudusid või olid väga väikesed – ilmselt tulevad need rohkem esile siis, kui mullas on poorsus kriitiline. O6 ja O2 alal üldpoorsus vähenes veidi sügavuse suunas, kuid O7 alal veidi tõusis, ilmselt on selle põhjuseks O7 ala kõige lühem otsekülviga harimise periood ning välitöödele eelnenud põllule taliviljakülv, mis kobestas mulda. Õhuga täidetud pooride sisaldus näitab, et võrreldavates erinevate harimisviisidega mõlemas paaris on künnipõhistel aladel ülemise ja keskmise kihi näitaja parem. Alumises kihis on erinevatel võrdluspaaridel erinevad tulemused. O7 alal on ülemises mullakihis aeratsioonipoorsus madalam kui alumistes kihtides, mis viitab tallamise mõjule ülemises kihis.

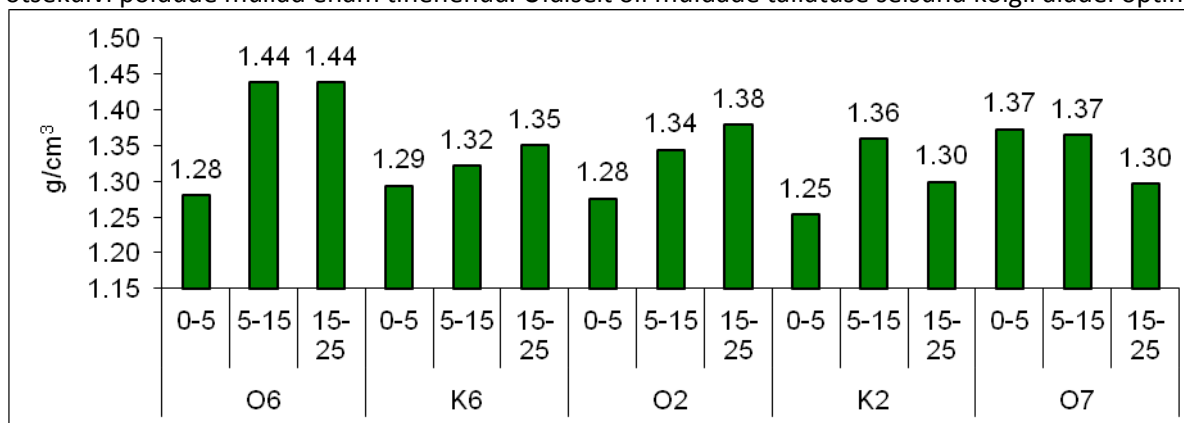
Muldade struktuursuse näitajad olid 2013. aastal suhteliselt head kõikidel aladel ja poorsuse näitajad olid veidi paremad künnipõhiste alade ülemistes kihtides.



Joonis 2.7. Üldine poorsus ja õhuga pooride osatähtsus (%) otsekülvi (O2,O6 ja O7) ning tavaharimisega (K2 ja K6) põldudel erinevates huumushorisoni (0-5 cm; 5-15 cm; 15-25 cm) kihtides 2013. aastal

Oluliseks mulla füüsikaliseks näitajaks on lasuvustihedus ehk mahukaal, mis näitab muldade võimalikku tihenemist ning väga oluline on jälgida, millisel sügavusel tihedam kiht on tekkinud. Üldiselt olid uuritud mullad ülemises kihis normaalse tihedusega (erandina O7 põllul nõrgalt tihenened), alumistes kihtides nõrgalt tihenened ja O6 põllu alumistes kihtides ka keskmiselt tihenened (Joonis2.8.). Harimisviiside omavahelisel võrdlusel selgus, et ülemise kihi tihedus on suhteliselt võrdne, kuid otsekülvi põllud on alumistes kihtides oluliselt rohkem tihenened, eriti O6 alal Tartumaal. Sarnaselt aeratsioonipoorsuse näitajatega saab siin erandina välja tuua O7 põllu, mis oli ülemistes kihtides enam tihenened kui alumises kihis.

Mulla lasuvustihedus ülemises mullakihis oli erinevatel harimisviisidel praktiliselt võrdne, kuid alumistes kihtides olid otsekülvi põldude mullad enam tihenened. Üldiselt oli muldade tallatuse seisund kõigil aladel optimaalne.



Joonis 2.8. Lasuvustihedus (g/cm^3) otsekülvi (O2,O6 ja O7) ning tavaharimisega (K2, K6) põldudel erinevates huumushorisoni (0-5 cm; 5-15 cm; 15-25 cm) kihtides 2013. aastal. Normaalse huumushorisoniga mulla lasuvuste hindamiskaala on järgmine: alla 1,30 - normaalne; 1,31-1,4 - nõrgalt tihenenud; 1,41-1,5 - keskmiselt tihenenud; 1,51-1,6 - tugevasti tihenenud; üle 1,6 - ülitihenenud

Uuringu käigus määrati taimekaitsevahendite jääkide sisaldus seirealade ülemises mullakihis ja enim leiti taimekaitsevahendite jääke O2 ja O7 põldudelt (Tabel 2.9.). Otsekülvi põllult Tartumaal ei leitud ühegi taimekaitsevahendi jääki. K7 ala jääkide sisaldust mõjutas kindlasti vahetult enne proovide kogumist põllul teostatud künd, mille puhul senine ülemine mullakiht segati mullaprofiili alumisse kihti. O7 põllult leiti nelja erineva herbitsiidi jääke, ülejäänud põldudelt tuvastati 1 herbitsiidi toimeaine jääk. O2 põllult leiti kahe erineva fungitsiidi jääke, ning koguni neljalt põllult leiti trifluraliini ehk praeguseks juba keelatud herbitsiidi toimeainet.

Taimekaitsevahendite jääke oli enam otsekülvi põldudel ja enamlevinud jäägiks trifluraliin.

Tabel 2.9. Taimekaitsevahendite jääkide sisaldus (mg/kg) uurimisaladel 2013 aastal.

Ala	Kultuur 2013	Toimeaine	Sisaldus, mg/kg	Tüüp
O2	taliraps	Metazachlor	< 0,01	herbitsiid
		Tebuconazole	0,071	fungitsiid
		Prothioconazole, desthio-	< 0,010	fungitsiid
K2	taliraps	Tebuconazole	0,048	fungitsiid
		Trifluralin	< 0,01	herbitsiid
O6	Suvinisu	-	-	-
K6	kaer	Σ DDT	0,029	intseksiid
		Trifluralin	< 0,01	herbitsiid
O7	kaer	Trifluralin	< 0,01	herbitsiid
		Amidosulfuron	0,027	herbitsiid
		Iodosulfuron-methyl-sodium	< 0,005	herbitsiid
		Glyphosate	< 0,10	herbitsiid
K7	kaer	Trifluralin	< 0,01	herbitsiid

Mullaelustiku analüüs erinevate maaharimistehnoloogiate võrdluses

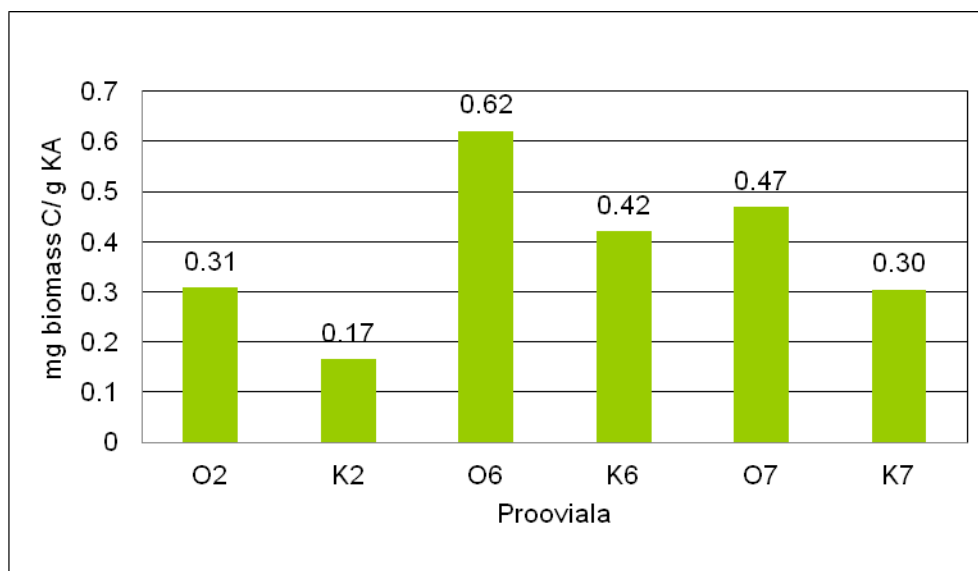
Mulla niiskusesisaldus mõjutab väga oluliselt mullaelustikku ning 0-7 cm mullakihi vastav näitaja oli proovivõtmise ajal kõrgeim O7 proovialal ja madalaim niiskusesisaldus oli K2 proovialal (Tabel 2.101.10) Kõigis võrdluspaarides olid kõrgema niiskusesisaldusega otsekülviga haritavad mullad.

Tabel 2.101. Mulla niiskusesisaldus ($\% \pm \text{SE}^*$) uurimisaladel 0-7 cm sügavusel 2013. aastal

Prooviala	Niiskus, %	Prooviala	Niiskus, %
O2	11,5 $\pm$ 0,5	K2	9,1 $\pm$ 0,4
O6	17,6 $\pm$ 0,6	K6	14,2 $\pm$ 0,6
O7	20,3 $\pm$ 1,0	K7	13,2 $\pm$ 0,6
Keskmine:	16,5 $\pm$ 2,6	Keskmine:	12,2 $\pm$ 1,6

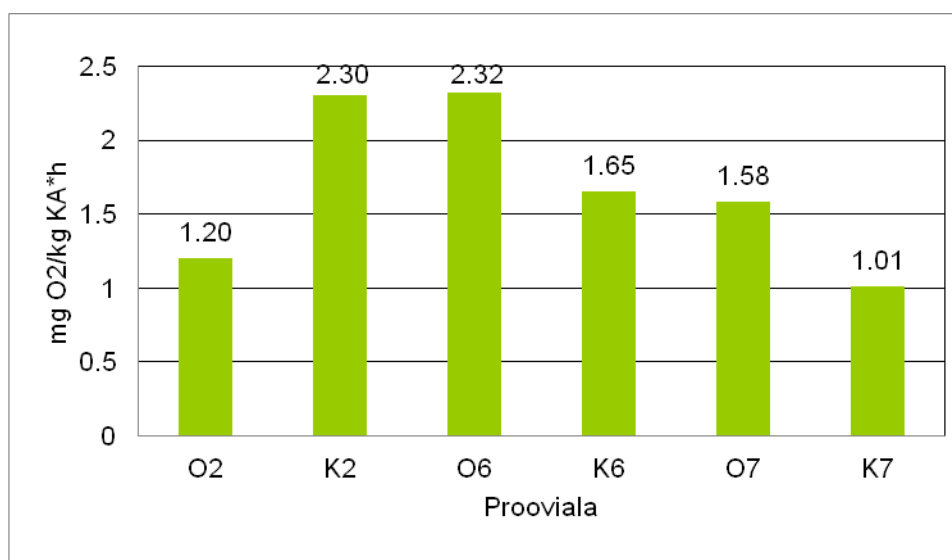
*SE-standardviga

Mullaproovide mikrobioloogiliste analüüside tulemustest selgus, et üldiselt oli vastava näitaja kõrgem otsekülvi aladel (Joonis 2.9.). Kõrgeim mulla mikroobide biomass substraadi poolt indutseeritud hingamise (SIR) meetodil oli O6 proovialal ja madalaim näitajad olid K2 proovialadel. Seega oli kõrgema niiskusega muldades ka kõrgemad biomassi aktiivsuse näitajad. Kui põllumuldades on mikroobikoosluse aktiivsuse näitajad >0,600 (SIR) ja >4,500 (hingamine), on ilmselt põllul olemas teatud häire ja tavaliselt on selleks liiga suur toitainete hulk. Väga kõrge SIR näitaja O6 alal viitab sellele otseselt ja eelnevalt selgus, et antud ala ülemises kihis on väga kõrge liikuva K sisaldus, sest enne proovide kogumist oli mulda lisatud vedelsõnnikut. Mikroobikooslus on üliaktiivne sellisel juhul, kui toitainete või orgaanilise aine sisaldus mullas on kõrge.



Joonis 2.9. Mulla mikroobide aktiivne biomass, mg / biomassi C / g kuivaine (KA) kohta (substraadi poolt indutseeritud hingamise (SIR) meetodil) 2013. aastal

Mikroobikoosluse üldine aktiivsus hingamisaktiivsuse alusel oli kõrgeim K2 ja O6 proovialadel ja madalaim K7 proovialal (Joonis2.10.).



Joonis 2.10. Mikroobikoosluse üldine aktiivsus (mg O₂/kg KA*h) hingamisaktiivsuse alusel 2013. aastal

Kõrgeim vihmaussiliikide arvukus leiti K2 alal (425 isendit m², Tabel2.11), suurim liikide arv oli O2 ja O6 aladel (7 liiki). Madalaim arvukus esines K7 proovialal (24 isendit m²), kus oli ka liikide arv kõige väiksem. Selle põhjustas kindlasti vahetult enne proovide kogumist põllul tehtud sügiskünd, mille tagajärjel mullakamar pöörati ümber ja muutused oluliselt ka vihmausside elutingimused.

Tabel 2.11 Vihmaussiliikide ja koosluste arvukus ning liikide arv 2013. aastal.

Prooviala	ACAL	AROS	ALON	ACHL	LRUB	LCAS	LTER	N is/m ²	S (liike)
O2	120	14,7	2,7	4	6,7	1,3	10,7	161,3	7
K2	328	24	0	0	58,7	1,3	0	425,3	5
O6	148	8	24	2,7	14,7	9,3	17,3	224	7
K6	97,3	12	9,3	0	0	0	1,3	121,2	4
O7	180	44	9,3	2,7	0	0	0	242,7	4
K7	13,3	9,3	0	0	0	0	0	23,9	2

Lühendid: ACAL – *Aporrectodea caliginosa*, AROS – *A. rosea*, ALON – *A. longa*, ACHL – *Allolobophora chlorotica*, LRUB – *Lumbricus rubellus*, LCAS – *L. castaneus*, LTER – *L. terrestris*, N-isendite arv

Üldiselt oli otsekülvipõldudel võrreldes tavaharimisega põldudega enam vihmaussiliike, suurem täiskasvanud isendite osa koosluses (Tabel 2.12), isendite suurem kehamass ning madalam dominantliigi osa koosluses. Eluvormidest oli otsekülvipõldudel aneetsilise eluvormi osa koosluses oluliselt suurem kui künniga haritud põldudel, kahel tavaharimisviisiga põllul aneetsiline eluvorm puudus. Vihmausside arvukus oli kahel juhul samuti otsekülvipõldudel suurem.

K2 põllu vihmaussikooslus erines ülejäänud põldudest – isendite arvukus oli kõige suurem, kuid valdav osa isenditest olid väga väikesed, kookonist äsja koorunud *Aporrectodea caliginosa* juveniilid. See mõjutab oluliselt ka selle põllu vihmausside biomassi (ühe isendi keskmine kehamass, biomass 1 m²) ning täiskasvanud/noorte isendite suhte väärtust. Vihmaussikoosluste parameetrid väljendavad hästi mullaharimistehnoloogiate mõju. Otsekülv kahjustab tavaharimisega võrreldes oluliselt vähem vihmausside urgusid ning koosluse ruumiline paiknemine on vähem häiritud. Igas uuritavas piirkonnas oli otsekülvipõllul võrreldes tavaharimisviisi põlluga suurem vihmaussiliikide arv ning ka täiskasvanud isendite osa koosluses, samuti isendi keskmine kehamass, ning madalam dominantliigi osa koosluses.

Eluvormidest oli otsekülvipõldudel aneetsilise eluvormi osa koosluses oluliselt suurem kui tavapõldudel, kahel tavaharimisviisiga põllul aneetsiline eluvorm puudus hoopis. Kõik need näitajad tulenevad soodsamast elukeskkonnast vihmausside jaoks otsekülvipõldudel, kus mullaharimise negatiivne mõju on oluliselt väiksem. K2 põllu niiskusesisaldus oli küll äärmiselt madal, kuid siiski ületas vihmausside niiskustaluvuse alumist piiri. Ilmselt oli proovivõtule eelneval perioodil see näitaja veelgi madalam. Vihmausside munakookonid põuatingimustes ei valmi ning noored ussid kooruvad alles siis, kui niiskus on saavutanud teatava taseme, mis on piisav noorte isendite ellujäämiseks. Pestitsiidide mõju vihmaussidele väljendub eelkõige toidubaasi saastumises ja kahjustab epigeilisi ning aneetsilisi liike, kes toituvad maapinnal olevast orgaanilisest ainest (meie analüüsi põhjal vaid herbitsiid trifluraliin avaldas negatiivset mõju aneetsilisele harilikule vihmaussile). Endogeilisi usse, kes moodustavad põllu vihmaussikoosluse põhiosa, pestitsiidid enamasti ei mõjuta.

Tabel 2.12. Vihmaussikoosluste parameetrid 2013. aastal.

Prooviala	epi	endo	an	dom	1 is M, g keskm	M/ m ² , g	ad/juv suhe
O2	0,05	0,87	0,08	0,75	0,39	62,6	0,29
K2	0,15	0,85	0	0,80	0,10	40,8	0,07
O6	0,11	0,71	0,19	0,66	0,59	132,3	0,39
K6	0	0,91	0,09	0,81	0,25	30,13	0,17
O7	0	0,96	0,04	0,76	0,28	67,9	0,32
K7	0	1,00	0	0,59	0,17	4,12	0,13

Lühendid: epi - epigeilise eluvormi osa koosluses, endo - endogeilise eluvormi osa koosluses, an - aneetsilise eluvormi osa koosluses, dom - dominantliigi osa koosluses, M - mass, ad/juv suhe - täiskasvanud ja noorisendite arvukuse suhe koosluses

Vihmausside arvukus ja biomass oli üldiselt suurem otsekülvipõldudel, välja arvatud K2 põllu kõrge vihmausside arvukus. Täiskasvanud isendite arvukuse suhe juveniilsete isendite arvukusse näitas, et otsekülvi põldudel oli kõikides võrdluspaarides suhe kõrgem, seega oli otsekülvi põldudel tegemist ealiselt vanemate kooslustega, kuid künnipõhistel põldudel esines arvuliselt suurem järelkasv.

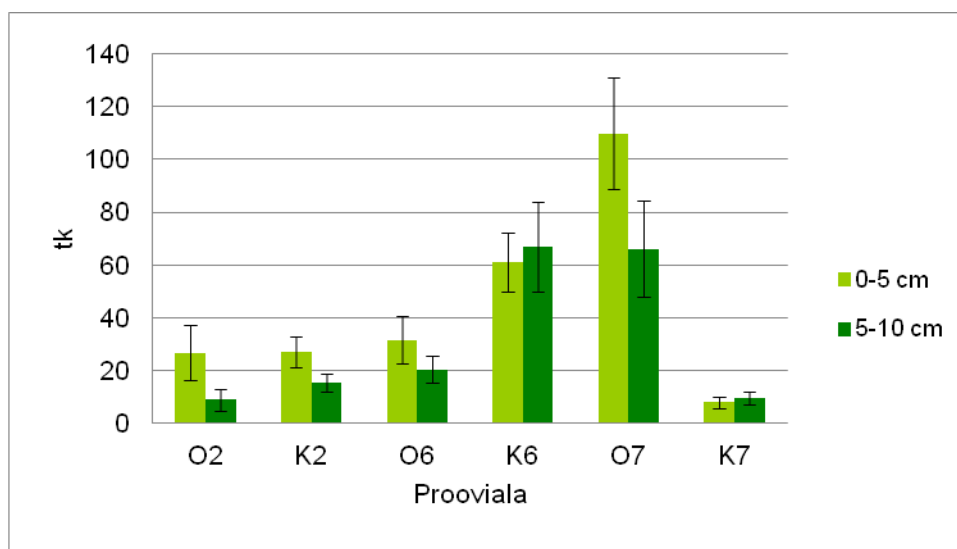
Uuringu raames määrati kokku 23 liiki hooghännalisi. Tabelis 2.13 on esitatud proovialade liikide arv (S), Shannon-Wiener'i mitmekesisuse indeks (H) ja Simpsoni mitmekesisuse indeks (D) kahel erineval sügavusel (0-5 cm ja 5-10 cm). Madalaim liikide arv oli 9 (5-10 cm sügavuses mullaproovis K7 proovialal) ning suurim liikide arv oli 18 (0-5 cm sügavusega mullaproovis O6 proovialal). Ülemises mullakihis oli hooghännaliste mitmekesisus suurim K6 alal ja sügavamas mullakihis O6 alal.

Tabel 2.13. Liikide arv, Shannon-Wiener'i ja Simpsoni mitmekesisuse indeksid sõltuvalt mullaproovi sügavusest 2013. aastal

Prooviala	0-5 cm			5-10 cm		
	S	H	D	S	H	D
O2	15	1,815	0,7895	9	1,659	0,7438
K2	13	1,669	0,7124	11	1,806	0,7747
O6	18	1,936	0,7371	17	2,375	0,8812
K6	15	2,259	0,8757	14	2,022	0,8369
O7	14	1,624	0,7246	13	1,909	0,8165
K7	10	1,644	0,7250	9	1,697	0,7494

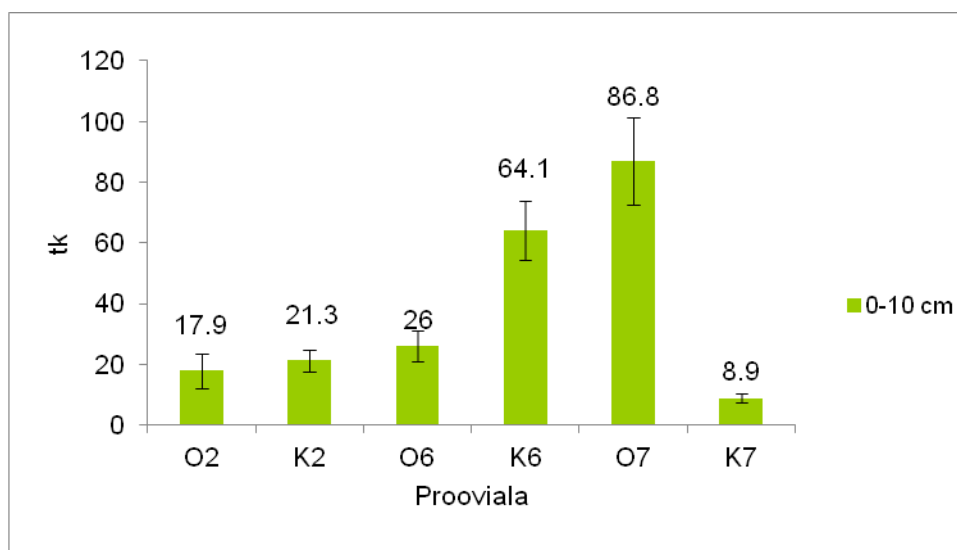
Keskmine	14,2± 1,1	1,825± 0,100	0,7607± 0,0255	12,2± 1,3	1,911± 0,108	0,8004± 0,0220
----------	--------------	-----------------	-------------------	--------------	-----------------	-------------------

Hooghännaliste keskmine arvukus oli suurem ülemises mullakihis (0-5 cm) ning suurim arvukus esines O7 proovialal ja madalaim keskmine arvukus oli värskest küntud K7 proovialal (Joonis2.11.). Kui üldiselt oli alumises kihis arvukus väiksem, siis erandiks oli siin Tartumaal paiknev künnipõhine K6 ning Jõgevamaal paiknev K7 ala, kus alumises kihis arvukus tõusis. K6 alal on selle põhjuseks värske vedelsõnniku lisamine mulda enne proovide kogumist ja on üldteada, et selline ootamatu mullaomaduste muutus mõjub hooghännaliste kooslusele negatiivselt ja nad liiguvad alumisse mullakihti. K7 alal on selline tendents seotud proovivõtmisele eelnenud künniga sellel põllul. Kahe kihi vaheline erinevus oli ka K2 alal tunduvalt väiksem kui otsekülvi aladel ja ilmselt mõjutab kündmine hooghännaliste arvukust sügavamates kihtides positiivselt just mulla parema õhustatuse tõttu.



Joonis 2.11. Hooghännaliste keskmine arvukus ($\pm$ SE, standardviga) kahel mullakihi sügavusel (0-5 cm; 5-10 cm) 2013. aastal

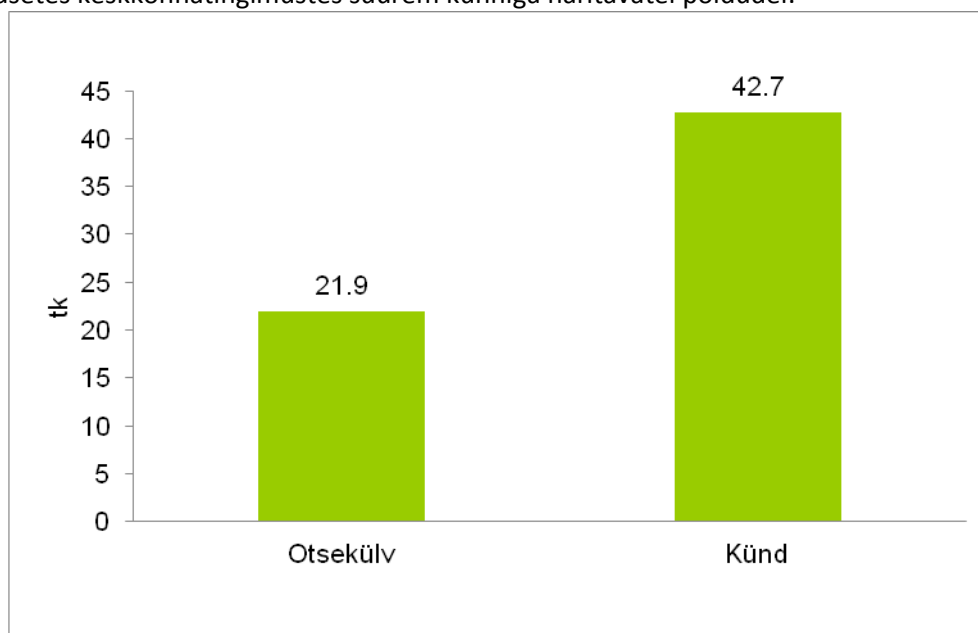
Kahe sügavuskihi summana oli suurim keskmine arvukus O7 proovialal ja madalaim K7 proovialal (Joonis2.12). 2013. a seirepõldude hooghännaliste arvukus on pigem suurem tavamullaharimisega põldudel (K2 ja K6), välja arvatud künnist mõjutatud K7 seireala. Eriti suur vahe ilmnes kahe harimisviisi vahel Tartumaa põldudel, kuid Viljandimaal oli vastav näitaja harimisviiside vahel statistiliselt mitteusutav. Samas hooghännaliste liikide arv on pigem suurem otsekülviga seirealadel, kuid erinevus ei ole statistiliselt usaldusväärne.



Joonis 2.12., Hooghännaliste keskmine arvukus ($\pm$ SE, standardviga) uurimisalade 0-10 cm mullakihis 2013. aastal

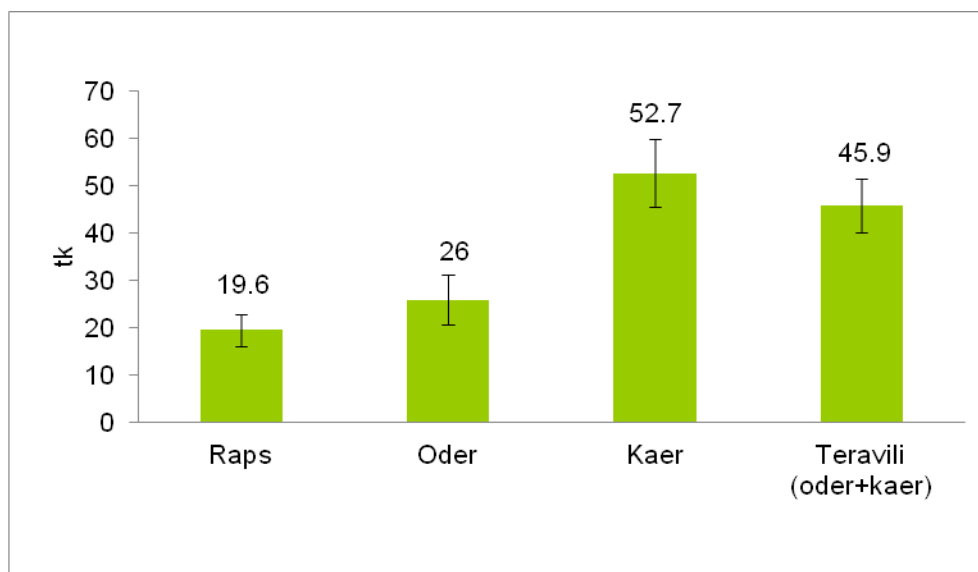
Joonisel 2.13. on esitatud hooghännaliste keskmine arvukus 0-10 cm mullakihis sõltuvalt mullaharimisviisist. Kuna prooviala K7 oli teistest proovialadest äärmiselt teistsugune (küntud prooviala), siis jäeti analüüsist välja nii K7

kui ka O7 seirealad. Nagu ka eelnevateelt joonistelt selgus, siis on hooghännaliste arvukus 0-10 cm sügavuses üldiselt võrdsetes keskkonnatingimustes suurem künniga haritavatel põldudel.



Joonis 2.13. Hooghännaliste keskmine arvukus 0-10 cm mullaproovis sõltuvalt harimisviisist 2013. aastal

Hooghännaliste keskmine arvukus erinevatel kultuuridel näitab, et madalaim arvukus oli rapsil ning suurim arvukus kaeral (Joonis 2.14.). Erinevused on ilmselt tingitud nii erinevast kultuurist kui ka lähtuvalt kasutatud agrotehnoloogiast.



Joonis 2.14. Hooghännaliste keskmine arvukus ($\pm$ SE, standardviga) 0-10 cm mullaproovis sõltuvalt kultuurist 2013. aastal

Kahel uuritud taimekaitsevahendi jäägil ilmnes üldine negatiivne mõju hooghännalistele: fungitsiid tebuconazole ja herbitsiid trifluralin. Sealjuures liigid, millede arvukus vähenes oluliselt neil põldudel, kus tuvastati fungitsiidi tebuconazole, asuvad just taimejuurte piirkonnas (*Isotomielle minor* ja *Folsomia candida*) ning herbitsiidi suhtes tundlikumad olid liigid, mis asustavad taimset varist või taimi (*Isotoma viridis* ja *Willowsia buski*). Kirjanduse põhjal on teada, et liik *Isotoma viridis* on enam levinud maheviljeluse põldudel, kuna antud liik on tundlik igasuguste herbitsiidide ja pestitsiidide suhtes (Alvarez, T., Frampton G.K., Goulson D., 2001).

3. Väetiste paigutamine sõltuvalt viljelustehnoloogiast

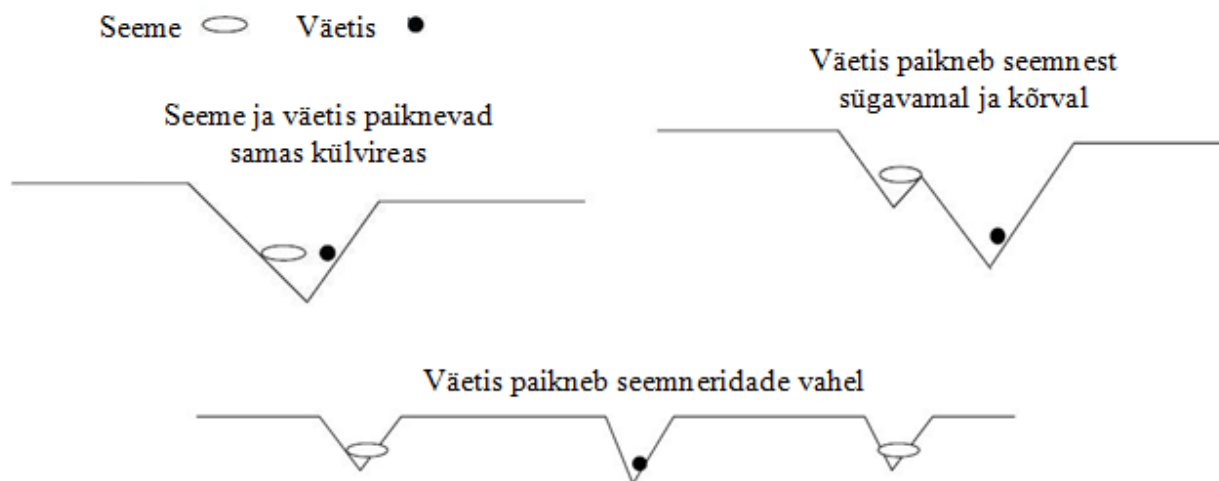
Põhitäitja: Raivo Vettik

3.1. Väetiste paigutamise viis

Põhilised väetiste paigutamise viisid otsekülvil (Fertilizer Placement in Direct Seeding, 2009) on:

- külvieelne ribasväetamine (sügisel või kevadel) - väetis paigutatakse ribadena 8–15 cm sügavusele mulda eraldi töökäiguga (mulda liigutatakse võimalikult vähe). Kasutatakse enamasti N-väetiste korral, sest meetod võimaldab vältida mõningaid idanemiskeskonna probleeme (ohtu seemet ja idu väetisega põletada) ja parandab logistikat suure väetisekoguse kasutamisel otsekülvil;
- seemnetega koos antud väetis (ühes reas) - granuleeritud või vedelväetis antakse koos seemnetega. See on tõhus meetod, kuid tuleb jälgida, et ei kahjustataks kultuuri seemneid ja taimi;
- külgrida (topeltreas) - seeme on paigutatud üksik- või paarisridadena kahele poole väetiseriba. Sõltuvalt mullastiku tingimustest saab mõõdukalt kuni suurt väetisekogust anda ühe töökäiguga ja samas idanevaid seemneid minimaalselt ohustades (st väetise ja seeme vaheline kaugus on 2,5–5 cm);
- vaherida (N-väetis) - väetise paigutamise meetod kõrge lämmastikunormi korral, et vähendada seemnete kahjustamist. Külvamise ajal pannakse väetiserida iga teise seemnereavahe keskele kasutades eraldi vaomoodustajat (tavaliselt ketas või sahk).

Kolm põhilist külviga samaaegse väetise paigutusviisi on kujutatud skeemil joonis 3.1 (Schoenau, 2003).



Joonis 3.1. Väetise põhilised paiknemisviisid külviaegsel väetamisel

3.2. Eri liiki väetistega paikväetamine

Mõned soovitused eri väetistega paikväetamisel kirjandusallika (Fertilizer Application and Placement, 2002) alusel.

Lämmastik - et vältida idanenud taimede kahjustusi, siis suur lämmastikukogus ei tohiks paikneda seemnete lähedal. Lämmastikväetised on kergesti lahustuvad ja niiskes mullas hästi liikuvad. Väetise tõhususe tagamiseks ei ole vajalik seemnele väga lähedale paigutamine. Kasutatavad paigutuse viisid on järgmised: hajusalt, külvieelselt ribadena, külviaegselt külgribana või vaheribana või külvireas.

Fosfor - fosforväetis ribana seemerea lähedal suurendab fosfori kasutuse efektiivsust vähendades P fikseerimisriski (sidumisriski). Vaatamata P kasutuse efektiivsuse suurenemisele on vajaduse katmine tavaliselt ikka kehvem kui lämmastikul ja kaaliumil. Fosforväetised ei ole mullas vabalt liikuvad. Fosfori paigutamine ribana idanevate taimede juurte lähedale on kõige tõhusam. Sügavamal külvirea all paiknemine võib parandada kättesaadavust kuivades tingimustes, sest väetis jääb kauemaks niiskesse juurtetsooni võrreldes külvireas

paiknemisega. Hajuslaotus koos muldasegamisega ei ole nii tõhus kui väetis paikneks ribana seemnete juures või nende lähedal. Hajuslaotusel peaks laotusnorm olema kaks kuni neli korda suurem väetise ribadena või külviritta paigutamisega võrreldes.

Kaalium - kaaliumväetise riba seemnerea all või kõrval soodustab tavaliselt varasemat taimede idanemist ja vähendab soolakahjustuse riski. Kaaliumi ribaslaotamine on tavaliselt efektiivsem hajuslaotusest, kuigi selle erinevuse olulisus väheneb kasutatava kaaliumikoguse suurenedes. Kaalium liigub mullas kergemini kui fosfor, kuid kaaliumi kasutus on tõhusam koos seemnetega või ribadena laotamisel. Hajuslaotusel peaks laotusnorm olema kahekordne võrreldes koos seemnetega laotamisega. Hajus- või ribaslaotus võib toimuda nii sügisel kui kevadel.

Väävel - sulfaadina on niiskes mullas kergesti liikuv. Seega lahustuvast sulfaatväetisest on väävel kättesaadav nii hajuslaotuse, külviga koos kui ka ribaslaotuse korral. Väävlit elemendina ja kipsi saab samuti kasutada väävelväetisena.

NPK ja mikroväetised - idanenud taimede kahjustuste vältimiseks tuleks mikroelementide koos NPK väetisega annustamisel paigutada väetis seemnetest ca 5 cm kaugusele.

3.3. Väetamisviiside eelised ja puudused

Väetamisel eristatakse hajuslaotust (muldasegamiseta, muldasegamisega), ribaslaotust ja starterväetamist (Robert L. Mahler, 2001).

1. Hajuslaotus (hajusväetamine) - väetise hajuslaotus tagab ühtlase jaotuse mulla pinnale, joonis 3.2.

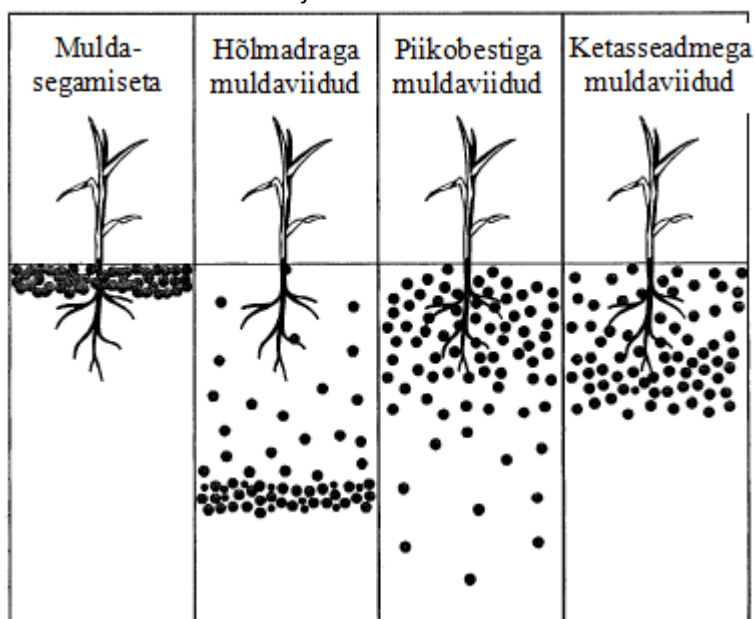
Hajusväetamine muldasegamiseta

Eelised:

- lihtne kasutada;
- tulemuseks on suhteliselt ühtlane väetise laotumine;
- laotusseadmed on odavad.

Puudused:

- palju väetist jääb kättesaadavaks umbrohtudele;
- muldaviimisega võrreldes suurenevad N kaod lendumise, denitrifikatsiooni ja erosiooni tõttu;
- N jõudmiseks taimede juurteni on vajalik vihmasead või niisutus;
- mitteliikuvad toitained (P, K ja mõned mikroelemendid) jäävad peaaegu täiesti pinnale, seetõttu on need kättesaamatud taimejuurestikule.



Joonis 3.2. Väetise paiknemine hajuslaotusel

Hajusväetamine ja muldaviimine hõlmadraga

Eelised:

- enamus väetist paigutatakse mullakihti, kus niiskus soodustab taimede toitumist;
- vähem väetist jääb kättesaadavaks umbrohtudele;
- väheneb tärkavate taimede põletuskahjustuste võimalus;
- suurendab üldine mullaviljakus;
- väheneb N väetise kadu lendumise ja erosiooniga.

Puudused:

- enamus väetist võib sattuda tärkanud taimede juurte jaoks liiga sügavale;
- sademeterohkel aastal suurendab N ja S leostumise võimalus;
- samaväärse saagi jaoks kulub rohkem väetist kui teiste hajuslaotuse viiside korral;
- suureneb võimalus toitainete fiksatsiooniks ehk sidumiseks (eriti P) võrreldes ribadena ja pinnalähedasema paigutusega;
- väetise muldasegamine nõuab lisaenergiat.

Hajusväetamine ja muldaviimine piikobestiga

Eelised:

- suures koguses väetist paigutatakse tärkavate taimede juurte piirkonda;
- soodustab kiiret nitrifikatsiooni (NH_4^+ muutub NO_3^- -ks);
- taimejäänused jäävad pindmisse mullakihti erosiooni kaitseks;
- vähendab N väetise lendumiskadu.

Puudused:

- väetis segatakse ainult 5–8 cm sügavusele mulda;
- tärkanud umbrohul on parem juurdepääs väetisele võrreldes künniga;
- märkimisväärne osa väetisest on pindmises, kuivamisaldis mullakihis ja seega võib osa toitaineid jääda juurtele kättesaamatuks;
- suureneb toitainete sidumine ribasväetamisega võrreldes.

Hajusväetamine ja muldaviimine ketasseadmega

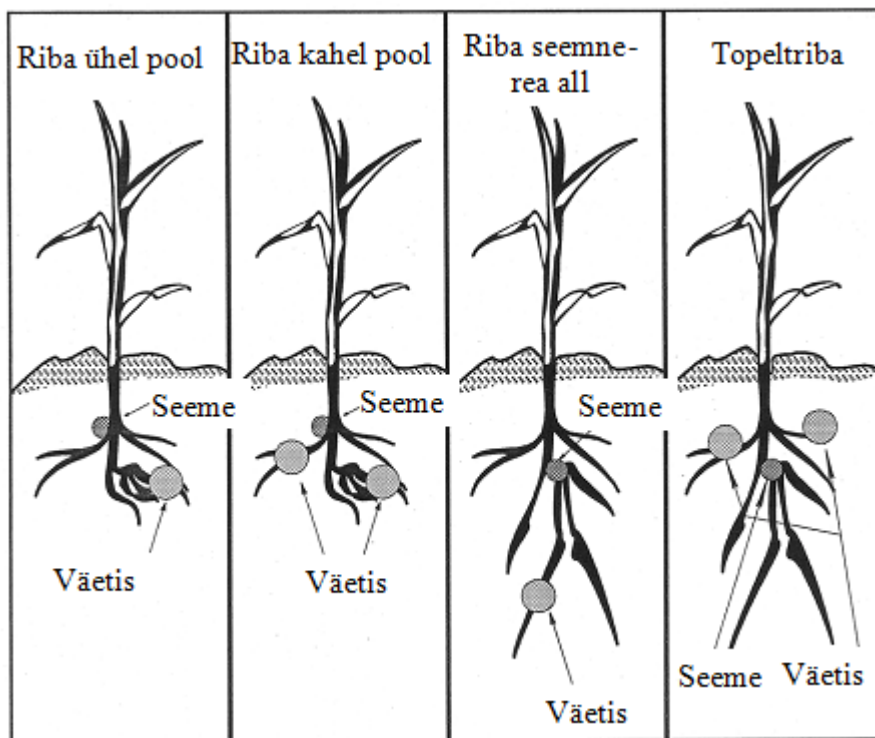
Eelised:

- osa väetist asetub tärkavate taimede juurte piirkonda;
- soodustab kiiret nitrifikatsiooni (NH_4^+ muutub NO_3^- -ks);
- tõhus orgaaniliste jäänuste mullaga segamine;
- väetis jaotatakse ülemisesse 8–10 cm sügavusesse mullakihti;
- vähenevad kaod lendumisele ja erosioonile pinnal paiknemisega võrreldes.

Puudused:

- soodustab P ja K sidumist;
- stimuleerib mõnede umbrohtude kasvu;
- võimalik on suurem N ja S leostumine pinnal paiknemisega võrreldes;
- vähe väetist paigutatakse sügavamale mulda, kust taimed toituvad hilisemal perioodil.

2. Ribaslaotus on väetise ribadena paigutamine alla- või ülespoole, ühele või mõlemale poole seemnete või istikute rida, joonis 3.3. Pärast külvi seemnerea kõrvale tehtav ribaviisiline mullapinnale või muldaviiv paigutus on külglaoitus. Kõiki taimetoitaineid, välja arvatud boor (B), saab edukalt ribadena laotada. Väetiseribad paiknevad vähemalt 5 cm kaugusel seemnest vältimaks põletusi ja ammoniaagi toksilisust.



Joonis 3.3. Väetise paiknemine ribaslaotusel

Eelised:

- väetis paikneb tärkavate taimede juurte lähedal ja toitained on kergemini kasutavad;
- annab põllukultuuridele täiendavalt toitaineid kui külglautus on tehtud kasvuperioodil;
- suurendab toitainete omastamise tõhusust;
- kulub vähem väetist kui hajuslaotusel;
- väetis paikneb nii, et on põllukultuurile paremini kättesaadav kui umbrohtudele;
- parandab kultuuri vastupidavust juurehaiguste vastu;
- võimaldab väetist anda nii koos külvi kui eraldi tööoperatsiooniga;
- toitained säilivad ka pinnase erosiooni korral;
- stimuleerib taimede varasemat kasvu, kuna suureneb P kättesaadavus;
- parem P ja K toitumine suurendab talvekindlust;
- väheneb P ja K sidumine, sest kokkupuuteala mullaga on piiratud.

Puudused:

- suureneb N ja S leostumine pinnale laotamisega võrreldes;
- väetise külviaegne andmine aeglustab külvitööd;
- vajab kallimaid seadmeid või seadmete modifitseerimist.

3. Starterväetamisel lisatakse väikeses koguses toitaineid otse seemne juurde. Starterväetise komponentideks on tavaliselt N ja P. N-, K- ja S-väetiste kõrge kontsentratsioon piirab kogust, mida saab kasutada starterväetamisel.

Eelised:

- väetis paikneb tärkavate taimede juurestiku piirkonnas kus toitaineid saab lihtsamalt kätte kuni seemnekeskkond on piisavalt niiske;
- väetis paikneb nii, et on põllukultuurile paremini kättesaadav kui umbrohtudele;
- pinnale laotamisega võrreldes väheneb erosioonist tingitud toitainete kadu;
- suureneb taimede varasema kasvu võime, sest P soodustab taimede elujõudu;
- piirab kokkupuute ala mullaga, vähendades P ja K sidumist;
- kiireneb seemnete idanemine märja ja külma mulla korral.

Puudused:

- suureneb N ja S leostumisest tingitud kadu;
- vajadus rohkem kui üks kord põllukultuuri väetada;
- liiga kontsentreeritud väetise korral oht seemnete põletuskahjustuseks;
- liiga kontsentreeritud N-i korral on tulemuseks seemnete ammoniaagitoksikoos.

4. Ilmastik

Põhitäitja: Jüri kadaja

4.1. Kasvuperioodi ilmastik

Katsekohtade ilmastiku iseloomustamiseks kasutati lähimate vaatluskohtade andmeid. Kasutatud vaatluskohad, nende kaugus katsest ja õhutemperatuuri, õhuniiskuse, sademete ja päikesepaiste kestuse käik dekaadide kaupa on välja toodud lisas 13.

Peamise kasvuperioodi (mai algusest juuli lõpuni) keskmiste ilmastikunäitajate poolest olid aastad 2012 ja 2014 suhteliselt sarnased (Lisa 13 tabel L13.1.), keskmiselt üle vaatluskohtade veidi normist soojemad, vastavalt 0,2 ja 0,6 °C (tabel 4.1.). 2012. a tingimused olid ühtlasemad, 2014. a esines periooditi suuremaid hälbeid nii madalamate kui kõrgemate temperatuuride suunas, eriti mais ja juuni alguses. Sademete poolest ületasid mõlemad kasvuperioodid normi. Piirkonniti olid erinevused siiski küllalt suured. 2012. a sai maist juulini sademeid rohkem Põhja-Eesti, 2014 a Tartu ja Jõgevamaa (Lisa 13, joonised L13.1-10). Päikesekiirgust oli 2012. a aastal keskmiselt veidi alla normi, 2014. a tänu pilvisele juunile olulisemalt vähem. Vegetatsiooni algus (temperatuuri püsiv üleminek üle 5 °C) saabus 2012. a valdavalt 20. aprillil, osas lõunapoolsetes asukohtades küll 8-9 päeva varem, kuid märgatavam efektiivsete temperatuuride kogunemine algas siiski alles peale 20. aprilli. Kuigi 2014. a talv oli alates veebruari keskelt valdavalt plusskraadides ja märtsis esines küllaltki sooje päevi, toimus temperatuuri püsiv üleminek üle 5 °C siiski vahemikus 6. kuni 18. aprillini. Viimasest kuupäevast algas üldiselt intensiivsem efektiivsete temperatuuride kogunemine, mis esialgu oli sel aastal teistest märgatavalt kiirem, kuid mai alguse külm periood nivelleeris selle eelise.

2013 a oli teistest kuivem, soojem ja päikeserohkem. Sademeid oli normist keskmiselt 49 mm vähem (piirkonniti 31 kuni 101 mm; Lisa 13 tabel L13.1.) ja temperatuur 2,4 °C kõrgem (1,8-2,7 °C). Normist kõrgema temperatuuri osas andsid peamise panuse mai ja juuni, põuasemad olid juuni ja eriti juuli (Lisa 13, joonised L13.1-10). Päikesepaiste kestust oli oluliselt üle normi juuni alguses ja juuli esimeses pooles. Kevadine temperatuuri üleminek üle 5 °C saabus sel aastal korraga kõikjal 16. aprillil, mõni päev pärast miinuskraadide lõppemist, ja kattus peaaegu täpselt lume lõpliku sulamisega. Efektiivsete temperatuuride summa kogunemine jäi tänu jahedale aprilli lõpule esialgu teistest aastatest maha, kuid jõudis mai esimese dekaadi lõpuks neile järele ja möödus.

Tabel 4.1. Keskmise õhutemperatuuri ning sademete ja päikesepaiste kestuse summade kõrvalekalded normist perioodil mai algusest juuli lõpuni

Aasta	Temperatuur, °C	Sademed, mm	Päikesepaiste kestus, h
2012	0,2	56,0	-5,0
2013	2,4	-62,8	49,2
2014	0,6	42,1	-57,4

4.2. Talvitumisperioodi ilmastik

2011/12 talv oli normijärgsest lühem, kestes detsembri lõpust märtsi keskpaigani (temperatuur püsivalt alla 0 °C). Talv oli lumerohke ja valdavas ulatuses soe, v.a külmaperiood jaanuari lõpust veebruari teise dekaadi alguseni. Muld jäi vähe külmunuks. Lumikate sulas märtsi viimase dekaadi keskpaigaks.

2012/13 talv ja lumikatte kestus olid tavapärasest pikemad. Temperatuur langes püsivalt alla 0 °C novembri lõpus ja tõusis plusspoolele alles aprilli teise dekaadi alguseks. Lumi sulas aprilli keskel, seega jäid talvituvad orased pikalt lume alla. Tavapärasega võrreldes iseloomustasid seda aastat soe veebruar ja külm märts. Ka detsember oli

tapavärsesest märgatavalt külmem. Tänu viimasele oli muld eelmise aastaga võrreldes rohkem külmunud. Talv oli samuti küllaltki lumerohke, suurim lumikatte paksus esines märtsis.

2013/2014 talv oli valdavalt soe. Oktoobri lõpust kuni jaanuari keskpaigani oli temperatuur kõrge, eriti detsembri lõpus ja jaanuari alguses, 6–9 °C üle normi. Talvist külma esines ainult jaanuari teisel poolel, kuni 10 °C alla normi. Veebruar ja märts olid erakordselt soojad. September ja oktoobri algus olid kuivapoolsed. Võrreldes normiga tuli 2–3-kordne kogus sademeid novembri esimesel dekaadil. Sademeterohke oli ka jaanuari 1. dekaad. Senised sademed tulid kas vihmana, või sulasid kõrge temperatuuri tõttu. Seetõttu esines jaanuari teise poole külmalaine lumeta või vähese lume tingimustes. Mõnevõrra üle normi esines sademeid veebruari ja märtsi keskel, kuid üldiselt oli periood veebruari algusest aprilli lõpuni kuivapoolne.

4.3. Talvised mulla-, maapinna- ja õhutemperatuuri mõõtmised katsetel.

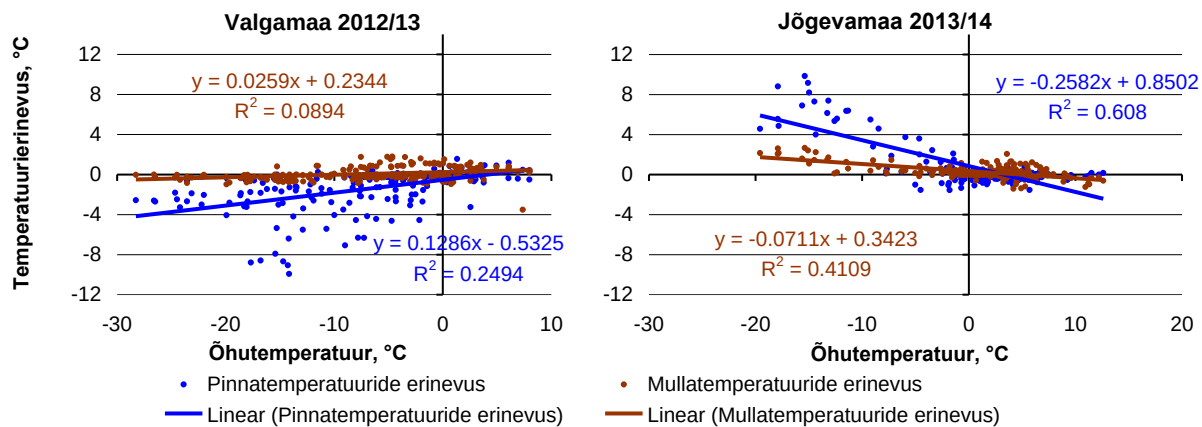
Talviseks perioodiks olid osale katsealadele paigutatud logerid koos mulla- (8–10 cm sügavusel), maapinna- (2 cm mullapinna kohal) ja õhutemperatuuri (2 m kõrgusel) anduritega. 2013. a toimusid Valgamaal ning 2014. a Jõgeva ja Põlva katsealal mõõtmised nii otsekülvi kui künnivariandil. Kuusikul mõõdeti igal aastal otsekülvil, Lõuna-Viljandimaal kahel viimasel aastal ja ka Põlvamaal olid andurid 2013. a väljas ainult otsekülvi variandil. Keskmine vahe põllul mõõdetud ja ilmastiku iseloomustamiseks kasutatud vaatlusjaamade õhutemperatuuri andmete vahel jäi vaadeldud perioodil valdavalt alla 0,21 °C, erandiks olid vaatlused Põlvamaal ja 2012/13 talvel Kuusikul. Keskmine põllul mõõdetud õhutemperatuur oli kõikjal ja kõigil aastatel kõrgem kui lähimas jaamas mõõdetu.

Perioodil oktoobri lõpust aprilli alguseni 2012/13 olid õhu ja maapinna temperatuurid vaatluskohtade vahel küllalt erinevad. Mõjutajaks oli sel aastal ilmselt lumikate. Tugevalt eristus teistest madalamate õhu- ja maapinna temperatuuridega Valgamaa (lisa 13 joon. L13.10). Sealjuures erines perioodi keskmine õhutemperatuur Tõlliste hüdromeetriaama poolt määratud ainult 0,015 °C. Võrreldes teiste vaatluskohtadega erinesid õhu- ja maapinnatemperatuuri käigud seal märgatavalt, talve algupoolel ei erinenud õhutemperatuur teistest asukohtadest kuigivõrd, maapinna temperatuur oli aga palju madalam. Talve teisel poolel olid suured erinevused just õhutemperatuurides, vahed maapinnatemperatuurides jäid väiksemaks. Mullatemperatuur langes kõikjal alla 0 °C, jäädes samas peaaegu kõikjal kõrgemaks kui -1 °C ja langeses ainult Kuusikul üksikutel päevadel alla selle piiri. Kõige kõrgemaks jäi mullatemperatuur Põlvas (minimaalselt -0,13 °C) olles seal miinustes alla kuu.

Lumevaesel 2013/14 talvel jäi keskmine õhutemperatuuri erinevus otsekülvipõldude vahel 0,5 °C piiridesse, madalam oli see Jõgeval ja Põlvas, kõrgem Lõuna-Viljandimaal. Maapinna temperatuurides olid erinevused veidi suuremad. Madalamad temperatuurid esinesid Kuusikul ja Jõgeval, mis avaldub eriti tugevamatel külmaperioodidel (lisa 13 joon. L13.10). Perioodi keskmine mullatemperatuur oli erinevate vaatluskohtade võrdluses kõige stabiilsem, ainult Lõuna-Viljandimaal oli see 0,3–0,4 °C teistest kõrgem.

Kuusiku kolme katseaasta õhu- maapinna- ja mullatemperatuuri võrdlus on toodud lisa 13 joon. L13.11.

Maapinna- ja mullatemperatuuride võrdlus otsekülvi ja künni vahel andis erinevaid tulemusi lumerohkel 2012/13 ja lumevaesel 2013/14 aastal (lisa 13 joon. L13.12). Sügisepoolsel perioodil oli kõigi kolme võrdlusvariandi korral temperatuuride vahe kõik veel sarnane, pinnatemperatuurides erinevust ei esinenud, muld oli otsekülvi põllul veidi soojem, maksimaalselt kuni 2 °C, miinimumtemperatuuri vaatlemisel kuni 3 °C. Olukord muutus külmalainete saabumisel. 2012/13 jäi Valgamaal külma saabumisel nii otsekülvi maapinna- kui ka mullatemperatuur künniga võrreldes madalamaks. 2013/14 saadi Jõgeval ja Põlvas hoopis teistsugused tulemused. Külmaperioodi vältel olid maapind ja muld otsekülvi põllul soojemad. Nii negatiivsed trendid 2013/14 kui ka positiivsed trendid 2012/13 olid 0,01 tõenäosuse nivoo juures olulised (joon 4.1.). Seega võib nende aastate andmete põhjal järeldada, et võrreldes künniga hoiab otsekülv külmaperioodidel palja maa korral mullapinna- ja mullatemperatuuri kõrgema, lumikatte esinemisel aga alandab neid temperatuure.



Joonis 4.1. Otsekülvi ja künni vahelised erinevused maapinna ja mullatemperatuurides sõltuvana õhutemperatuurist.

5. Produktiivsus, saagikus ja saagi kvaliteet

5.1. Lehepinna indeksi mõõtmised.

Põhitäitja: Jüri Kadaja

Fotosünteesiliselt aktiivse kiirgus ja lehepinna indeksi (LAI) mõõtmised tehti ADC mõõteseadme SunScan Analysis System abil. Mõõtmisi tehti, kui taimkate oli välja arenenud ja lehepinda võib pidada lähedasteks maksimaalsele. (2012. a 3-4. juuli, 2013. a 28. juunil ja hilisemad külvid Jõgeval ning Pärnumaal ja raps Põhja-Viljandimaal 9. juulil, 2014. a Jõgeval 11. juunil ja Kuusikul kõigil aastatel 17. või 18. juunil). Mõõtmisi tehti kahe või kolme paralleelse seeria piki künniridu, igas seerias vähemalt vastavalt 20 või 15 mõõtmist. Igal katsealal esines seeriaid, mis erinesid omavahel enam kui standardvigade võrra. Seeriade vaheliste erinevuste põhjal olid künnipõhised põllud üldiselt homogeensemad, kui otsekülvipõllud (reeglina kehtib see ka seeriasiseste varieeruvuste alusel). Kõige heterogeensemad olid põllud 2012. a Harjumaal ja 2013. a Pärnumaal.

Nagu tabelist 5.1 nähtub, omasid külvid otsekülvipõldudel valdavalt suuremaid lehepindasid. Küsitav on muidugi, kui palju sellest langeb umbrohtude arvele. Näiteks Soone Farmi otsekülvi nisupõld oli tugevalt umbrohtunud madalate umbrohtudega, eriti ise külvunud rapsi taimedega. Tabelis 5.1 toodud andmed on saadud mõõtmistest umbrohu kohal. Paralleelselt tehti mõõtmised ka maapinnal umbrohu all, mis andis summaarseks LAI väärtuseks 6,64. Seega võib hinnata, et ligi pool kogu taimiku lehepinnast langes umbrohtude arvele. Veidi ületas künni lehepind otsekülvi oma mõlemal rapsi võrdlusel. Kuusiku pikaajalise katse korral andis kolme aasta mõõtmistulemuste keskmine mõlema harimisviisi puhul talinisule peaaegu võrdsed LAI väärtused.

Tabel 5.1. Lehepinna indeksi (LAI) mõõtmiste tulemused.

Piirkond	Kultuur	2012		Kultuur	2013		Kultuur	2014	
		Otsekülv	Künd		Otsekülv	Künd		Otsekülv	Künd
Harjumaa	suviniisu	2,53	2,19						
Pärnumaa				oder	3,49	1,75			
P-Viljandi	oder	4,87	3,32	raps	2,91	3,03			
Jõgevamaa				kaer	3,53	2,36	taliniisu	3,92	3,56
Tartumaa				s.nisu/kaer	3,33	4,64			
L-Viljandi	raps	3,51	3,61	taliniisu	4,33	3,08			
Põlvamaa	raps		2,81	taliniisu	2,41	1,86			
Valgamaa	taliniisu	4,72	3,33	kaer	6,83	3,84			
Raplamaa	taliniisu	5,51	6,57	taliniisu	5,02	5,03	taliniisu	4,66	3,71

5.2. Katsepõldude saagikused

Põhititjad: Kalvi Tamm, Raivo Vettik, Taavi Võsa, Liina Edesi, Elina Akk

Maailmas toimunud uuringutes on teadlased ning tootjad otsekülvi ja künni tehnoloogiate võrdlemisel ühe kriteeriumina hinnanud ka põllukultuuride saagikust. Näiteks Norras aastatel 1993–1996 läbiviidud suviteravilja põhise külvikorruga katsetes oli sügiskünnil põldude saagikus 1200 kg ha⁻¹ võrra kõrgem kui otsekülvil (Semb Tørresen et al., 1999). 1983–2012 Rootsis korraldatud katsete andmete analüüs näitab, et keskmiselt oli otsekülvil võrreldes künniga 9,8% madalam saagikus (Arvidsson et al., 2014). Paljude uuringute tulemusel on selgunud, et Põhja-Euroopas ületavad otsekülvi põldude saagikused harva künnipõhiste põldude saagikusi (Soane et al., 2012).

Käesolevas uuringus võeti bioloogilise saagikuste määramiseks võeti igalt tootmispõllult randomiseeritud valikul saagiproovid kolmest kohast. Kuusiku katsevariantidelt võeti saagiproovid neljas korduses. Ühe-ruutmeetri suurustelt lappidelt lõigati vihud maast 5 cm kõrguselt. Vihud kaaluti ja peksti.

Terade saastatuse määramiseks mükotoksiinide ja hallituseentega võeti samuti saagiproovid, millest samuti määrati bioloogiline saak. Saagiproovid võeti teraviljapõldude katsealalt randomiseeritud valikul kaheksast erinevast kohast 0,25 m² vihuproovidena.

Saagiproovide võtmise ajaks oli teravili valminud, kasvufaasis BBCH 89. Mõlemal juhul kuivatati ja määrati eraldi iga saagiproovi terade kuivainesisaldus ja mass ning arvutati saagikus standardniiskusele – 14%. Mõlemal juhul võetud saagiproovide andmeid kasutati keskmiste saagikuste ja piirdiferentside määramisel.

Perioodi mai kuni august keskmiste ilmastiku näitajate poolest olid aastad 2012 ja 2014 suhteliselt sarnased. Keskmiselt üle vaatluskohtade vastas 2012. a temperatuur sel perioodil normile (14.1-15.1 °C), 2014. a oli 0.7 °C üle normi. Sademeid oli mõlemal aastal üle normi, 2012. a keskmiselt 71 mm ja 2014. a 99 mm (norm eri piirkondades 249-296 mm). 2012. a tingimused olid ühtlasemad, 2014. a esines periooditi suuremaid hälbeid nii alla kui üle normi. 2013. a oli teistest kuivem ja soojem. Sademeid oli normist keskmiselt 66 mm vähem (piirkonniti 45 kuni 106 mm) ja temperatuur 2.1 °C kõrgem (1.5-2.4 °C). Normist kõrgema temperatuuri osas andsid peamise panuse mai ja juuni, põuasemad olid juuni ja eriti juuli. Seetõttu oli 2013. aasta ilmastikul oluline mõju talinisu saagile ja ka kultuuride keskmisena jäid saagid 2013. aastal 514 kg võrra madalamaks võrreldes kolme aasta keskmisega. Aastate 2012-2014 keskmised saagikused olid vastavalt 4996, 4415 ja 5317 kg ha⁻¹.

Erinevate viljelustehnoloogiate mõju võrdlemisel saagikustele selgus, et otsekülvi põldude kolme aasta keskmine saagikus kujunes mõnevõrra kõrgemaks võrreldes künnipõhiste põldudega – vastavalt 4860 ja 4530 kg ha⁻¹. Kultuuride kaupa võrreldes osutus suviõdra otsekülvipõldudel keskmine saagikus künnipõldudest madalamaks (tabel 5.2). Suurim erinevuse viljelusviiside vahel oli talinisu saagikuses, olles otsekülvil keskmiselt 1389 kg ha⁻¹ kõrgem kui künnil. Siin võib leida sarnast mustrit Arvidssoni jt (2014) uuringutulemustega, kus leiti, et aastate 1983–2012 keskmisena oli Rootsis võrreldes künniga otsekülvi taliviljadel väiksem saagilangus kui suviviljadel.

Kokkuvõtte: saagikuste analüüs näitas, et käesolevas uuringus oli otsekülvil talinisu saagikusele oluliselt positiivsem mõju võrreldes künniga. Kaeral, suvinisul ja suviõdral ei olnud saagierinevused erinevate viljelusviiside võrdluses olulised.

Tabel 5.2. Katsepõldudel kasvatatud teraviljade keskmised saagikused aastatel 2012-2014, kg ha⁻¹

Piirkond	Viljelusviis	Suviõder	Suvinisu	Talinisu	Kaer
Põhja-Viljandimaa	Otsekülv	4040 ^a	5421 ^a		
	Künd	3764 ^a	5898 ^a		
Lõuna-Viljandimaa	Otsekülv	4463 ^a		4966 ^a	
	Künd	4698 ^a		4087 ^a	
Valgamaa	Otsekülv			6428 ^a	5135 ^a
	Künd			4202 ^b	3939 ^b
Harjumaa	Otsekülv		5610 ^a		
	Künd		4181 ^b		
Põlvamaa	Otsekülv	5414 ^a		4962 ^a	
	Künd	5884 ^a		3568 ^a	
Jõgevamaa	Otsekülv			6573 ^a	2528 ^a
	Künd			4643 ^b	2482 ^a
Tartumaa	Otsekülv		4190		
	Künd				4954
Raplamaa	Otsekülv			6526 ^a	
	Künd			6009 ^a	
Keskmine	Otsekülv	4639	5074	5891	3832
	Künd	4782	5040	4502	3792

Erinevad tähed näitavad statistiliselt usutavat erinevust (p<0,05) viljelusviiside vahel.

5.3. Ilmastikunäitajate ja saagikuse korrelatsioonid

Põhitäitja: Jüri Kadaja

Saakidega korreleeriti positiivsete, efektiivsete üle 5 °C ja aktiivsete üle 10 °C temperatuuride summasid ja sademete summasid perioodide kohta, mil samad temperatuuriläved olid ületatud. Vaatluse alla võeti: kogu periood külvist koristuseni (Lisa 13 tabel L13.2.), külvide maas oleku periood saagiaastal, erinevad ajavahemikud aprilli algusest kuni augusti lõpuni (perioodi algust ja lõppu muudeti 10 päevaste sammudega, kokku 120 varianti).

Analüüsiti proovide alusel määratud bioloogilise saagikuse andmeid. Selleks, et võrrelda erinevate kultuuride saagikusi, viidi need üle energeetilistesse ühikutesse kasutades Feedipedia's (<http://www.feedipedia.org/>) toodud kogu energia sisaldusi: raps 28,8, kaer 19,5, oder 18,4 ja nisu 18,2 MJ kg kuivaine kohta. Eraldi korreleeriti otsekülvi ja künnivariantide saagikused ning nende vahelised saagikuse erinevused. Sama analüüs korralditi ka talinisu kohta, mille esindatus andmestikus oli kõige suurem.

Kogu kasvuperioodi temperatuuri ja sademete summad on saagikusega positiivses korrelatsioonis (Tabel 5.3). Kõige nõrgemad korrelatsioonid saadi aktiivse kasvuperioodi (>10 °C) korral. Sademete summade korrelatsioonid saagikustega on valdavalt statistiliselt olulised, künnivariantide saagikustel esinevad tugevamad seosed efektiivsete, otsekülvi variantidel positiivsete summadega. Ka talinisu korral on kõik korrelatsioonikordajad positiivsed ja positiivsete temperatuurisummade korral suuremadki kui üldkogumi korral, kuid kuna read on lühemad, jäävad need väärtused siiski alla olulisuse piiri. Tendents, et nii kasvuperioodi jooksul kogutud soojussummade kui ka sademete summade suurenemisega kaasneb saagikuse suurenemine, kehtivad antud väikese valimite piires ka kaera ja ainult sademete summade osas odra korral, suvinisu korral on tendentsid mõlema näitajaga negatiivsed.

Tabel 5.3. Saagikuse korrelatsioonikordajad (poolpaksult statistiliselt olulised) erinevate temperatuuri ja sademete summadega külvist koristuseni. Ka sademed on summeeritud vaid nendest päevades, mil ööpäeva keskmine temperatuur ületas vaastava lävitemperatuuri T.

		T > 0 °C		T > 5 °C		T > 10 °C	
Harimine		Positiivsete temperatuuride summa	Sademetesumma	Efektiivsete temperatuuride summa	Sademetesumma	Aktiivsete temperatuuride summa	Sademetesumma
Kõik külvid	Otsekülv	0,581	0,669	0,353	0,621	0,290	0,310
	Künd	0,433	0,531	0,412	0,641	0,301	0,511
Talinisu	Otsekülv	0,628	0,528	0,113	0,362	0,199	0,168
	Künd	0,736	0,470	0,403	0,411	0,245	0,270

Otsekülvi ja künni saagikuste vahede korrelatsioonid ilmastikunäitajatega jäid nõrkadeks nii üldkogumi kui talinisu korral. Samuti jäid alla olulisuse piiri saagikuste korrelatsioonikordajad kogu selle perioodi ilmastiku näitajatega, mil külvi oli saagiaastal maas.

Kindla pikkusega perioodide vaatlemisel omab temperatuuri kasv saagile valdavalt negatiivset mõju. Enamus kuust ajast pikemaid perioode, mis algavad enne juuni viimast dekaadi, annavad erinevate temperatuurisummade ja saagikuste vahel olulisi negatiivseid korrelatsioone. Otsekülvi korral esinevad tugevaimad negatiivsed seosed temperatuurisummadega mai teisest poolest juuli lõpuni. Künni korral esinevad tugevaimad seosed juunist keskelt juuli lõpuni ja need ületavad mõnevõrra vastavaid näitajaid otsekülvi korral.

Erinevate perioodide sademete summade korrelatsioonid on saagikustega positiivsed. Otsekülvi korral ületavad need seosed olulisuse nivoo ainult üksikjuhtudel, mis enamasti vastavad lühikestele perioodidele. Künni korral on olulisi korrelatsioone rohkem ja need on tugevamad. Peamiselt hõlmavad need sademete summasid mai teisest poolest ja juuni algusest augusti. Kuna ka temperatuurisummadega ületavad künnivariantide saagikuste korrelatsioonikordajad otsekülvi variantide omi, võib järeldada, et künni sõltuvus ilmastikust on suurem, kui seda on otsekülvil.

Üldine tendents säilib ka talinisu korral, erinevate perioodide temperatuurisummad on saagikusega valdavamalt negatiivses ja sademete summad positiivses korrelatsioonis. Temperatuurisummadel esinevad tugevaimad korrelatsioonid künnivariandiga, seda aprilli teisest dekaadist mai kolmandasse. Otsekülvi korral katab maksimaalne negatiivne korrelatsioon hilisema perioodi, mai lõpust juuli teise poole, kuid arvukalt on ka pikemaajalisi olulisi

korrelatsioone aprillist ja mai algusest, mida künnivariandi puhul ei esine. Talinisu saagikuse olulised seosed sademete summadega on episoodilised ja esinevad üksikutel lühematel perioodide. Arvestatavaid tulemusi ei anna talinisu korral ka otsekülvi ja künni saagi vahede võrdlemine erinevate temperatuuri ja sademete summadega. Üksikuid olulisi korrelatsioone esineb ainult lühiajaliste perioodide summadega. Talinisu korral prevaleerib nii temperatuuri kui sademete summade korral suundumus positiivsetele korrelatsioonidele, üldkogumi korral pigem negatiivsematele.

5.4. Viljelustehnoloogia mõju talinisu saagile.

Põhitäitja: Peeter Viil

Pikaajalises komplekskatses oli 2014 aastal talinisu „Skagen“ eelviljaks teise kasutusaasta põldhein. Pärast esimese niite koristamist purustati tavatehnoloogia variandis kamar nugaäkkega 8...10 cm sügavuselt. Künd toimus augusti esimesel dekaadil 22...25 cm sügavuselt. Enne külvi hariti lausharimiskultivaatoriga kaks korda (8...10 cm ja 5...8 cm sügavuselt). Otsekülvi variandis pritsiti ädalat augusti esimesel dekaadil glüfosaadiga (toimeainet 1,44 kg/ha). Külvati septembri esimesel viispäevakul 400 idanevat seemet ruutmeetrile. Katse tehti neljas korduses, lapi suurus oli 50 m². Saagid on toodud 14 % niiskusega (tabel 5.4).

Tabel 5.4. Talinisu „Skagen“ teradesaak statsionaarkatses Kuusikul (2012-2014)

Tehnoloogia	Saak t/ha	Otsekülvi mõju t/ha	%	PD _{0,05}
Mineraalväetiste foonil				
Tavatehnoloogia	5,93	-	-	
Otsekülv	6,34	0,41	6,9	0,73
Mineraalväetiste+vedelsõnniku foonil				
Tavatehnoloogia	6,09	-	-	
Otsekülv	6,71	0,62	10,2	0,55

Otsekülvil kujunes saak suuremaks kui tavatehnoloogia kasutamisel. Usutavaks saab seda aga pidada ainult integreeritud väetamisel (mineraalväetised+vedelsõnnik).

Uuriti ka otsekülvi mõju erinevate talinisu sortide saagikusele. Katse korraldati 2014 saagiaastal Põlvamaal leetunud saviliivmullal. Kasutati külvikut Cross Slot (Eestis töötab kolm külvikut), mille omapäraks on see, et seeme ja väetis viiakse mulda üheaegselt samale sügavusele, kuid üksteisest eraldi. Seemnete ja väetiste vahekaugus 2-3 cm. Eelviljaks oli oder, külvisemääraks 400 idanevat seemet ruutmeetrile. Saagid kujunesid järgmiseks (tabel 5.5).

Tabel 5.5. Otsekülvi mõju erinevate talinisu sortide saagile

Sort	Otsekülvi saak t ha ⁻¹	Otsekülvi ja künnivariandi saakide suhe
„Genius“	7,44	1,00
„Torrild“	7,3	0,98
„Skagen“	7,1	0,95
„LIA 0044“	7,1	0,95
„Ada“	6,8	0,91
„Magnific“	6,7	0,90
„Ramiro“	6,6	0,89

Antud katse näitab, et otsekülvil on sordil oluline osa saagi kujunemisele. Selles valdkonnas tuleks uuringuid kindlasti jätkata ning laiendada ka teistele kultuuridele.

5.5. Saagi saastatus hallitusseente ja mükotoksiinidega

Põhitäitja: Elina Akk

Üheks künnitehnoloogia eeliseks loetakse argumenti, et selliselt kasvatatud teraviljasaagid on vähem saastunud patogeensete hallitusseente poolt toodetud mükotoksiinidega. Projekti eesmärkideks oli:

1. selgitada künnipõhise ja otsekülvi tehnoloogia mõju teraviljade saagis hallitusseente liikidele, peamiselt *Fusarium* spp., ja taimehaiguste esinemisele teradel;
2. uurida teravilja saakides mükotoksiinide DON, HT2 ja T2 esinemist künnipõhise ja otsekülvi tehnoloogiate võrdluses.

Saagikuse, hallitusseente ja mükotoksiinide määramiseks võeti teraviljade vihaproovid täisküpsuse faasis (BBCH 89) kõikidel põldudel kuuest kohast 0,25 m² ning ühest kohast 0,5 m² suuruselt alalt. Vihaproovidest loeti taimede arv, produktiivvõrsete arv, eraldati terad, kaaluti 1000 tera mass, määrati terade kuivaine ja saadud näitajate alusel arvutati bioloogiline saagikus 86% kuivaine sisalduse juures. Hallitusseente, peamiselt *Fusarium* spp., määramiseks moodustati seitsmest vihaproovist keskmine proov, millest võeti 3 korduses ehk 33+33+34 tera (kokku 100 tera) analüüsiks ja asetati selektiivsöötmele (CZID, Difco™). Hallitusseeni kasvatati Petri tassidel 20 kraadi juures ööpäeva režiimil. 7 päeva pärast loendati proovides terad millel hallitusseened olid kasvama läinud ja tehti fotod. Seejärel isoleeriti hallitusseened kartulitärklise (PDA, Difco™) söötmele, millel neid kasvatati 7 päeva pimedas 25 kraadi juures. Nüüd eraldati isolaadid PDA söötmele, millel neid kasvatati 7 päeva 25 kraadi juures. Hallitusseente liigid määrati morfoloogiliste tunnuste ja mikroskoopi abil kasutades Leslie ja Summerell ning Watanabe määrajaid (Leslie ja Summerell, 2006.)

Mükotoksiinide analüüsid. Käesoleva projekti raames määrati mükotoksiinide DON, HT2 ja T2 sisaldusi teravilja saakides. Määramiseks analüüsiti vihaproovidest kogutud terasaake gaaskromatograaf-massidetektoriga (GC-MS). Proovide ettevalmistamine ja analüüsimine toimus vastavalt Saloniemi (1997) metoodikale. Toksiinide määramispiir madalale kontsentratsioonile oli 73,5-262,5 µg kg⁻¹ ning ülemisele kontsentratsioonile 525,0-2100 µg kg⁻¹. Euroopa Liidu Komisjoni määruses (EÜ) nr 1881/2006, (19 detsember 2006) on töötlemata teraviljale maksimaalseks mükotoksiini DON piirmäärad ks nimetatud (v.a kaer) kuni 1270 µg kg⁻¹ ning kaeras 1750 µg kg⁻¹. Toksiinidele HT2 ja T2 piirmäärasid veel kehtestatud pole.

Andmed töödeldi statistika tarkvaraga R ja Excel 2003. Saakide võrdlemisel kasutati t-testi, kus usalduspiiriks oli p<0,05. Künni-ja otsekülvi tehnoloogia mõju võrdlemisel hallitusseente, sealhulgas *Fusarium* spp., esinemissagedusele kasutati chi testi, kus usalduspiiriks oli samuti p<0,05. Mükotoksiinide tulemusi võrreldi t-testiga, usalduspiiriks p<0,05.

Tulemused

Künnipõhise ja otsekülvi tehnoloogia võrdlev mõju teraviljade saagis hallitusseente esinemisele

2012 aastal esines teradel valdavalt „musti“ hallitusseeni. „Mustadeks“ hallitusseenteks nimetatakse seeni, mis põhjustavad teravilja tumenemist. Mustadest hallitusseentest domineerisid *Alternaria* spp. erinevad liigid ja *Epicoccum nigrum*. *Fusarium* seentest olid levinumad otsekülvi saakides *F. semitectum* ning künnipõhiste põldude saakides *F. culmorum* ning *F. sporotrichioides*. Kõige enam hallitusseeni leiti Harjumaal kasvatatud suvinisu teradel- 46%. Vähe hallitusseeni esines Viljandimaal kasvatatud odra teradel, 21%. Viljandimaal künnipõhiselt kasvatatud odra saagis oli hallitusseente esinemissagedus kõrgem kui otsekülvi viljelusviisiga kasvatatud odra saagis. Valgamaal talinisu saakides oli hallitusseente esinemine vastupidine – otsekülvi talinisu saagis oli hallitusseente esinemissagedus 20% võrra kõrgem kui künnipõhiselt kasvatatud talinisu saagis.

2013 aastal esines teradel mustade hallitusseente ülekaal. Kuid ka *Fusarium* seened olid esindatud. Otsekülvi ja künnitehnoloogiate võrdluses mustade hallitusseente esinemissageduste vahel erinevusi polnud. *Fusarium* seeni esines aga erinevalt. Künnipõhiste põldude saakides leidsime põhiliselt liike *F. semitectum* ja *F. tricinctum*. Otsekülvi põldude saakides oli valdavaks liik *F. sporotrichioides*.

2014 aastal domineerisid teradel mustad hallitusseened. Peale *Alternaria* spp., *Epicoccum* spp. esines veel liike *Cohliobolus sativus* ja *Phoma* spp. *Fusarium* seente liikidest esinesid künnipõhise tehnoloogiaga põldude saakides *F. culmorum* ja *F. tricinctum*. Otsekülvi tehnoloogiaga põldudelt pärit saakides esinesid *F. poae* ja *F. tricinctum*.

Järeldused:

- hallituseentest esinesid teravilja saakides põhiliselt liigid *Alternaria* perekonnast ja *Epicoccum nigrum*. Mustadest hallituseentest esinesid veel *Cladospodium*, *Phoma* ja *Cochliobolus* perekonna seeni. Kuid nende esinemine sõltus aastast ehk kasvuaja ilmastikust. Ilmnes nõrk seos, et liiki *Cochliobolus sativus* võib enam esineda otsekülvi põldudel (usutavus $p < 0,05$).
- Harimistehnoloogia võib mõjutada *Fusarium* seente esinemist teradel. Meie uuringus ilmnes seos, et künnipõhise tehnoloogiaga põldude saakides domineerisid liigid *F. culmorum* ning *F. tricinctum* ning otsekülvitehnoloogiaga põldude saakides esines liik *F. sporotrichioides*.
- Hallituseente esinemist teradel mõjutasid eelkõige kasvuaja ilmastik (aasta mõju) ja ettevõtte piirkond, nõrgemalt harimistehnoloogia.

Teravilja saagis mükotoksiinide DON, HT2 ja T2 esinemine künnipõhise ja otsekülvi tehnoloogiate võrdluses

2012 aastal esines toksiini DON ja HT2 100% saagiproovides. Mükotoksiini T2 leiti 83% saagiproovides. Oluliseks faktoriks kujunes koristusaeg, nii sisaldas 2012 aastal hilinevad koristusega Valgamaa talinisu saak künnivariandis kõrge koguse toksiini DON, 527,7 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Ka Harjumaal hilines halbade ilmastikutingimuste tõttu suvinisu koristus. Harjumaalt pärit suvinisu saagis esines kõrge kontsentratsiooniga toksiini DON nii otsekülvi kui künnipõhise harimisega kasvatatud suvinisu saagis, vastavalt otsekülvi põllult pärit saagis oli DON sisaldus 155,8 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ja künnipõhise põllu saagis 99,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Toksiinide HT2 ja T2 leiti saagiproovides väga väikesed kogused, mis jäid allapoole määramispiiri.

2013 aastal esines saagiproovides toksiini DON 92% proovides, kuid HT2 ja T2 üksikutes proovides, vastavalt 3 ja 2 proovis. Proovidest leitud toksiinide sisaldused olid aga väga väikesed ja jäid alla määramispiiri (määramispiiriks oli 73,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$).

2014 aastal esines toksiini DON 80% proovides. Seejuures HT2 toksiini esines 3 proovis ja T2 toksiini 5 proovis. Põlvamaa otsekülvi ja künnipõhise tehnoloogiaga suviõdra põldude saakidest leidsime toksiini DON sisaldusega 296,18 $\mu\text{g kg}^{-1}$ otsekülvi põllusaagist ning künnipõhise põllu saagis oli DON sisaldus 112,02 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Otsekülvi põllu puhul külvati sügisel vahekultuuriks segukülv (mais, hernes, vikk, keerispea, tatar, suvirüps) ning kevadel oder ristiku allakülviga. Taimik oli väga tihe. Vahekultuuride ja ristiku allakülvi kasutamise puhul soodustatakse *Fusarium* seente arenemist mullas (suurenenud orgaanilise aine hulk) ja levimist teradele. Künnipõhise põllu puhul oli tegemist hästi väetatud ja tiheda taimikuga, mis lamandus enne vilja küpsemist. Vili oli lamandunud ja kokkupuutes mullaga mis soodustas hallituseente, sealhulgas *Fusarium* seente, kasvamist teradel ning seeläbi toksiinidega saastumise.

Järeldused: Kolme aasta andmete põhjal selgus,

- et harimistehnoloogia ei mõjutanud statistiliselt oluliselt mükotoksiinide DON, HT2 ja T2 esinemissagedust ja sisaldusi teraviljade saakides. Määramispiirist, mis oli 75 $\mu\text{g kg}^{-1}$, kõrgemaid toksiinide sisaldusi leiti teravilja saakides, mis olid hilinevad koristamisega, lamandunud või kasutatud vahekultuure mulla orgaanilise aine suurendamiseks.
- Uuritud mükotoksiinidest leiti otsekülvi põldude saagiproovidest toksiini DON 2012 aastal keskmiselt koguses 155,8 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ja 2014 aastal keskmiselt 296,2 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Künnipõhise tehnoloogiaga põldude saagiproovidest leiti toksiini DON 2012 aastal keskmises koguses 314,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ning 2014 aastal koguses 112,0 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Koristamisega vihm soodustas toksiini DON tekkimist saakides. Toksiini HT2 ja T2 tuvastati väga madalates kogustes.
- Ilmnes tendents, et nelja teraviljaliigi (talinisu, suviõder, suvinisu ja kaer) võrdluses esines kõige sagedamini mükotoksiini T2 suviõdra saagis.

6. Taimekahjustajad

6.1. Viljelustehnoloogia mõju taimehaiguste esinemisele.

Põhitäitja: Pille Sooväli

Eesmärgiks oli selgitada viljelustehnoloogia mõju taimehaigustele, taimekahjurite esinemisele ja umbrohtumisele ning analüüsida taimekahjustajate tõrjemeetodeid erinevate tehnoloogiate korral.

Projekt algas 2012.a., seega hinnati katsepõldudel taimehaigusi kolmel kasvuhooajal, mis on põhjalike järelduste tegemiseks liiga lühike aeg. Teraviljadel olid vaatlusobjektideks juuremädanik (põhjustab valgepähkust), lehestiku haigused (kõrreliste jahukaste, helelaiksus, nisu-pruunlaiksus, võrklaiksus, kõrreliste pruunlaiksus ja odra kollane

käabusviirus) ja pähikutel esinev fusarioos. Rapsil selgitati ebajahukaste, kuivlaiksuse, valgemaädaniku ja hahkhallituse esinemine erinevate viljelusmeetodite korral.

Nii otsekülvi, minimeeritud harimise kui kündmise puhul mõjutavad taimehaiguste esinemist oluliselt: 1) kultuurid kui haigustekitajate peremeestaimed, 2) erineva haiguskindluse tasemega sordid ja 3) kasvuhooaja ilmastik.

Otsekülvil, kus on harimata pinnase näol haigustekitajatele soodsam kasvukeskkond, on haigust kergem kontrolli all hoida resistentsemate sortide kasvatamisega. Kuna pikaajaline vähene mullaharimine ei pruugi hävitada taimejäänustel elunevaid haigustekitajaid, võib kasvupinnases haigustekitajate kontsentratsioon pidevalt suurened. Seente leviku vähendamiseks on oluline külvikorras hoida aastatega piisav vahe. Samas selgub tulemustest, et mõnede haiguste puhul oli taimehaigustesse nakatumine kahe variandi võrdluses otsekülvi kasutamisel väiksem (Lisa 10 joon. L10.1.- L10.5.). Seda saab selgitada lisaks erinevate sortide kasvatamisele ka nt. otsekülvil väiksemate lämmastikväetiste koguste kasutamisega.

Võrreldes künniga on otsekülvi puhul sordi haiguskindluse kõrval oluline ka sordi võime umbrohtusid alla suruda, kuna umbrohud on mitmetele haigustekitajatele vaheperemeestaimedeks, kus elus püsida ja külvikorras järgmine peremeeskultuur ära oodata.

Mitmed taimehaigused, nt. kõrreliste jahukaste ja roostehaigused on tõsiselt rassispetsiifilised, s.t. neil esineb suur hulk erinevaid rasse, millel on ellujäämiseks omadus kohaneda erinevate sortide resistenttsuse tasemetega. Sarnase resistenttsuse geeniga sordid on vastuvõtlikud samadele rassidele, kuid erinevate geenidega sorte nakatavad erinevad rassid. Sordi ja rassi vastastikune seos võimaldab haigusel levida ühelt sordilt teisele. Seega on oluline arvestada erinevate viljelusviiside puhul ka naabruses kasvavate sortidega, kuna need võivad mõjutada haiguste laiemat levikut. On võimalus, et suurtel pindadel kasvava vastuvõtliku sordi intensiivsemal nakatumisel võib kiireneda uute rasside arenemine, mis on võimelised asustama resistentsemaid sorte.

Seemnel elunevate seente poolt tekitatud haigused (helelaikus, võrklaikus, juuremädanikud, fusarioosid) sõltuvad samuti kasvukeskkonnast ja ilmastikust ning võivad muutuda intensiivsemaks ja valdavaks, kui harimisega nende elukeskkond hävitatud ei ole.

Kõikide katsekohtade ja -aastate keskmised tulemused näitava, et nisu haigused on intensiivsemad otsekülvi puhul, kuid odra haigused künni variandis (oli taimehaigustesse nakatumine kahe variandi võrdluses otsekülvi kasutamisel väiksem (Lisa 10 joon. L10.1.)). Esialgsed tulemused on põldkatsete iseloomu ja mõjutavaid tegureid arvestades liiga üldised ja vajaksid kindlasti pikemat katse perioodi.

6.2. Viljelustehnoloogia mõju taimekahjurite esinemisele.

Põhitäitja: Liina Looits

Teraviljapõldude peamised taimekahjurid on lehetäid, viljakukk, lehevaablane. Rapsi puhul naeri-hiilamardikas ja kapsakoi ning otsekülvipõldudel ka kiritigu ning nälkjad (Lisa 11).

Koristusjäätmete hävitamine ja korralik maaharimine hävitab osaliselt mullas olevaid kahjurite arengujärke. Otsekülvi puhul luuakse aga taimekahjuritele soodne pinnas talvitumiseks ning paljunemiseks. Kolme aasta andmete põhjal on väga raske järeldada, kummas viljelusviisis oli kahjustus suurem. Palju oleneb ilmastikust ning samuti ka soodsatest õhuvooludest, mille tagajärjel oli näiteks 2013. a. väga ekstreemne rapsi kasvatamiseks, kuna Eestit tabas suur kapsakoi rünne, mis kahjustas paljusid põlde. 2014 a. oli aga sooja talve tõttu väga soodne lehetäidele.

Otsekülvi põldudel leidis rohkem kasureid, nt lepatriinu vastseid, jooksiklasi, kõrvaharke. Samas oli Pilu talu ning Tobrelutsu talu otsekülvidel probleeme nälkjate ning tigudega, mida näitasid ka teopüünised mis said pandud põldudele 2013. aastal. Mõnevõrra on otsekülvide põldudel rohkem ka ripslaste ning lehetäide kahjustust. Samas leidis künnipõhistel põldudel rohkem viljakukkesid ning lehevaablasi.

6.3. Viljelustehnoloogia mõju umbrohtumisele ja mulla umbrohuseemnevarule

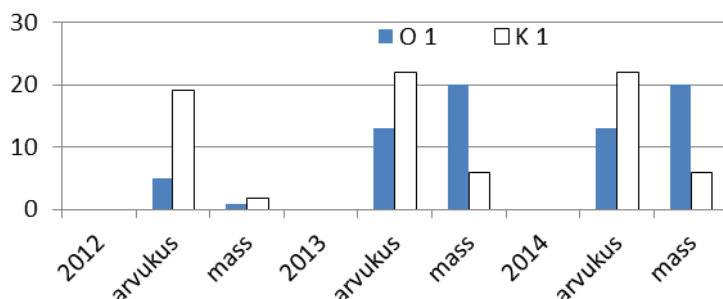
Põhitäitjad: Enn Lauringson ja Liina Talgre

Umbrohtumist hinnati katsepõldudel kolmel kasvuhooajal, mille põhjal saab esitada esialgseid järeldusi. Umbrohtumist määrati neli nädalat peale umbrohtorjet. Määramisel võeti umbrohud põllu neljast eri kohast 0,25 m² raamiga. Laboris määrati liigiliselt umbrohtude arvukus ja kuivmass. Koristuseelselt määrati visuaalselt umbrohtumus ja võeti põldudelt mullaproovid umbrohuseemnete arvukuse ja liigilise koosseisu määramiseks

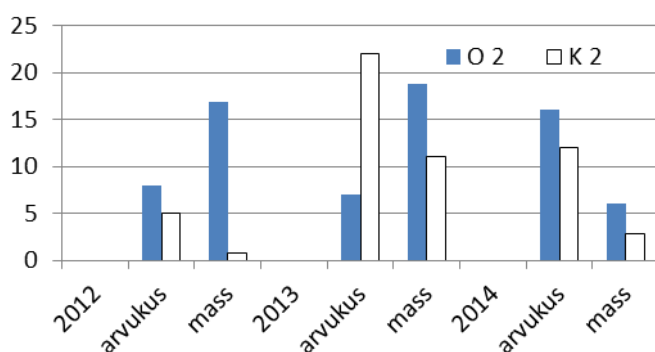
Mullaharimine hävitab lühiajalised ja lõhub mitmeaastaste umbrohtude vegetatiivsed struktuurid, stimuleerides võsude arenemist ja vähendades umbrohtude toitainetevaru. Sügisene harimine on peamisi umbrohtude hävitusviise, sest hävitab umbrohud ja lõpetab seemnete puhkeperioodi ning stimuleerib neid idanema.

Minimeeritud mullaharimisel kasutamisel on täheldatud suuri muudatusi umbrohtude liigirikkuses, kõige enam mitmeaastaste umbrohtude puhul. Siiski on mitmeaastaseid umbrohtusid võimalik kontrolli all hoida efektiivsete

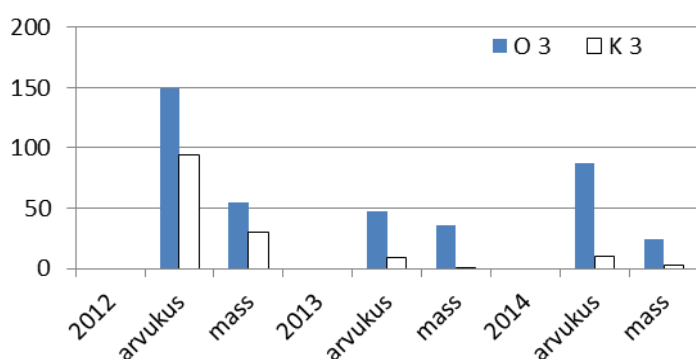
umbrohutõrje meetmetega. Katseaastatel mõjutas harimisviis umbrohtude arvukust ja massi (joonised 6.1-6.5.). Künnipõhisel harimisel oli umbrohtude arvukus katsekohtade keskmisena väiksem kui otsekülvil. Umbrohtude arvukus künnipõhisel harimisel oli aastatel 2012-2014: 33.3, 18.5 ja 11.4 tk m⁻² ning kolme aasta keskmisena 21.1 tk m⁻². Otsekülvil arvukus oli aastatel 2012-2014: 45.8, 21.5 ja 39.3 tk m⁻² ning kolme aasta keskmisena 35.5 tk m⁻². Juhul kui minimeeritud mullaharimise rakendamise algusaastatel suudetakse umbrohtusid efektiivselt ohjata, väheneb umbrohtude seemnepank ning selletõttu väheneb ka potentsiaal seemnetest lähtuvaks umbrohtumuseks. Nii oli Põhja-Viljandimaa otsekülvi põldudel tunduvalt väiksem umbrohtude arvukus, kui samas paaris oleval künnipõhisel harimisel (joonis 6.1.).



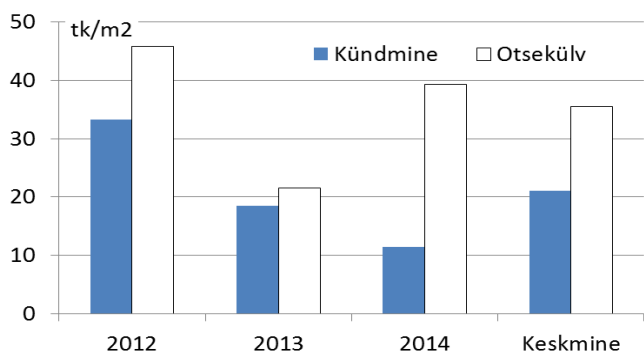
Joonis 6.1. Põhja-Viljandimaa (O1/K1) umbrohtude arvukus (tk m⁻²) ja mass (g m⁻²). Kultuuride järjestus katseaastatel: oder – suviraps – suvinisu.



Joonis 6.2. Lõuna-Viljandimaa (O2/K2) umbrohtude arvukus (tk m⁻²) ja mass (g m⁻²). Kultuuride järjestus katseaastatel: suviraps – talinisu – oder.

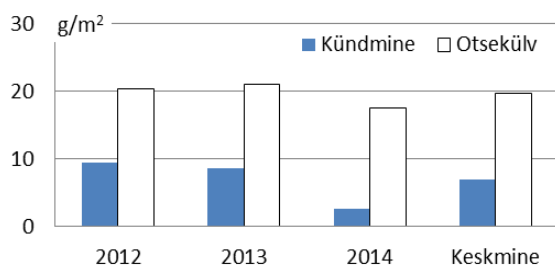


Joonis 6.3. Valgamaa (O3/K3) umbrohtude arvukus (tk m⁻²) ja mass (g m⁻²) Kultuuride järjestus katseaastatel: talinisu – kaer – suviraps.



Joonis 6.4. Umbrohtude arvukus (tk m^{-2}) kõikide katsekohtade keskmisena.

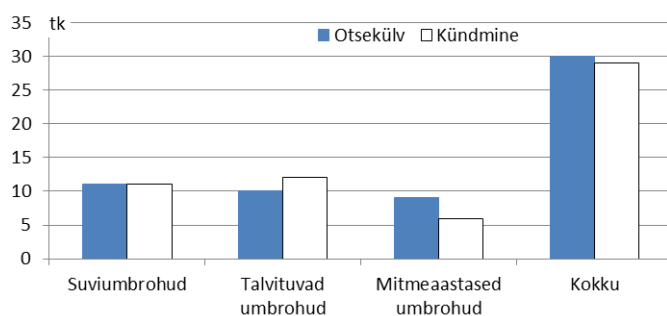
Künnipõhisel harimisel oli ka umbrohtude mass katsekohtade keskmisena väiksem kui otsekülvil. Umbrohtude mass künnipõhisel harimisel oli aastatel 2012-2014: 9.4, 8.7 ja 2.6 g m^{-2} ning kolme aasta keskmisena 6.9 tk m^{-2} . Otsekülvil mass oli aastatel 2012-2014: 20.4, 21.1 ja 17.6 g m^{-2} ning kolme aasta keskmisena 19.7 g m^{-2} .



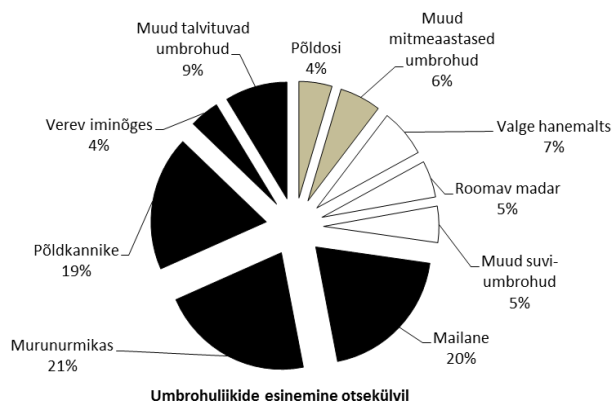
Joonis 6.5. Umbrohtude mass (g m^{-2}) kõikide katsekohtade keskmisena.

Umbrohuliikide keskmine liikide esinemine ei sõltunud harimisviisist (otsekülvil 30 liiki, künnivariandil 29 liiki) (joonis 6.6.). Erinev oli aga liikide esinemine agrobioloogiliste rühmade viisi. Suviumbrohtudes ei esinenud erinevust, suurem oli talvituvate umbrohuliikide arv künnivariandil ning otsekülvil esines enam mitmeaastaseid umbrohuliike.

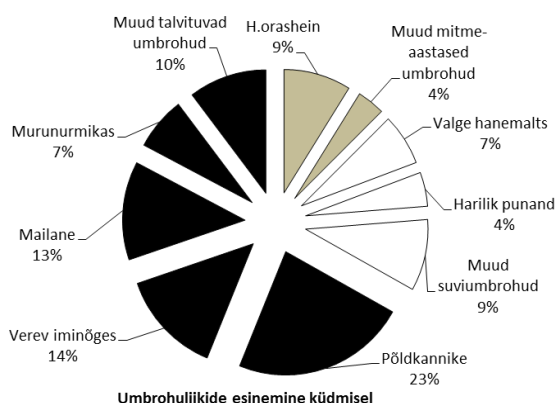
Enamesinevateks umbrohuliikideks olid otsekülvil murunurmikas, mailane, põldkannike, valge hanemalts, roomav madar (joonis 6.7.) Künni puhul esinesid enam põldkannike, verev iminõges, mailane, valge hanemalts (joonis 6.8.). Mitmeaastastest liikidest esines künni puhul enam h. orasheina, otsekülvil põldosja.



Joonis 6.6. Umbrohuliikide esinemine sõltuvalt viljelusviisist (tk).



Joonis 6.7. Umbrohuliikide esinemine (%) katsekohtade keskmisena otsekülvil. Valgega on tähistatud suviumbrohud, halliga mitmeaastased umbrohud ja mustaga mitmeaastased umbrohud.



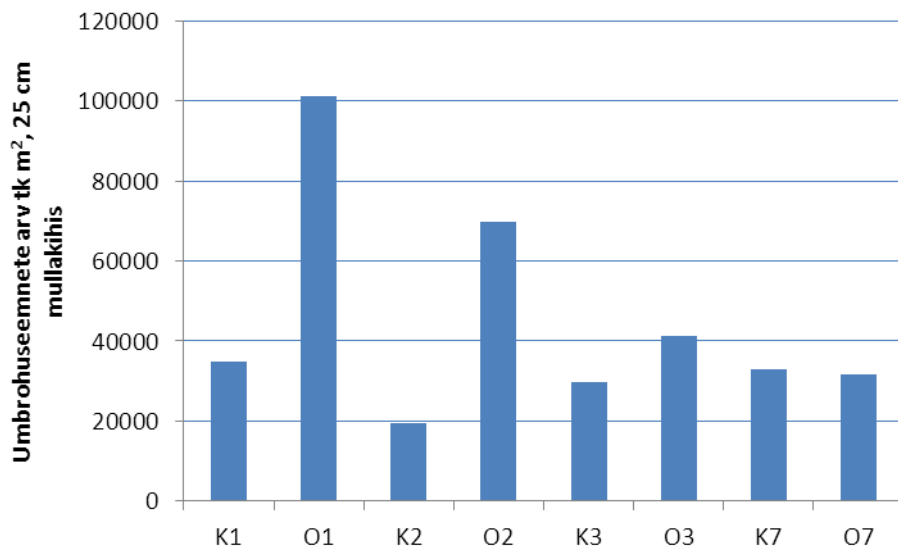
Joonis 6.8. Umbrohuliikide esinemine (%) katsekohtade keskmisena küdmisel. Valgega on tähistatud suviumbrohud, halliga mitmeaastased umbrohud ja mustaga mitmeaastased umbrohud.

Katseaastate tendentsina võib märkida otsekülvil kõrreliste umbrohtude (tuulekaer, rukkikastehein) koristuseelselt põhikultuurist ülekasvamist (raps, talinisu).

Esimeste vaatlusaastate põhjal on paikapidavaid järeldusi veel raske teha, nende tegemiseks on vaja uurida umbrohtumise dünaamikat erinevate viljelusviiside juures pikema perioodi vältel.

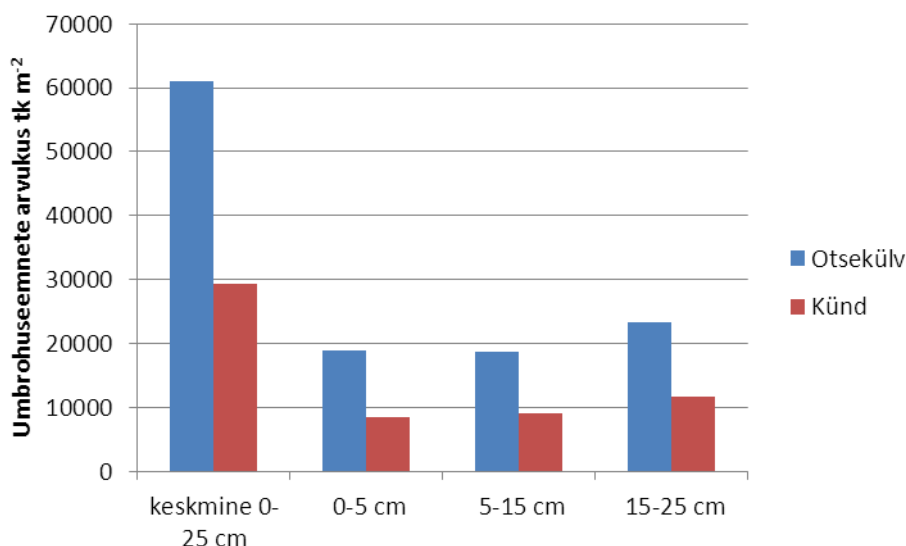
Mullaproovid umbrohuseemnete arvukuse ja liigilise koosseisu määramiseks võeti katse algul (vastavalt 2012 ja katsesse aasta hiljem lisatud põllud 2013 aastal), katsepõldude erinevatest kohtadest. Tuleb arvestada, et seemnevaru suurus ja paiknemine künnikihi erinevates kihtides võib olla suhteliselt juhuslikku laadi. Seda põhjustab mullaharimise viis, umbrohuseemnerohke sõnniku kasutamine kultuuride väetamisel, umbrohtude süsteemitu paiknemine, umbrohuliikide erinev seemnetoodang, samuti ka mullaharimise kvaliteet ja herbitsiidide kasutamine. Sellest tulenevalt ei saa esimese katseaasta andmete põhjal teha olulisi järeldusi umbrohuseemnete esinemisel, vaid saame fikseerida hetkeolukorra. Muutused umbrohuseemnete arvukuses ja paiknemises toimuvad pikema perioodi jooksul.

Viljandimaa katsepõldudel on umbrohuseemnete arvukus oluliselt madalam künnipõhisel (K1 ja K2) harimisel võrreldes otsekülviga (O1 ja O2). Sama tendents on ka Valgamaa (K3/O3) põldudel, kuid see avaldub just pealmistes mullakihtides. Jõgevamaa põllul (K7 ja O7) harimisviiside vahel umbrohuseemnete arvukuses erinevus puudus, kuna seal on alles alustatud otsekülviga ja muutusi saab hinnata tulevikus (joonis 6.9.).



Joonis 6.9. Põhja-Viljandimaa, Lõuna Viljandimaa, Valgamaa ja Jõevamaa katsepõldude umbrohuseemnete arvukus (tk m⁻² 25 cm mullakihis).

Katsekohtade keskmisena oli otsekülvi kasutamisel umbrohuseemnete arvukus suurem kõigis mullakihtides võrreldes künniga (joonis 6.10.).



Joonis 6.10. Umbrohuseemnete arvukus erinevates mullakihtides (tk m⁻²) katsekohtade keskmisena

Mulla umbrohuseemnevaru koosnes suures osas lühiealiste umbrohtude seemnetest. Valdavalt esines kõigil katsepõldudel valge hanemaltsa seemet, vähemal määral konnatatart, põld kannikest, verevat iminõgest, madarat ja põld-litterheina. Kõige rohkem umbrohuliike leiti Lõuna Viljandimaa otsekülvi põllult (15 erinevat liiki umbrohuseemneid), ja väikseim liikide arv esines Põhja-Viljandimaa otsekülvi põllult (8 liiki).

7. Majanduslikud tahud

7.1. Viljelusviiside rakendamine põllumajandusettevõtetes

Põhitäitjad: Raivo Vettik ja Taavi Võsa

Koostati küsitlusvorm (Lisa 17) eesmärgiga selgitada erinevate mullaharimistehnoloogiate kasutamise osakaal Eestis, mullaharimistehnoloogiate valiku alused ning tehnoloogiate rakendamisega seotud probleemid. Samuti peaks

küsitlus andma ülevaate, mida põllumeeste arvates oleks vaja mullaharimise alal uurida ja millist teavet nad kõige enam vajavad. Lisaks peaks selguma erinevate mullaharimistehnoloogiate omane masinapargi struktuur ja põllumeeste arvamus kasutatava masinapargi kohta. Koostatud on küsitluse tööversioon, mille täiendamisega tegeletakse ja küsitlus viiakse läbi 2013. aasta talvel. Sellele järgneb küsitlustulemuste töötlemine.

2013. a. varakevadel küsitleti põllumehi eesmärgiga selgitada: 1) käesoleva projekti mõju selle kestuse perioodil; 2) erinevate viljelustehnoloogiate osakaalu Eestis; 3) põhjused, miks kasutatakse ühte või teist viljelustehnoloogiat; 4) mida põllumeeste arvates tuleks viljeluse alal uurida; 5) põllumeeste arvamus erinevate viljelustehnoloogiate kohta ja 6) laiendada kontaktibaasi tootjatega edaspidiste uurimistööde tarvis. Küsimustik on esitatud Lisas 2. Küsitlused saadeti esmalt Kevili liikmetele, kellest vastas 28.

Tulemused seniste vastuste põhjal on järgmised (mõningate vastuste juures tuleb silmas pidada, et kokkuvõtte aluseks on vastajate arvamus, mille vastavust tegelikkusele pole kontrollitud).

Tootmisviiside maht ettevõtetes: 78% KSM e. keskkonnasõbralik majandamine, 12% tava ja 10% mahe. Ettevõtete jagunemine mullastiku raskusastme alusel: kerged 16%, keskmised 57%, rasked 27%, ei oska öelda 1%. Põllumaa jagunemine 2012. a-l viljelustehnoloogia alusel ettevõtete summana: künd 40%, miniharimine 45%, otsekülv 13% ja ribasharimine 2%.

Viljelustehnoloogia valikut mõjutavate tegurite olulisus hindepunktide summa järgi: masinate omadused 70, teadmised tehnoloogia rakendamise alal 66, põldude umbrohtumus 60, mulla omadused 58, taimehaigustega seotud riskid 55, kahjuritega seotud riskid 48, kasutatavad väetised 45.

Vastanutest 18 ettevõtet kasutab kündi, 22 miniharimist, 7 otsekülvi ja 1 ribasharimist. 50% ettevõttest kasutab kahte, 39% ühte ja 11% kolme tehnoloogiat. 36 % kavatseb kasutusele võtta uue viljelustehnoloogia kas siis täielikult või osaliselt. Viljelustehnoloogia vahetust takistavateks teguriteks märgiti: mullad ei ole sobivad (19 korda), liiga suur investeringuvajadus (19), vajaliku teabe puudumine (11), ei sobi söödatootmisega kokku (11), ei sobi sõnnikulaotusega kokku (11), liiga palju probleeme kahjustajate tõrjega (8), muu põhjus (6).

Üldhinnang viljelustehnoloogiatele paljude tegurite (Lisa 3 Hinnang viljelustehnoloogiatele) hindepunktide summa järgi: otsekülv 151, min.harimine 125, ribasharimine 63, künnipõhine 51.

Teabeallikateks, kust on seni saadud infot viljelustehnoloogiate kohta, märgiti: koolitustelt (20 korda), teistelt tootjatelt (18), erialakirjandusest (13), tootmisvahendite müüjatelt (12), EMVI teadurilt või kodulehelt (11), JSAI teadurilt või kodulehelt (10), EMÜ teadurilt või kodulehelt (6), PMK spetsialistidelt või kodulehelt (5), nõustajatelt (4), mujalt (2).

Käesolevast projektist olid enne küsitlust kuulnud 56% vastanutest. Täpsem ülevaade tulemustest on esitatud Lisas 18

7.2. Ülevaade otsekülvikutest

Põhitäitja: Jaanus Siim

Käesolevasse ülevaatesse on koondatud andmed koostajale teadaolevate Eestis maaletoojate poolt pakutavate otsekülvikute kohta. Otsekülvikutena käsitletakse antud juhul neid külvikuid, millega külvamisel on esimeseks mulda liigutavaks tööoperatsiooniks külvisevao lõikamine, sh ka seemendi ees oleva selleks ette nähtud kettaga, kusjuures eelnevat mullaharimist ei ole tehtud. Andmed on kogutud masinatootjate ja maaletoojate kodulehtedelt (Lisa 14), prospektidest, telefonivestlustest, töövaatlustelt ja näitustelt. Ülevaade ei pretendeeri absoluutsele täiuslikkusele, sest turuolukord muutub pidevalt.

2014. a lõpu seisuga oli Eestis ülevaate koostajale teadaolevalt 13 firmat, kes pakuvad 13 tootjafirma otsekülvikuid. Põhimärke on 13, nende rohkem või vähem erinevate variantide arv ulatub aga üle 30. Kui veel arvesse võtta erinevate töölaiuste variandid, siis saab põllumees valida ca 50 masina vahel. Lisaks ülaltoodule pakutakse mitmesuguste firmade, kuulutuste ja netivõrkude poolt erinevaid kasutatud, nn „second hand“ masinaid, sh ka otsekülvikuid. Viimastest väärivad märkimist maailma suurimaks otsekülvikute tootjaks tituleeritud Brasiilia firma Semeato otsekülvikud, neid propageeritakse ja kasutatakse mitmes Euroopa riigis, sh ka Soomes. Iseseisvalt tunnevad põllumehed veel huvi teistegi firmade toodangu vastu.

Tabelisse (Lisa 15) on koondatud otsekülvikute tehnilisi andmeid. Kokkuvõtvalt tabelis toodud andmetest: töölaius varieerub pakutavatel otsekülvikutel vahemikus 2,43-18,3 meetrit, külvitööks vajalik traktorivõimsus vahemikus 80-500 hobujõudu ja külvisevate maht vahemikus 563-8000 liitrit. Reavahelaius on enamikus 12,5-19 cm, kuid on ka 25, 30 ja 32 cm reavahega otsekülvikuid.

Tabelis (Lisa 16) on esitatud fotod või skeemid otsekülvikute seemenditest. Seemenditeks on seitsmel firmal kettad või kaksikkettad, neljal firmal peitelkäpad (edaspidi peitlid), ühel S-piidi ja ühel asetseb ketas vasak- ning parempoolsete L-piide vahel, mis koos lõikavad mulda ristpilu (*Cross-slot*).

Kolmeteistkümnest otsekülvikute põhimargist üheteistkümnega saab viljakülviga samaaegselt anda ka väetist – vastav varustus on kas kohe olemas või saab selle masina ostul lisana valida.

Iseloomustamaks tabelis (Lisa 15) toodud otsekülvikuid, arvutati tehaseandmete põhjal välja mõned otsekülvikute massi- ja energiamahukuse erinäitajad, nende keskmised ja min-max väärtused on esitatud tabelis 7.1. Arvutatud erinäitajad annavad otsekülvikute teatavast tehnilisest tasemest siiski vaid kõige üldisema pildi sest kasutatud lähteandmed on nõ erineva fooniga:

- masinatootjad esitavad tehnilisi andmeid erinevalt – näiteks antakse traktori soovitusliku/vajaliku võimsuse alam- või ülempiir või hoopis mingi vahemik;
- erinevate firmade otsekülvikute tehnoloogiline võimekus on erinev; seda on üldse keeruline hinnata/võrrelda;
- võimsustarve sõltub muuhulgas ka töökiirusest; näiteks Köckerlingil on see suurim. Mida suurema töökiirusega (loe: tootlikumalt) soovitakse külvata, seda võimsam peab traktor olema.

Rõhutagem veelkord, et tabeli 7.1. andmed traktori vajaliku võimsuse kohta põhinevad tehase, st tootja andmetel. Milline aga on võimsuse tegelik vajadus otsekülvil Eestimaa põldudel/muldadel – selle mõõtmiseks puuduvad Eesti Taimakasvatuse Instituudil tehnilised võimalused.

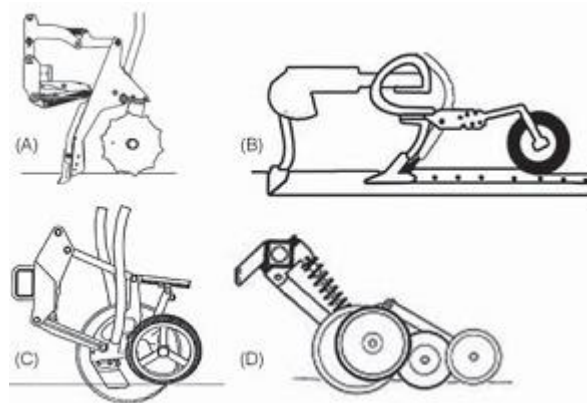
Küll on aga uuritud otsekülvikute tehnilisi ja tehnoloogilisi aspekte põhjalikult Saksamaal, mingil määral võivad seal saadud tulemused olla meile orientiiriks. Nimelt võrreldi seal 6,5 ha suurusel põllul randomiseeritud nelja variandiga ja viie kordusega ribakatses nelja erinevat müügil olevat otsekülvikut erinevat tüüpi seemenditega. Kultuuriks oli talinisu Hermann tuhande tera massiga 50 g, külvati 250 tera ruutmeetrile.

Mõõdeti veojõudu, külvisügavuse täpsust, seemnete pikisuunalist jaotumust ja saaki. Veojõud mõõdeti kuuekomponendilise jõumõõteseadisega. Külvisügavuse mõõtmiseks eemaldati muld kaabitsaga ja loeti seemned. Seemnete pikisuunaline jaotumine mõõdeti elektroonilise kaabelmõõturiga ja arvutati variatsioonikoefitsient. Saak koristati katsekombainiga. Saadud andmed töödeldi statistiliselt.

Katses olid külvivao lõikamise ja seemnete külvi järgmised seemendid (joonis 7.1.): peitel-, hanijalgteraga S-pii-, ketas/pii- (cross-slot) ja üksketasseemendi.

Tabel 7.1. Tehaseandmete põhjal arvutatud erinäitajaid

Erinäitajad		Seemendi tüüp			
		Ketas/pii	Ketas	Peitel	S-pii
Tühimass töölaiuse meetri kohta, kg/m	Keskmine min-max	1897	1236 812-1767	811 763-1067	1429 1262-1523
Võimsuse vajadus töölaiuse meetri kohta, Hj/m	Keskmine min-max	57	31 23-40	31 16-47	39 34-47
Võimsuse vajadus seemendi kohta, Hj	Keskmine min-max	11,4	4,9 3,8-6,7	7,7 4,2-12,4	7,3 6,3-8,8



Joonis 7.1. Katses olnud seemendid: A – peitel-, B - hanijalgteraga S-pii-, C – ketas/pii (ristpilu-), D – üksketasseemendi.

Saksamaal läbi viidud katsetuste tulemused on esitatud tabelis 7.2. Veojõud arvutati töölaiuse 1 meetri kohta. Väikseim oli see peitel- ja üksketasseemenditel, ketas/piiseemendid vajavad 4 korda suuremat veojõudu. Keskmine töökiirus katse kestel oli 9,4 km/h.

Tabel 7.2. Erinevate seemendite katsetamise tulemused (Gall *et al.* 2009)

Näitajad	Seemendi tüüp			
	Peitel	Hanijalgteraga S-pii *	Ketas/pii (ristpilu)	Üksketas
Vajalik veojõud töölaiuse 1 meetri kohta, kN	2,19	5,7	9,09	2,17
Külvisügavuse standard-hälve, mm	7,4	13,3	8,3	7,7
Seemnete pikisuunalise jaotumuse variatsiooni- koefitsient, %	71	84*	84	89

- Hanijalgteraga S-piiseemendi andmed ei ole teistega võrreldavad kuna seemned jaotusid hanijalgtera taga laiali.

Külvisügavuse ja seemnete pikisuunalise jaotumuse ühtlust iseloomustavad standardhälbed – mida väiksemad need on seda parem. Suurim külvisügavuse varieerumine oli hanijalgteraga S-piiseemendil. Seemnete pikisuunaliste jaotumust võib hinnata heaks kuni väga heaks

Terasaak oli keskmiselt vahemikus 8,36 kuni 8,79 t/ha, usutavaid erinevusi erinevate süsteemide vahel ei olnud. Katsest tehti järgmised järeldused (siia on lisatud ka noppeid kirjandusest ja kasutuskogemustest).

Peitelseemenditel on suhteliselt väike veojõuvajadus, täpne külvisügavus ja seemnete pikisuunaline väga hea jaotumus. Külvi hea kvaliteedi tagamise eelduseks peab põhk olema lühikeseks hekseldatud ja põllupinnale ühtlaselt laiali laotatud. Veojõuvajadus on võrreldav analoogilise mullaharimisseadise veojõuvajadusega.

Hanijalgteraga S-piiseemendi on mõeldud rohkem konserveerivas mullaharimises kasutamiseks, külvisügavuse ühtlus ei ole rahuldav. Veojõuvajadus sõltub terade kujust, laiusest, seadenurgast, ja töösügavusest. Töökiiruse kasvades veojõuvajadus suureneb.

Ketas/piiseemendi (ristpilu, Cross slot) on keeruka ehitusega ja suurima veojõuvajadusega. Nõudlik tehnika tagab siiski täpse külvisügavuse ning pikisuunalise hea jaotumuse; seemendile võib rakendada kuni 500 kg surve. Cross-slot kontseptsioon kindlustab hea toimimise ka rasketes otsekülvitingimustes. Veojõuvajadus sõltub komplektatsioonist. Mõõtmistel olid mõlemad nurkterad, nn Bio-Blade-d nii seemnete kui väetise külviks kasutusel. Nurkterad on töötamisel surutud nende vahel oleva vertikaalse lõikeketta vastu ja avaldavad selle pöörlemisele pidurdavat mõju suurendades seega mõnevõrra veojõuvajadust. Töökiiruse kasvades suureneb veojõuvajadus. Kui külvatakse ainult vilja, st kasutatakse ainult ühte nurktera, mõjutab töökiirus veojõuvajadust vähem.

Üksketasseemendi on lihtne ja usaldusväärne, väikese veojõuvajadusega, ühtlase külvisügavusega. Probleeme on külvivao sulgemisel niiskesse mulda külvamisel. Veojõuvajadus sõltub põhiliselt mulla omadustest ja töösügavusest, kuid samuti ketta paksusest, seadenurgast liikumissuuna suhtes, ketta lõikeserva kujust ja ketaste arvust. Töökiirus mõjutab veojõudu suhteliselt vähe.

Sakslastelt on meil veel midagi kasulikku kõrva taha panna. Alates 1941. aastast on seal välja antud andmekogumikke/käsiraamatuid abistamiseks põllumajandusliku tootmise planeerimist ja tootmiskulude arvestamist. 2009. aastal ilmus KTBL-i (Põllumajandustehnika ja -ehitiste Kuratoorium) ja YARA GmbH & Co.KG koostööna järjekorras 14. korrigeeritud väljaanne: „Faustzahlen für die Landwirtschaft“, KTBL, Darmstadt. Masinate kohta on selles toodud arvanded üldistatuna, st mitte konkreetsete markide kohta. Toome siinkohal eelmainitud käsiraamatust orientiiriks mõned käesoleva temaga haakuvad otsekülvikute ekspluatatsiooninäitajad (tabel 7.3.). Selles tabelis hõlmab ajakulu ka valmendamise ja lõpetamise aegsid peale põllul töötamise aja, tootlikkuse arvutamisel on aluseks vaid põllul töötamise aeg.

Tabel 7.3. Otsekülvikute orienteerivaid ekspluatatsiooninäitajaid (KTBL)

Näitaja	Mõõtühik	Otsekülviku töölaius, m			
		3	4,5	6	9
Põllu suurus 20 ha					
Traktori vajalik võimsus	kW	67	102	120	176
Ajakulu kokku, sh ümbersõidud	h/ha	0,51	0,39	0,27	0,19
Tootlikkus	ha/h	2,27	2,99	4,39	6,34
Kütusekulu	l/ha	6,0	6,3	6,0	6,0
Põllu suurus 80 ha					
Ajakulu kokku, sh ümbersõidud	h/ha	0,49	0,37	0,26	0,18
Tootlikkus	ha/h	2,41	3,18	4,66	6,75
Kütusekulu	l/ha	5,8	6,2	5,9	5,8

Sakslastel on veel teinigi KTBL poolt välja antav põllumajandusliku tootmise planeerimist abistav käsiraamat, mida uuendatakse sagedamini: „*Betriebsplanung Landwirtschaft. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft*“, meie instituudi teadurid on seda väljaannet kasutanud info hankimiseks juba üle 20 aasta (siinkohal kummardus Ants Laansalule, kes teadaolevalt oli siinmail esimene selle kogumiku kasutaja ja kellelt saime idee). Teemaga haakuvalt toome viimasest, 2014. aastal ilmunud järjekorras 24. väljaandest väikese väljavõtte otsekülvikute võimaliku tööressursi ja aastase töömahu kohta sõltuvalt töölaieusest (tabel 7.4.), milles toodud numbrid võiksid olla otsekülviku valikul väikeseks orientiiriks.

Tabel 7.4. Otsekülvikute võimalik töömaht sõltuvalt töölaieusest (KTBL)

Otsekülviku töölaieus, m	Punkri maht, l	Tööressurss, ha	Aastane töömaht, ha
3	1000	3000	300
4	1500	4000	400
6	2500	6000	600
9	3500	9000	900
12	4700	12000	1200

7.3. Kulud ja kasum

Otsekülvile ülemineku põhjuseks on kokkuvõetav maaharimiskuludelt ning mullaharimisoperatsioonide vähenemisest tingitud ajasääst. Uuringu üheks eesmärgiks oli ka võrrelda kulusid erinevate tehnoloogiate korral.

Majandusanalüüsil arvatati tootmiskulud, tõenäoline tulu ning kasum. Kulude arvutamisel võeti aluseks katsepõldude põlluraamatute andmed. Sisendite ja saagi hinnad on vastavast saagiaastast. Masinakulude arvutamisel lähtuti kõigil põldudel samast masinapargist, et elimineerida masinate valiku mõju tootmistulemuste erinevusele ja selgemalt tuleks esile viljelusviisi mõju. Viljelusviisist sõltus ainult külviku valik: otsekülvil 4 m otsekülvik ja mullaharimisega variandis 4 m kombikülvik tavakülviks. 2012. aastal kasutasid vaatluse all olnud ettevõtted VM otsekülvikuid, 2013. aastal lisandusid neile Great Plains ja Cross-Slot otsekülvikuid kasutavad ettevõtted.

Tootmiskulud olid kultuuride ja aastate keskmisena künnil ja otsekülvil peaaegu võrdsed, vastavalt 649 ja 641 EUR ha⁻¹. Detailsem kulude analüüs näitas, et kuigi otsekülvil mullaharimiskulud puudusid, olid enamikus teistes töödes otsekülvil kulud suuremad kui künnil (tabel 7.5). Kõige enam ületab otsekülv künni külvikulude osas, kuna otsekülvikud on võrreldes tavakülvikutega oluliselt kallimad. Samuti on otsekülvikutel suurem võimsusvajadus, mis tingib ka suuremad traktorikulud võrreldes tavakülviku kasutamisega.

Tabel 7.5. Keskmised kulud katsepõldudel tööde kaupa sõltuvalt viljelusviisist EUR ha⁻¹

Töö	Otsekülvil põllud	Künnipõllud	Künni ja otsekülvil vahe
Väetamine	191	183	-8
Taimekaitse	79	70	-9
Mullaharimine	0	62	62
Külvamine	127	102	-25
Hooldustööd	1	2	1
Saagi käitlemine	243	230	-13

Kuna mullaharimine aitab vähendada taimekahjustajate survet kultuurile, siis on künnil väiksem vajadus kasutada taimekaitset, mis kajastub ka väiksemates taimekaitsekuludes võrreldes otsekülviga. Otsekülvil tehti suuremaid väetamiskulusid, mis võis olla ka toeks mõnevõrra kõrgema keskmise saagikuse saavutamisel võrreldes künniga (tabel 5.2). Otsekülvil tingis veidi kõrgem saagikus ka mõnevõrra suuremad saagikäitlemise kulud võrreldes künnipõhiste variantide keskmisega.

Kultuuride lõikes olid tootmiskulud variantide ja aastate keskmisena järgmised: talinisul 744, suvinisul 700, suvi-odral 587 ja kaeral 515 EUR ha⁻¹ (p<0,05). Aastate 2012–2014 võrdluses toimus tootmiskulude kasv, kuid see ei olnud statistiliselt oluline, vastavalt 599, 658 ja 721 EUR ha⁻¹.

Sarnaselt tootmiskuludega olid ka keskmised kasumid otsekülvil ja künnil peaaegu võrdsed, vastavalt 158 ja 157 EUR ha⁻¹. Talinisu ja kaera tootmise kasum oli otsekülvil suurem kui künnil (tabel 7.6.), suvinisul ja odral aga vastupidi. Talinisu keskmine saagikus (tabel 5.2) ja tulu olid otsekülvil oluliselt suuremad kui künnil, samas kui kulud olid peaaegu võrdsed (tabel 7.6.). Kaeral olid kulud otsekülvil väiksemad ning saagikus ja tulu, küll ebaoluliselt, aga siiski suuremad võrreldes künniga. Suvinisul ja -odral andis künni seetõttu suurema kasumi, et künnil oli saagikus ja seega tulu suurem ning tootmiskulud väiksemad kui otsekülvil.

Liigiti võrdluses oli keskmiseks kasumiks talinisul 281, suvinisul 294, suvioldal 191 ja kaeral -135 EUR ha⁻¹ (p<0,05). Kuigi nisu tootmine on oluliselt kulukam võrreldes kaera või odra tootmisega, on selle saagikus ja müügihind viimaste vastavatest näitajatest nii palju kõrgemad, et nisu kasumlikkus on siiski suurim.

Tabel 7.6. Teraviljade keskmised tootmiskulud ja kasum sõltuvalt viljelusviisist

Kultuur	Viljelusviis	Kulud, EUR ha ⁻¹	Kasum, EUR ha ⁻¹
Suviodel	Otsekülv	602	150
	Künd	571	232
Suvinisu	Otsekülv	685	230
	Künd	715	358
Talinisu	Otsekülv	744	347
	Künd	743	209
Kaer	Otsekülv	479	-96
	Künd	551	-173

Kokkuvõtte. Künni- ja otsekülvipõhiste põldude kuludes on tööde kaupa erinevused, kuid kulude summas oluline erinevus puudus. Kultuuriti olid suurima tootmiskuluga nisud, neist oluliselt madalamaga aga suviodel ja kaer. Hoolimata tõusutrendist ei olnud tootmiskuludel aastate võrdluses olulist erinevust.

Katsepõldude keskmisena andsid nii otsekülvi kui künni kasutamine võrdset kasumit. Talinisul ja kaera kasvatamisel oli otsekülvil suurem kasum kui künnil, suvinisul ja suvioldal aga vastupidi. Kultuuriti võrdluses oli kõige kasumlikum nisude tootmine, kaera tootmine oli aga kahjumlik.

Märkida tuleb aga, et käesoleva andmemahu juures peab olema üldistustega ettevaatlik, kuna andmeid koguti kolme aasta vältel ja esimesel aastal olid andmed ainult osade piirkondade kohta. Kultuurid ei olnud esindatud igal aastal kõigis piirkondades ja kohati olid võrdluspaaride siseselt erinevad sordid. Usaldusväärsema üldistuse tegemiseks oleks vaja suuremat andmemahutu.

8. Keskkond

8.1. Otsekülv ja kliima

Koostaja: Jüri Kadaja

Kliimaatilise vaatevinklist loetakse otsekülv sobivamaks kuiva kliimasse. Pittelkow et al. (2015) on metaanalüüsi baasil (5463 võrdluspaari otsekünni ja külv kohta 610 uuringust, mis kaasavad 48 kultuuri ja 63 riiki) välja toonud, et kuivas kliimas (aastase sademete summa suhe potentsiaalsesse evapotranspiratsiooni PET on alla 0,65) on otsekülv saak olnud 7,3% suurem kui künnil. Sealjuures oli oluline, et toimiks viljavaheldus ja taimejäänused jääks multšina mullale, nende tingimuste täitmatajätmine vähendas saaki ligemale 20% (kumbki ~10%). Niiskes kliimas oli keskmine saagi erinevus igal juhul otsekülv kahjuks – vähemalt 5,7% (Pittelkow et al. 2015). Negatiivsed lisaefektid viljavahelduse ja multši puudumisest jäid mõlemad paari protsendi piiresse. Juhul kui veedefitsiit kaeti niisutuse teel, andsid mõlemad harimisviisid lähedasi tulemusi.

Lähtudes aastasest sademete kogusest, on Eesti kliima niiske, sademete suhe PET (arvutatud Thornthwaite meetodil, <http://onlinecalc.sdsu.edu/onlinehornthwaite.php>) on saartel ja rannikul ligikaudu 1, mandriosas suurem, näiteks Tartu andmetel 1,12. Siiski jääb see suhe suvistel kuudel alla 0,65 piiri, saartel maist kuni augustini, sisemaal juunis ja juulis. Lisandub ka nii sademete kui temperatuuri küllaltki suur kõikumine aastati. Nii näitas projekti raamesse jääv sademetevaene ja soe suvi 2013. a otsekülv jaoks soodsamaid tingimusi kui künnile. Paraku ei esinenud perioodi 2012-2014 lühiduse tõttu ühtegi aastat, kus oleks olnud tegemist olulise liigniiskusega, et saada ülevaadet selliste tingimuste mõjust. Kartuli kohta mudeliga tehtud arvutused 89-111 a pikkuste ridade baasil näitasid, et veedefitsiit üle 50 mm (sellest piirist alates esineb märgatavam mõju saagile) esineb saartel ja rannikul enam kui 80% aastatest, sisemaal olenevalt asukohast ja sordist 30-50% aastatest (Saue, Kadaja, 2013). Liigniiskuse negatiivne mõju avaldub mandril läbi ja/või äravoolu võimaluse olemasolu korral umbes veerandil, nende puudumisel pooltel aastatel; saartel vastavalt 3-5% ja 12-18% aastatest, avaldades seal saagikusele minimaalset mõju. Seega on kliimaatilise vaatepunktist otsekülvist oodata suuremat tulu saartel ja rannikualadel, kus sademeid on vähem ning põuad sagedasemad ja intensiivsemad.

Kliimamudelite ennustuste kohaselt suureneb Eestis sademete hulk. Seda tendentsi kinnitavad ka viimase 50 a mõõdetud sademed. Aastaste sademete osas on see tendents statistiliselt oluline Eesti kohta keskmiselt, piirkonniti Eesti idaservas Kirde-Eestist Võruni ja Tartu-Viljandi-Pärnu joonel. Taimekasvukuuudest on sademete kasv olnud oluline suuremal osal Eestist juunis (trendi järgi 18-51 mm). Ka mais ja augustis on sademete hulk mõnevõrra suurenenud, kuid enamuses mõõtekohtades pole trend statistiliselt oluline. Aprillis on mõningane tendents

sademetes vähenemisele, juulis praktiliselt muutusi pole. Kaheksateistkümneme kliimamudeli keskmise ennustuse kohaselt kasvab juunikuu sademete hulk aastaks 2050 erinevate stsenaariumite järgi veel 10-18%, teistel suvekuudel jääb kasv 4-8% piiresse (Saue, Kadaja, 2011). Seega teraviljade jaoks, mille suurem veevajadus langeb maisse-juunisse peaks see tulevikus keskmiselt paremini rahuldatud saama ja efekt otsekülvist vähenema. Siiski tuleb kaasnevalt arvestada ka üldist temperatuuri tõusu, mis suurendab aurumist ja ennustatavat ilmastiku varieerumise ulatust.

Suuremat temperatuuri tõusu ja sademete kasvu kui suveks, prognoosivad kliimamudelid talveperioodiks. Sellega kaasnevad pehmemad talved aga tähendavad Põhja-Euroopas suurenevat erosiooni, äravoolu ja reostusohu seni tavapärast külmunult lume all olnud küntud mullast, mis annab suurema eelise otsekülvile (Muukkonen et al., 2009; Soane et al., 2012). Samuti võib eeldada, et temperatuuri tõus ja sellega kaasnev kasvuperioodi pikenemine võimaldavad vähendada mulla kevadisest madalamast temperatuurist tingitud negatiivset mõju otse külvatud suviviljadele nende esimestes arengufaasides.

Vastupidine mõju, harimisviisi mõju kliimamuutustele on põhjustanud vastakaid seisukohti. „The Emissions Gap Report 2013“ (UNEP, 2013) loeb otsekülvil oluliseks süsiniku akumulatsiooniks vahendiks mullas ja vaatleb seda kui ühte põhjust künnilt otsekülvile ülemineku poliitiliseks/majanduslikuks toetamiseks. Powlson et al. (2014) väidavad, et paljude uurimuste põhjal jääb süsiniku akumulatsioon tänu otsekülvil rakendamisele lõppkokkuvõttes siiski üpris tagasihoidlikuks ja otsekülvil tuleb pigem vaadelda kui põllumajanduse kohanemise abinõu kliimamuutustega, kui vahendit nende leevendamiseks. Otsekülvil mõju N_2O emissioonile hinnatakse sõltuvaks asukohast ja see omab erinevates uuringutes erisuunalist märki, CH_4 emissiooni suurenemist aga tühiseks (Smith et al., 2008).

8.2. Kasvuhoonegaaside lendumine

Koostaja: Triin Saue

Põllumajandust peetakse üheks olulisemaks süsihappegaasi tootmissektoriks (IPCC 2007). Mullaharimise seisukohast on oluline faktor gaasivahetus mulla ja atmosfääri vahel, mis mõjutab kasvuhoonegaaside atmosfääri viimist (Chirinda et al. 2011). Globaalseid kliimamuutusi puudutav diskussioon sisaldab muuhulgas arutelude selle üle, kas ja kuidas mõjutavaderinevad mullaharimise viisid kasvuhoonegaaside jõudmist mullast atmosfääri. Samas, nagu on märkinud nt Robertson et al. (2000), mullaharimistehnoloogiatega seonduv on vaid üks osa väga komplekssest süsteemist, kuidas põllumajandus keskkonda kasvuhoonegaaside tootmise kaudu mõjutab.

Kolm olulisemat kasvuhoonegaasi on süsihappegaas (CO_2), lämmastikdioksiid (N_2O) ja metaan (CH_4). Mullaharimisviisi mõju kasvuhoonegaaside emissioonile tuleneb sellest, et erinevad harimistehnoloogiad mõjutavad mullakeskkonda erinevalt. Kui mulda haritakse, siis mulla orgaaniline aine laguneb kiiremini tänu harimisest tulenevatele muutustele mullavees, -õhus ja -temperatuuris. Tulemusena liigub küntud mullast mullast atmosfääri rohkem CO_2 kui kündmata põllult. Mullaosakeste lagundamine ja mulla orgaanilise süsiniku vabastamine intensiivistab mulla süsiniku ja lämmastiku mikrobioloogilist lagunemist, mis viib kasvuhoonegaaside emissioonide suurenemisele mullast. Näiteks Reicosky ja Saxton (2007) leidsid, et künnipõhine mullaharimine põhjustab olulist CO_2 emissiooni mullast atmosfääri. Samad autorid rõhutavad minimeeritud harimise suurt potentsiaali nende emissioonide vähendamiseks. Kuna säästlikke tehnoloogiaid iseloomustab eelkõige väiksem mullaharimise intensiivsus, siis selline harimine vähendab oksüdatsioonist mõjutatavat mullapinda. Tulemusena väheneb mullast atmosfääri liikuv süsihappegaasi kogus ja suureneb mulla orgaanilise aine (süsiniku) varu (nt Lal et al. 1998, West ja Post 2002, Gregorich et al. 2005, Batey 2009, Kristof et al. 2014). Üldiselt on jõutud konsensuseni, et üleminek tavapärast, künnil baseeruvale mullaharimiselt säästvale pindharimisele võib oluliselt vähendada CO_2 emissioone mullast atmosfääri. Künnist loobumist pakutakse erialases kirjanduses välja kui praktilist lahendust, mis aitab suurendada mulla orgaanilise aine varusid ja leevendada kasvuhoonegaaside emissioone.

Samas ei tohi kasvuhoonegaasidest rääkides keskenduda ainult süsinikdioksiidile ja ära unustada teised kasvuhoonegaasid, milledest olulisemad on lämmastikdioksiid ja metaan. Nende puhul on globaalse soojenemise mõjufaktor (Global Warming Potential, GWP) vastavalt 298 ja 25 korda suurem kui süsihappegaasil (IPCC 2007), seega on iga ökosüsteemi kasvuhoonegaaside tasakaal nende emissioonide muutustele palju tundlikum kui mulla CO_2 emissiooni muutustele. Seega, kui minimaalne harimine toob endaga kaasa mulla orgaanilise aine säilimise (mis on hea), siis tuleb jälgida, ega samal ajal ei suurene lämmastikdioksiidi ja metaani emissioon, mis kogu saadud kasu vastupidiseks pööraks.

N_2O emissioone mõjutavad nii erinevad keskkonnafaktorid (nt. temperatuur, sademed, lume sulamine, maapinna sulamise-külmumise tsükkel) kui ka tootmisest tulenevad mõjud (toitainete lisamine nii sõnniku kui mineraalväetise kaudu, mullaharimine, erinevate kultuuride kasvatamine ja neist jäävad taimejäänused mullas jne). Tänu N_2O emissioonide ajalisele ja ruumilisele varieeruvusele sõltuvalt kliima- ja mullatingimustest on põllumajanduslikke emissioone väga raske objektiivselt hinnata. Siiski, peamine N_2O allikas põllumajandusmaadel on

denitrifikatsioon. Denitrifikatsiooniprotsess on kündmata põldudel enamasti suurem kui küntud põldudel, seda tänu mulla suuremale lasuvustihedusele ja veesisaldusele (Doran 1980, Groffman 1984, Arah et al. 1991, Palma et al. 1997). Seega võib juhtuda, et mittekündmise rakendamisel saadav kasu tänu vähenenud CO₂ emissioonile nullitakse teiselt poolt, kuna suurenevad N₂O emissioonid. Samas on erinevad uuringud näidanud, et mittekündmise tegelik mõju mulla N₂O emissioonile on väga varieeruv. Mitmed mõõtmised (MacKenzie et al., 1997; Palma et al., 1997; Ball et al., 1999; [Marland et al., 2001](#), Baggs et al., 2003) on näidanud, et mittekündmine intensiivistab N₂O emissioone, teised uuringud vastupidi, et see protsess aeglustub ja et kündmata põldudelt on emissioonid väiksemad (Kessavalou et al., 1998; Robertson et al., 2000, [Drury et al., 2006](#), Chatskikh ja Olesen, 2007, Gregorich et al. 2008, [Rochette et al., 2008](#)). On ka mitmeid mõõtmisi, mille puhul ei leitud erinevate kündmisviiside vahel olulisi emissioonide erinevusi (Choudhary et al., 2002; Elmi et al., 2003). Üks vähestest väga pikaajalistest uuringutest, Six et al. (2004) jõudis järeldusele, et niisketes tingimustes on N₂O emissioonid esimesed 10 aastat miniharimise korral kõrgemad kui tavaharimisel, seejärel need tasakaalustuvad ja peale 20 aastat on mitteküntud põldudelt emissioonid oluliselt väiksemad. Ka matemaatiliste mudelite abil tehtud simulatsioonid näitavad, et mittekündmise mõju N₂O emissioonidele võib olla nii positiivne (Mummey et al. 1998, Li et al. 2005) kui negatiivne (Li et al. 1996). Siiski puudub senini korralik põhjendus, miks on mittekündmise mõju N₂O emissioonidele niivõrd varieeruv. On mitmeid uuringuid, mis näitavad mulla lõimisega seotud parameetrite (nt savi ja liiva osakaal) seost N₂O emissioonidega (nt Chadwick et al. 1999, Bouwman et al. 2002, Freibauer 2003). Sarnaselt on Ball et al. (1999), Skiba et al. 2002 ja Rochette (2008) arvamisel, et põhjus on mulla aeratsioon ja et N₂O emissioonid suurenevad mittekündmise korral eelkõige halvasti õhustatud, kokkusurutud muldades.

Seega võib öelda, et mullaharimine võib mõjutada nii CO₂ kui N₂O emissioone, kuna harimine mõjutab ühelt poolt mulla struktuuri (Ball et al., 1999), teiselt poolt seda, kuidas taimejäänused ja sõnnik mulda jõuavad (Oorts et al., 2007).

Kolmas oluline kasvuhoonegaas, metaan, tekib mullas metanogeneesi teel anaeroobsetes tingimustes, eriti kui muld on liigniiske. Atmosfääris oleva metaani peamine bioloogiline siduja on aeroobsetes muldades toimuv oksüdatsioon metanotroofsete bakterite (need on bakterid, kes saavad süsinikku ja energiat ainult metaanist) abil (Hütsch, 2001; Xu et al., 2003). Seega, muld võib olla nii metaani atmosfääri viimise allikas kui ka selle atmosfäärist eemaldaja, sõltuvalt maakasutusest ja harimisviisist. Erinevate ökosüsteemide võrdlus on näidanud, et näiteks metsad seovad rohkem metaani kui haritud maad (Dobbie and Smith, 1996; Macdonald et al., 1996). Siit võib järeldada, et põllumajandusliku tegevusega kaasnev mulla häirimine vähendab tema võimet metaani siduda (Mosier et al., 1991; Lessard et al., 1994). Ka siin on mõõtmisandmed erinevalt haritud põldudel väga erinevad. Bronson ja Mosier (1993) leidsid, et küntud ja niisutatava mulla metaani oksüdeerimise võime on 90% väiksem kui looduslikul rohumaal. Hütsch (2001) ja Ball et al. (1999) on näidanud, et suurenenud kündmisaktiivsus vähendab metaani sidumist mullas, eelkõige kuna „häirimine“ mõjutab negatiivselt CH₄ oksüdeerivaid baktereid. Samas on teised uurijad (Robertson et al. 2000, Six et al. 2004) väitnud, et see efekt on väga väike ja seda võib seega põhimõtteliselt ignoreerida. Datta et al. (2013) leidsid, et CH₄ emissioonid mullast ei olnud erinevatel kündmisvõtetel (sh künnist loobumisel) oluliselt erinevad. Ussiri et al (2009) leidsid pikaajalise põldkatse mõõtmistel, et mittekündmine sidus metaani, vastupidiselt teistele mullaharimismeetoditele. Samuti on tuvastatud näiteks N väetiste negatiivne mõju metaani siduvate bakterite elutegevusele (Mosier et al., 1991).

8.3. KHG mõõtmisest ETKI-s

Koostaja: Jüri Kadaja

Projekti üheks eesmärgiks oli Teha ülevaade ETKI võimekusest katsetel kasvuhoonegaaside (KHG) mõõtmiste teostamiseks. CO₂ emissiooni (hingamise) mõõtmiseks mullast on võimalik kasutada ETKIs olemasolevat ADC BioScientific Ltd. poolt valmistatud fotosünteesi mõõteseadet LCpro+, millele tuleb juurde hankida mulla hingamise kambris. Mõõtmine toimub otse kambri avatud voo meetodil, millega on välistatud tuule ning suletud kambri tekkiva lisarõhu mõju. Mõõtmistulemuse saab otse CO₂ voo intensiivsuseks ning ühe mõõtmistulemuse registreerimiseks kulub aeg on alla minuti. Võimalik on emissiooni käiku registreerida pikema ajavahemiku jooksul (seade ei ole siiski vihmakindel). Paralleelselt saab registreerida mulla ja kambri oleva õhu temperatuuri, fotosünteesilist aktiivset kiirgust, õhurõhu ja mulla aurumist. Kambri aluseid, roostevabast terasest mulda surutavaid silindreid, on võimalik muretseda rohkem, et teha mõõtmisi vaheldumisi erinevatel variantidel või kordustel.

N₂O ja CH₄ mõõtmisi on viimastel kümnenditel tehtud väga arvukalt. Suur osa nendest põhineb suletud kambritest kogutud õhuproovidel, mida on analüüsitud gaaskromatograafi abil. Riistvaraliselt on gaaskromatograaf Agilent 7890A GC System olemas ETKI agrotehnoloogia osakonnas, kuid praegu puudub oskusteave ja kogemus N₂O ja CH₄ määramiseks. Põhimõtteliselt on võimalik samadest proovidest määrata ka CO₂ sisaldus. Kuna suletud kambri

muutub rõhk, mõjutab see gaaside emiteerimist. Seega on antud meetodi juures oluline gaasi kogumise kestus ja sobiva arvutusmetoodika valik. Neid on erinevaid ja nende sobivuse üle vaieldakse.

Emissiooni määramiseks pakub LICOR Biosciences statsionaarseid seadmeid: metaani emissiooni määramiseks LI-7700 Open Path CH₄ Analyzer ning CO₂/H₂O määramiseks LI-7500A Open Path CO₂/H₂O Analyzer. Seadmed töötavad gradientmeetodil, mistõttu komplekti kuulub ka tuule omadusi registreeriv anemomeeter. Võimalik kasutada ka näit sõnnikuhoidlate ja teiste emiteerivate allikate korral, kus otse pinnalt mõõtmine pole võimalik.

Eestis on KHG mõõtmise ja nende territoriaalse ning summaarse emissiooni hindamisega tegeletud TÜ Loodus- ja tehnoloogia teaduskonna Ökoloogia ja maateaduse instituudi Geograafia osakonnas Prof. Ülo Manderi juhendamisel, näit artikkel „Assessment of methane and nitrous oxide fluxes in rural landscapes“ K. Soosaare poolt on 2010 a kaitsstud doktoritöö „Greenhouse gas fluxes in rural landscapes of Estonia“. Mõõtmistes on nad kasutanud gaaskromatograafilist meetodit. Territoriaalsed hinnangud on suurelt osalt koostatud kirjandusest erinevate pinnase tüüpide kohta kogutud andmete baasil GIS meetodite abil.

8.4. Taimekaitsevahendite kasutamine katsealadel

Põhitäitja: Raivo Vettik

Kuna otsekülvil ei kasutata mullaharimist ja seetõttu mehhaaniline kahjustajate tõrje puudub, esineb üldise arvamuse kohaselt selle kompenseerimiseks suurem vajadus keemilise taimekaitse järele. Kõigi katsepõldude põlluraamatute andmete põhjal summeeriti taimekaitsevahendite toimeainete kogused. 2012-2014. aastal olid otsekülvi- ja künnipõhise viljeluse keskmised vastavalt järgmised (toimeainete summana kg ha⁻¹): pestitsiididega – 1.1 ja 0.9, neist herbitsiididega – 0,9 ja 0.63 ja neist glüfosaati – 0.53 ja 0.26 (tabel 8.1.). Kokku kasutati 31-e erinevat toimeainet.

Tabel 8.1. Pestitsiididega põllule antud toimeainet kogused viljelusviiside võrdluses (O- otsekülv, K-Künnipõhine)

Toimeainetena, kg ha ⁻¹	2012		2013		2014		Kokku	
	O	K	O	K	O	K	O	K
Herbitsiide	0,627	0,605	0,889	0,936	1,199	0,348	0,905	0,630
Fungitsiide	0,184	0,227	0,080	0,046	0,201	0,183	0,155	0,152
Insektitsiide	0,051	0,045	0,002	0,021	0,001	0,045	0,018	0,037
Kasvuregulaatoreid	0	0,150	0	0,047	0,039	0,019	0,013	0,072
Glüfosaati	0,001	0	0,772	0,698	0,816	0,077	0,530	0,258
Pestitsiididega kokku	0,862	1,026	0,970	1,049	1,440	0,595	1,091	0,890

8.5. Taimekaitsevahendite jäägid multšis ja mullas

Põhitäitjad: Priit Penu, Tiina Köster ja Karli Sepp

Taimekaitsevahendite jääkide (TKVJ) sisaldus määrati 2012. a sügisel nii uurimisalade võrdluspõldudel kui ka marsruutuuringuna otsekülvi tootmispõldudel. Tulemused on toodud Lisa 4 tabelis L4.2. Mõnedel O-põldudel võeti proovid ja määrati TKVJ sisaldused paralleelselt mullast ja samal kohal olevast multšist. Võrdluspõldude TKVJ sisaldus mullas on hoolimata viljelusviisist suhteliselt sarnane, kuid ka siin on väikesed erandid. Näiteks O1 oli ainuke, kus TKVJ ei leitud, kuid K1-l määrati glüfosaadi ja trifluraliini jäljed ehk sisaldus alla määramispiiri. K12-l leidis nii herbitsiide kui fungitsiide - kokku 3 toimeainet. Kolmel O-põllul võrdlesime ka mullas ja multšis leiduvate TKVJ sisaldust ja selgus, et multšis on üldjuhul suurem nii TKVJ sisaldus kui ka toimeainete arv. Toimeaine sisaldus multšis võib olla koguni kümneid kordi suurem kui mullas. Suhteliselt suur oli multšis tiguude tõrjeks kasutatud *methiocarb* toimeaine sisaldus, mida aga mullas üldse ei leidunud. Piirkondade omavahelisel võrdlusel selgus, et enam on taimekaitsevahendite jääke Põlva piirkonnas ja vähem Abja piirkonnas. Harjumaal asuvatel K4 ja O4-l on suhteliselt suured glüfosaadi jäägid mõlemal alal.

15 põllult määratud proovis ei leidunud mingeid TKVJ-e ühes proovis (6,6%), viiest proovist (33%) leiti üks toimeaine, kast proovis kaks erinevat toimeainet, seitmes proovis oli enam kui kaks erinevat toimeainet. 60% leitud toimeainetest olid herbitsiidi koostisest, ülejäänud peamiselt fungitsiidide toimeained.

9. Kokkuvõte

Mulla olemasolu ja hea seisund on väga oluline elanikkonna toiduga kindlustamiseks nii maailmas kui Eestis. Põllumeeste teadlikkus sellest, et muld on väga aeglaselt taastuv loodusvara, aegapidi süveneb. Erinevad viljelusviisid mõjutavad mulla kadumist ja teket olulisel määral. Maailmas on künd oluliselt aidanud kaasa muldade erodeerumise kiirenemisele (Mongomery 2014). Eestis aitab erosiooni pidurdada maapinna külmumine talvel. Sellegipoolest võime Eestiski näha nõlvadel ülemises osas heledamat lahjemat ja alumises osas tumedamat rammusamat mulda, mis on erosiooni tunnuseks. Seega ka Eesti mullad vajavad kaitset erosiooni eest, et tootjate konkurentsivõime ja suutlikkus elanikkonda toiduga kindlustada ei väheneks.

Teraviljasektori arengukavas on võetud eesmärgiks tõsta teravilja saagikust. Üheks abinõuks selle saavutamiseks on mullaviljakuse parandamine. See ei ole küll kiiresti teostatav aga kindlasti on see väga oluline pikemas perspektiivis. Ühe abinõuks muldade erodeerumise takistamiseks on konserveerivad viljelusmeetodite rakendamine, mis tähendab et põllud oleks kaetud vähemalt osaliselt taimiku või taimejäänustega, mis takistavad mulla erodeerimist.

Otsekülv aitab kõige paremini erosiooni takistada, kuna mulda ei muudeta tuulele ja sademetele avatuks, see on kogu aeg seotud taimejuurte abil ja ka kaetud taimejäänustega. Käesolevas uuringus saadi katsepõldudel otsekülvi puhul künniga täiesti võrdväärseid saake ja ka keskmine majanduslik tulemus ei andnud põhjust künni eelistamiseks. Seega tuleks otsekülviks sobivatel aladel soodustada selle tehnoloogia rakendamist. Muudel aladel vajaks selgitamist, et mis takistab otsekülvi rakendamist. Samuti selgitada künni põhjendatust ja millised on võimalused mullaharimise minimeerimiseks.

Lühikokkuvõtte tulemustest

Projekti raames tehti 2013. aasta algul küsitlus Kevili liikmete seas, kellest saadi 28 vastust. Nende summaarsest põllumaast oli 2012. aastal 40% künnipõhine, 45% minimeeritud harimisega, 13% otsekülviga ja 2% ribasharimisega. Otsekülvi kasutasid 7 ettevõtet.

Seega oluline osa suurtootjatest kasutavad oma ettevõttes kas väiksemal või suuremal pinnal pindharimist või otsekülvi eesmärgiga minimeerida mullaharimisega seotud energia- ja ajakulu. Samas on senine maaviljelus põhinenud künnil ja selgitamist vajas, kuidas mõjutab mullaharimisest loobumine mulla, taimede ja põllu seisundit, millised on pikaajalised mõjud ning majanduslik efekt. Uurimisprojekti eesmärgiks oli selgitada otsekülvi rakendamisvõimalusi erinevates Eesti agrokliimaatilistes tingimustes, erinevate viljelusviiside mõju mulla omadustele, põllu üldisele füto-sanitaarsele seisundile ning põllukultuuride saagi kvaliteedile, saagikusele ja omahinnale.

Katsealad asusid tootmispõldudel kaheksas piirkonnas: Harjumaal, Põhja- ja Lõuna-Viljandimaal, Valgamaal, Jõgevamaal, Tartumaal, Põlvamaal ja Pärnumaal. Lisaks oli kaasatud pikaajalise külvikorra komplekskatse Kuusikul (Raplamaa). Igas piirkonnas oli vähemalt üks otsekülvi ja üks mullaharimisega ala. Katsealadel kasutati teravilja külvikorda, mullana domineerisid kahkjad kerged ja keskmised liivsavi mullad.

Pikaajalises külvikorra komplekskatses, kus talinisu kasvatati teise kasutusaasta põldheina järel, oli muld nii otsekülviala kui künniala 0-10 cm kihis suhteliselt sarnaselt tihe. Sügavamates kihtides (10-20 ja 20-30 cm) oli aga otsekülvi variandi muld märksa tihedam kui künni variandis (keskmiselt 0,11 Mg/m³). Sarnast mulla seisundit võis täheldada ka nendel tootmispõldudel, kus otsekülvil oli põllukultuure kasvatatud üle viie aasta. Lühemaajalisel otsekülvi kasutamisel ei täheldatud mulla lasuvustiheduse olulist erinevust võrreldes künniga.

Uuriti ka toitainete paiknemist mullas. Analüüsides võeti mullaproovid neljast sügavusest (0-10, 10-20, 20-30 ja 30-40 cm) kuues korduses ja analüüsiti PMK laboratooriumis: pH, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, B ja Corg. Tulemustest selgus, et kündmisel paiknesid toitained suhteliselt ühtlaselt kogu haritud mullakihis, otsekülvil aga peamiselt pindmises 0-10 cm mullakihis. Integreeritud väetamisel (mineraalväetiste ja vedelsõnniku kooskasutamisel) oli toitaineid mullas oluliselt rohkem kui ainult mineraalväetistega väetamisel.

Agronoomiliselt eelistatavate mullaosakeste (2-4,75mm) suurem osakaal oli mullaharimisega variandis. Samuti oli veekindlate mullaagregaatide osakaal usutavalt künni kasuks.

Uurimistest selgus, et vihmausside arvukus 0-20 cm mullakihis, sõltus oluliselt mullaharimise intensiivsusest, väetamisest ja kasvatatavast kultuurist. Pikaajalises külvikorra katses mõjutas vihmausside arvukust kõige enam vedelsõnnik. Kuid siiski oli otsekülvil vihmausse kaks korda rohkem kui künnil. Tootmispõldudel oli mullaharimise mõju vihmaussidele oluliselt väiksem. Kuid ka siin oli nende arvukus ja mass otsekülvil suurem kui künni variandis.

Anti ka hinnangud muldade üldisele elurikkusele ja analüüsiti muldade taimekaitsevahendite jääkide sisaldust. Olulist erinevust viljelusmeetodite vahel ei täheldatud.

Perkomeetri abil tehtud mulla soolsuse (ECe) määramise tulemused näitavad et kevadeti on muldade ECe madalam kui samal mullal sügisel ja seda ka peale mõõtmisi toimunud sügisväetamise korral. Kui suur osa ECe vähenemisest on seotud toitainete leostumisega ja kui suur osa kasutatakse ära mulla bioloogilise aktiivsuse käigus, vajab täiendavat uurimist. Kevadine ECe samadel tingimustel on suurem otsekülvi kui künnipõhise harimise korral,

mis tähendab otsekülvi korral väiksemat toitaine kadu. Samade mõõtmistega määrati ka mulla mahuline niiskus ja selgus, et väheste sademete puhul on otsekülvi korral mulla mahuline niiskus keskmiselt 5-7 % kõrgem kui künnipõhise harimise korral, mis on mullavee puuduse korral oluline vahe.

Mulla mikrobioloogilise aktiivsuse (MBA) määramiseks kasutati ensümaatilise aktiivsuse määramise meetodit (ensüüm dehüdrogenaas). Kolme aasta tulemused näitasid, et otsekülvi 0–10 cm mullakihi oli MBA oluliselt suurem kui künni puhul. Otsekülvi 10–20 cm mullakihi aga MBA oluliselt langes, samas künni puhul jäi see mõlemas kihis praktiliselt samaks. Selgus veel, et olenemata viljelustehnoloogiast oli erinevatel katsealadel MBA erinev, ulatudes mõnes piirkonnas (Pärnu) üle 10 (DHA, TTF $\mu\text{g/g/h}$) jäädes osades (Lõuna-Viljandi, Põlva, Valga) aga alla 3. Kuna piirkondade muldade C_{org} , pH_{KCl} ning ka proovide niiskusesisaldus oli väga erinev, siis saab järeldada, et põllu veerežiim (siin on oluline osa ka mulla lõimisel), mulla pH_{KCl} kui ka C_{org} on MBA seisukohalt määrava tähtsusega. Samas on need tegureid, mida osaliselt mõjutab ka viljelusmeetod.

Katsepõldudel seirati taimehaigusi kolmel kasvuhooajal, mis on põhjalike järelduste tegemiseks liiga lühike aeg. Teraviljadel olid vaatlusobjektideks juuremädanik, lehestiku haigused ja pähikutel esinev fusarioos. Rapsil selgitati ebajahukaste, kuivlaiksuse, valgumädaniku ja hahkhallituse esinemine erinevate viljelusmeetodite korral. Kõikide katsekohtade ja -aastate keskmised tulemused näitavad, et nisu haigused on intensiivsemad otsekülvi puhul, kuid odra haigused künni variandis. Esialgsed tulemused on põldkatsete iseloomu ja seda mõjutavaid tegureid arvestades liiga üldised ja vajaksid kindlasti pikemat katseperioodi.

Teraviljapõldude peamised taimekahjurid on lehetäid, viljakukk, lehevaablane. Rapsi puhul naeri-hiilamardikas ja kapsakoi ning otsekülvipõldudel ka kiritigu ning nälkjad. Otsekülvi põldudel leidis rohkem kasureid, nt lepatriinu vastseid, jooksiklasi, kõrvaharke. Samas oli P-Viljandi ning Põlva otsekülvidel probleeme nälkjate ning tigudega (need põllud on olnud üle 10 aasta olnud otsekülvi all), mida näitasid ka teopüünised mis said pandud põldudele 2013. aastal. Otsekülvide põldudel oli rohkem ka ripslaste ning lehetäide kahjustust. Samas leidis künnipõhistel põldudel rohkem viljakukkesid ning lehevaablasi.

Umbrohtumist määrati neli nädalat peale umbrohtõrjet põllu mitmest eri kohast 0,25 m² raamiga neljas korduses. Laboris määrati liigiliselt umbrohtude arvukus ja kuivmass. Koristuseelselt võeti põldudelt mullaproovid umbrohuseemnete arvukuse ja liigilise koosseisu määramiseks. Künnipõhisel harimisel oli umbrohtude arvukus katsekohtade keskmisena väiksem kui otsekülvil, kolme aasta keskmisena vastavalt 21,1 ja 35,5 tk m⁻². Juhul kui minimeeritud mullaharimisel suudetakse umbrohtusid efektiivselt ohjata, väheneb umbrohtude seemnepank ning selletõttu ka potentsiaal seemnetest lähtuvaks umbrohtumuseks. Nii oli P-Viljandi otsekülvipõllul tunduvalt väiksem umbrohtude arvukus, kui samas paaris oleval künnipõllul.

Suviumbrohtudes ei esinenud erinevust, suurem oli talvituvate umbrohuliikide arv künnivariandil ning otsekülvil esines enam mitmeaastaseid umbrohuliike. Katsekohtade keskmisena oli otsekülvil umbrohuseemnete arvukus suurem kõigis mullakihtides võrreldes künniga. Mulla umbrohuseemnevaru koosnes suures osas lühiealiste umbrohtude seemnetest, liikide arv varieerus 8-15-ni. Esimeste vaatlusaastate põhjal on paikapidavaid järeldusi veel raske teha, nende tegemiseks on vaja uurida umbrohtumise dünaamikat erinevate viljelusviiside juures pikema perioodi vältel.

Fotosünteesiliselt aktiivse kiirguse ja lehepinna indeksi (LAI) mõõtmisi tehti, kui taimkate oli välja arenenud ja lehepinna võib pidada lähedasteks maksimaalsele. Mõõtmisseeriade vaheliste erinevuste põhjal olid künnipõllud üldiselt homogeensemad, kui otsekülvipõllud (reeglina kehtib see ka seeriasiseses varieeruvuses). Otsekülvil olid valdavalt suuremad lehepinnad. Hinnanguliselt ligi pool kogu taimiku lehepinnast langes umbrohtude arvele. Veidi ületas künni lehepind otsekülvi oma rapside võrdlusele. Kuusiku pikaajalise katse korral andis kolme aasta mõõtmistulemuste keskmine mõlema harimisviisi puhul talinisule peaaegu võrdsed LAI väärtused.

Saakidega korreleeriti positiivsete, efektiivsete üle 5 °C ja aktiivsete üle 10 °C temperatuuride summasid ja sademete summasid perioodide kohta, mil samad temperatuuriläved olid ületatud. Sellest järeldus, et künni saagikuse sõltuvus ilmastikust on suurem kui otsekülvil.

Uuriti ka otsekülvi mõju erinevate talinisusortide saagikusele Põlvamaa leetunud saviliivmullal. 7 sordi võrdluses ilmnes, et osa sorte (Ada, Magnific, Ramiro) on viljelusmeetodi suhtes tundlikumad kui teised (Genius, Torrild, Skagen, LIA 0044). Antud katse näitab, et otsekülvil on sordil oluline osa saagi kujunemisele. Selles valdkonnas tuleks uuringuid kindlasti jätkata ning laiendada ka teistele kultuuridele.

Uuriti ka teraviljasaakide saastumist patogeensete hallitusseente poolt toodetud mükotoksiinidega. Hallitusseente esinemist teradel mõjutasid eelkõige kasvuaja ilmastik (aasta mõju) ja ettevõtte piirkond, nõrgemalt harimistehnoloogia. Ilmnes nõrk seos, et musta hallitusseene liiki *Cochliobolus sativus* võib enam esineda otsekülvipõldudel. Fusaariumi liikidest domineerisid künnipõldudel *F. culmorum* ning *F. tricinctum* ning otsekülvipõldudel *F. semitectum*.

Harimistehnoloogia ei mõjutanud oluliselt mükotoksiinide DON, HT2 ja T2 esinemissagedust ja sisaldusi teraviljade saakides. Koristamisaegne vihm soodustas toksiini DON tekkimist saakides. Toksiine HT2 ja T2 tuvastati

väga madalates kogustes. Ilmnes tendents, et talinisu, suvioder, suvinisu ja kaer võrdluses esines T2 kõige sagedamini suviodra saagis.

Viljelustehnoloogiate mõju võrdlemisel saagikustele selgus, et otsekülvi- põldude kolme aasta keskmine saagikus kujunes kõrgemaks võrreldes künnipõhiste põldudega – vastavalt 4860 ja 4530 kg ha⁻¹. Kultuuride kaupa võrreldes osutus suviodra otsekülvipõldudel keskmine saagikus künnipõldudest madalamaks. Suurim erinevuse viljelusviiside vahel oli talinisu saagikuses, olles otsekülvil keskmiselt 1389 kg ha⁻¹ kõrgem kui künnil.

Majandusanalüüsil arvatati tootmiskulud, tõenäoline tulu ning kasum. Kulude arvutamisel võeti aluseks katsepõldude põlluraamatute andmed. Sisendite ja saagi hinnad sõltusid saagiaastast. Tootmiskulud olid kultuuride ja aastate keskmisena künnil ja otsekülvil peaaegu võrdsed, vastavalt 649 ja 641 EUR ha⁻¹. Detailsem kulude analüüs näitas, et kuigi otsekülvil mullaharimiskulud puudusid, olid enamikus teistes töödes otsekülvil kulud suuremad kui künnil. Kõige enam ületab otsekülv kündi külvikulude osas, kuna otsekülvikud on võrreldes tavakülvikutega oluliselt kallimad. Kui aga arvestada kulud saagitonni kohta, siis on otsekülvil tehtud kulud väiksemad kui künnil - vastavalt 134 ja 142 EUR t⁻¹. Sarnaselt tootmise hektarikuludega olid ka keskmised kasumid otsekülvil ja künnil peaaegu võrdsed, vastavalt 158 ja 157 EUR ha⁻¹. Talinisu ja kaera tootmise kasum oli otsekülvil suurem (kaeral kahjum väiksem) kui künnil, suvinisul ja odral aga vastupidi.

Analüüsiti kliimaatiliste aspektide mõju otsekülvitehnoloogia valikule. Mujal tehtud uuringud näitavad, et otsekülvi loetakse sobivamaks kuiva kliimasse. Seega on kliimaatilisest vaatepunktist otsekülvist oodata suuremat tulu Eesti saartel ja rannikualadel, kus sademeid on vähem ning põuad sagedasemad ja intensiivsemad. Pikaajalised kliimamudelid prognoosivad talvede pehmenemist, mis aga tähendavad Põhja-Euroopas suurenevat erosiooni, äravoolu ja reostusohu seni tavapäraselt külmunult lume all olnud küntud mullast, mis annab suurema eelise otsekülvile. Ülevaade koostati ka uuringute tulemustest seoses viljelusmeetodi mõjuga KHG emissioonile.

Kuna otsekülvil ei kasutata mullaharimist ja seetõttu mehhaaniline kahjustajate tõrje puudub, esineb üldise arvamuse kohaselt selle kompenseerimiseks suurem vajadus keemilise taimekaitse järele. Kõigil põldude põlluraamatute andmete põhjal summeeriti taimekaitsevahendite toimeainete kogused. 2012-2014. aastal olid otsekülvi- ja künnipõhise viljeluse keskmised vastavalt järgmised (toimeainete summana keskmiselt kg/ha): pestitsiididega – 1.1 ja 0.9, neist herbitsiididega – 0,9 ja 0.63 ja neist glüfosaati – 0.53 ja 0.26. Kokku kasutati 31-e erinevat toimeainet. Kokku kasutati 31-e erinevat toimeainet.

Koostatud on ülevaade teadaolevate Eestis maaletoojate poolt pakutavate otsekülvikute kohta. 2014. a lõpu seisuga oli Eestis 13 firmat, kes pakuvad 13 tootjafirma otsekülvikuid. Põhimärke on 13, nende rohkem või vähem erinevate variantide arv ulatub aga üle 30. Kui veel arvesse võtta erinevate töölaiste variandid, siis saab põllumees valida ca 50 otsekülviku vahel.

Projekti raames õnnestus juba koguda märkimisväärne hulk väärtuslike andmeid, mis aga projekti perioodi lühiduse tõttu enamikus uuritud tahkudes lubavad kõigest nentida, milline on tendents. Usutavate üldistuste tegemiseks oleks vaja pikemat aegrida. Uuriti nelja peamist teravilja ja mõnevõrra ka rapsi. Samas on tähelepanu vajavate kultuuride hulk oluliselt laiem – näiteks rukis, tritikale, talioder, hernes, uba, rüps ja taliraps. Ka suviraps võiks olla palju enam uuritud.

Kasutatud kirjandus

- Arah, J.M.R., Smith, K.A., Crichton, I.J., Li, H.S. 1991. Nitrous oxide production and denitrification in Scottish arable soils. *J. Soil Sci.* 42: 351–367
- Arvidsson, J., Etana, A., Rydberg T. 2014. Crop yield in Swedish experiments with shallow tillage and no-tillage 1983–2012. *Europ. J. Agronomy* 52, 307–315.
- Astover, A., Kölli, R., Roostalu, H., Reintam, E., Leedu, E. 2012. Mullateadus. Eesti Maaülikool, põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Tartu, 486 lk.
- Baggs, E.M., Stevenson, M., Pihlatie, M., Regar, A., Cook, H., Cadisch, G. 2003. Nitrous oxide emissions following application of residues and fertiliser under zero and conventional tillage. *Plant and Soil* 254: 361–370
- Ball, B.C., Scott, A., Parker, J.P. 1999. Field N₂O, CO₂ and CH₄ fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. *Soil Tillage Res.* 53: 29–39
- Bardgett, R.D., 2005. The Biology of Soil: a Community and Ecosystem Approach. Oxford University Press, Oxford, 242 lk.
- Batey, T. 2009. Soil compaction and soil management, a review. *Soil use and management* 25: 335–345
- Beare, M.H., Gregorich, E.G., St-Georges, P., 2009. Compaction effects on CO₂ and N₂O production during drying and rewetting of soil. *Soil Biology and Biochemistry* 41, 611–621.
- Botta, G.F., Tolon-Becerra, A., Lastra-Bravo, Tourn, M. 2010. Tillage and traffic effect (planters and tractors) on soil compaction and soybean (*Glucine max* L.) yields in Argentinean pampas. *Soil & Tillage Research* 110, 167–174.
- Bouwman, A.F., Boumans, L.J.M., Batjes, N.H. 2002. Emissions of N₂O and NO from fertilized fields: Summary of available data. *Global Biogeochem. Cycles* 16: 1058
- Bronson, K.F., Mosier, A.R. 1993. Nitrous oxide emissions and methane consumption in wheat and corn cropped systems. In: Harper, L.A., Mosier, A.R., Duxbury, J.M., Rolston, D.E. (Eds.), Agriculture Ecosystem Effects on Trace Gases and Global Climate Change. ASA–CSSA–SSSA, Madison, WI, pp. 133–144.
- Chadwick, D.R., Sneath, R.W., Phillips, V.R., Pain, B.F. 1999. UK inventory of nitrous oxide emissions from farmed livestock. *Atmos. Environ.* 33: 3345–3354
- Chatskikh, D., Olesen, J.E. 2007. [Soil tillage enhanced CO₂ and N₂O emissions from loamy sand soil under spring barley](#). *Soil and tillage Research* 97: 5–18
- Chirinda, N., Kracher, D., Laegdsmand, M. 2011. Simulating soil N₂O emissions and heterotrophic CO₂ respiration in arable systems using FASSET and MoBiLE-DNDC. *Plant and soil*, 343 (1-2): 139–160.
- Chirinda, N., Kracher, D., Laegdsmand, M. 2011. Simulating soil N₂O emissions and heterotrophic CO₂ respiration in arable systems using FASSET and MoBiLE-DNDC. *Plant and soil* 343: 139–160
- Choudhary, M.A., Akramkhanov, A., Saggar, S. 2002. Nitrous oxide emissions from a New Zealand cropped soil: tillage effects, spatial and seasonal variability. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93: 33–43
- Costa, A.L., Paixão, S.M., Caçador, I., Carolino, M. 2007. CLPP and EEA profiles of microbial communities in salt marsh sediments. *Journal of Soils and Sediments*, 7, 418–425.
- Cubrinovski, M., Ishikara, K. 2001. Correlation between penetration resistance and relative density of sandy soils. *Materials of ISSMGE* (http://ir.canterbury.ac.nz/bitstream/10092/2121/1/12596613_01_Cubrinovski-stanbul-01-ISSMGE.pdf).
- Datta, A., Santra, S.C., Adhya, T.K. 2013. Effect of inorganic fertilizers (N, P, K) on methane emission from tropical rice field of India. *Atmospheric Environment* 66, 123–130
- Datta, A., Smith, P., Lal, R. 2013. Effects of long-term tillage and drainage treatments on greenhouse gas fluxes from a cornfield during the fallow period. *Agriculture ecosystems & environment*, 171: 112–123
- Datta, A., Smith, P., Lal, R. 2013. Effects of long-term tillage and drainage treatments on greenhouse gas fluxes from a cornfield during the fallow period. *Agriculture ecosystems & environment*, 171: 112–123.
- Degens, B.P., Schipper, L.A., Sparling, G.P., Vojvodic-Vukovic, M. 2000. Decreases in organic C reserves in soils can reduce the catabolic diversity of soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 189–196.
- Dobbie, K.E., Smith, K.A. 1996. Comparison of CH₄ oxidation rates in woodland, arable and set aside soils. *Soil Biol. Biochem.* 28: 1357–1365
- Doran, J.W. 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 765–771

- Drury, C.F., Reynolds, W.D., Tan, C.S., Welacky, T.W., McLaughlin, N.B. 2006. Emissions of Nitrous Oxide and Carbon Dioxide: Influence of Tillage Type and Nitrogen Placement Depth. *Soil Science Society of America Journal*, 70: 570–581
- Elmi, A.A., Madramootoo, C., Hamel, C., Liu, A. 2003. Denitrification and nitrous oxide to nitrous oxide plus dinitrogen ratios in the soil profile under three tillage systems. *Biol. Fertil. Soils* 38: 340–348
- Esperschütz, J., Gattinger, A., Mäder, P., Schloter, M., Fließbach, A., 2007. Response of soil microbial biomass and community structures to conventional and organic farming systems under identical crop rotations. *Microbial Ecology*, 61, 26–37.
- Fernández, R., Quiroga, A., Zorati, C., Noellemeyer, E., 2010. Carbon contents and respiration rates of aggregate size fractions under no-till and conventional tillage. *Soil and Tillage Research* 109, 103–109.
- Fertilizer Application and Placement. 2002. [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex621](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex621)
- Fertilizer Placement in Direct Seeding. 2009. <http://www.reducedtillage.ca/article410.asp>
- Freibauer, A. 2003. Regionalised inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture. *Eur. J. Agronomy* 19: 135–160
- Gall, C., Schüle, T. ja Köller, K. 2009. *Landtechnik* 64, no. 3, pp. 172 – 174.
- Gregorich, E.G., Rochette, P., van den Bygaart, A.J., Angers, D.A. 2005. Greenhouse gas contributions of agricultural soils and potential mitigation practices in Eastern Canada. *Soil Tillage Res* 83: 53–72
- Groffman, P.M. 1984. Nitrification and denitrification in conventional and no-tillage soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49: 329–334
- Helgason, B.L., Walley, F.L., Germida, J.J., 2010. No-till soil management increases microbial biomass and alters community profiles in soil aggregates. *Applied Soil Ecology* 46, 390–397.
- Hütsch, B.W. 2001. Methane oxidation in non-flooded soils as affected by crop production-invited paper. *European Journal of Agronomy* 14: 237–260
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. In: Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J. & Hanson C.E. (Eds.), *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. In: Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J. & Hanson C.E. (Eds.), *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- Järvan, M. 2012. Happelised mullad vajavad lupjamist. *Maamajandus*, Aprill, 6–7.
- Kessavalou, A., Mosier, A. R., Doran, J. W., Drijber, R. A., Lyon, D., Heinemeyer, O. 1998. Fluxes of carbon dioxide, nitrous oxide, and methane in grass sod and winter wheat-fallow tillage management. *Journal of Environmental Quality* 27: 1094–1104
- Kuht, J., Reintam, E.; Edesi, L., Nugis, E. (2012). Influence of subsoil compaction on soil physical properties and on growing conditions of barley. *Agronomy Research*, 10(1-2), 329 – 334.
- Lal, R.J., Kimble, J.M., Follett, R., Stewart, B.A., 1998. *Soil Processes and the Carbon Cycle*. CRC Press, Boca Raton.
- Leslie ja Summerell. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*, Watanabe, T. 2002. *Soil and Seed Fungi. Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*.
- Lüüs, L., Nugis, E., Kuht, J. 2013. Some results of investigations about modern soil tillage and results of express diagnostic evaluation of soil physical properties. *Poster presentation during International Conference on Biosystems Engineering. 09.05-10.05, EMÜ, Tartu*, pp. 8.
- Marland, G., Garten Jr., C.T., Post, W.M., West, T.O., 2004. Studies on enhancing carbon sequestration in soils. *Energy* 29, 1643–1650.
- Montgomery D.R. 2014. *Muld. Tsivilisatsioonide häving*. Tallinna Raamatutrükikoda. 304 lk.
- Mullateadus. 2012. Koostaja Astover. A. Aurorid Astover. A., Kölli, R., Roostalu, H., Reintam, ja Leedu. E. Tartu 2012, 486 lk.
- Muukkonen, P., Hartikainen, H., Alakukku, L., 2009. Effect of soil structure disturbance on erosion and phosphorus losses from a Finnish clay soil. *Soil Tillage Res.* 103: 84–91.
- Nugis, E., Lüüs, L., Kuht, J. 2014. Results of express-diagnostics evaluation of soil basing on penetration resistance measuring. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Agriculture, No 64 (Agricultural and Forest Engineering)*, 15–24.
- Pittelkow, C.M., Liang, X., Linquist, B.A., Groenigen, K.J., Lee, J., Lundy, M.E, Gestel, N., Six, J., Venterea, R.T., Kessel, C. 2015. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature* 517: 365–368.

- Powlson, D., Stirling, C.M., Jat, M.L., Gerard, B.G., Palm, C.A., Sanchez, P.A., Cassman, K.G. 2014. Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation, *Nature Clim. Change*, 4: 678–683
- Reicosky, D.C. and K.E. Saxton. 2007. Reduced environmental emissions and carbon sequestration. In: Baker, C.J. et al. (ed.) No-tillage seeding in conservation agriculture. FAO and CAB International, Rome, Italy.
- Reintam, E., Trükmann, K., Kuht, J., Nugis, E., Edesi, L., Astover, A., Noormets, M., Kauer, K., Krebstein, K., Rannik, K. 2009. Soil compaction effects on soil bulk density and penetration resistance and growth of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica: Section B, Soil and Plant Science*, 59(3), 265 - 272.
- Robert L. Mahler. 2001. Fertilizer Placement. <http://www.cals.uidaho.edu/edcomm/pdf/CIS/CIS0757.pdf>
- Robertson, G.P., Paul, E.A., Harwood, R.R. 2000. Greenhouse gases in intensive agriculture: Contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science*, 289: 1922-1925.
- Saue, T., Kadaja, J. 2011. Possible effects of climate change on potato crops in Estonia. *Boreal Environ. Res.* 16: 203–217.
- Saue, T., Kadaja, J. 2014. Water limitations on potato yield in Estonia assessed by crop modelling. *Agricultural and Forest Meteorology* 194: 20–28.
- Schoenau, J.J. 2003. Fertilizer Placement. <http://www.ssc.ca/conference/conference2003/Schoenau.pdf>
- Semb Tørresen, K., Skuterud, R., Weiseth, L., Tandsæther, H.J., Haugan Jonsen, S. 1999. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. I. Grain yield and weed development. *Crop Protection* 18, 595–603.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M., Smith, J. 2008. 'Greenhouse gas mitigation in agriculture'. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 363: 789–813.
- Soane, B.D., Ball, B.C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., Roger-Estrade, J. 2012. No-till in northern, western and south-western Europe, A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil Tillage Res.* 118: 66–87.
- Soane, B.D., Ball, B.C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., Roger-Estrade, J. 2012. No-Till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil & Tillage Research* 118, 66–87.
- Tabatabai, M.A. 1982. Soil enzymes. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, second ed., vol. 9. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 903–947.
- UNEP 2013. The Emissions Gap Report 2013. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi
- Ussiri, D.A.N., Lal, R., Jarecki, M.K. 2009. Nitrous oxide and methane emissions from long-term tillage under a continuous corn cropping system in Ohio. *Soil & Tillage Research*, 104: 247–255.
- West, T.O. and W.M. Post. 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global analysis. *Soil Science Society of America Journal* 66:1930-1946.
- Zhang, S., Li, Q., Zhang, X., Wei, K., Chen, L., Liang, W., 2012. Effects of conservation tillage on soil aggregation and aggregate binding agents in black soil of Northeast China. *Soil and Tillage Research* 124, 196–202.

LISAD

Lisa 1. Mulla lasuvustihedus

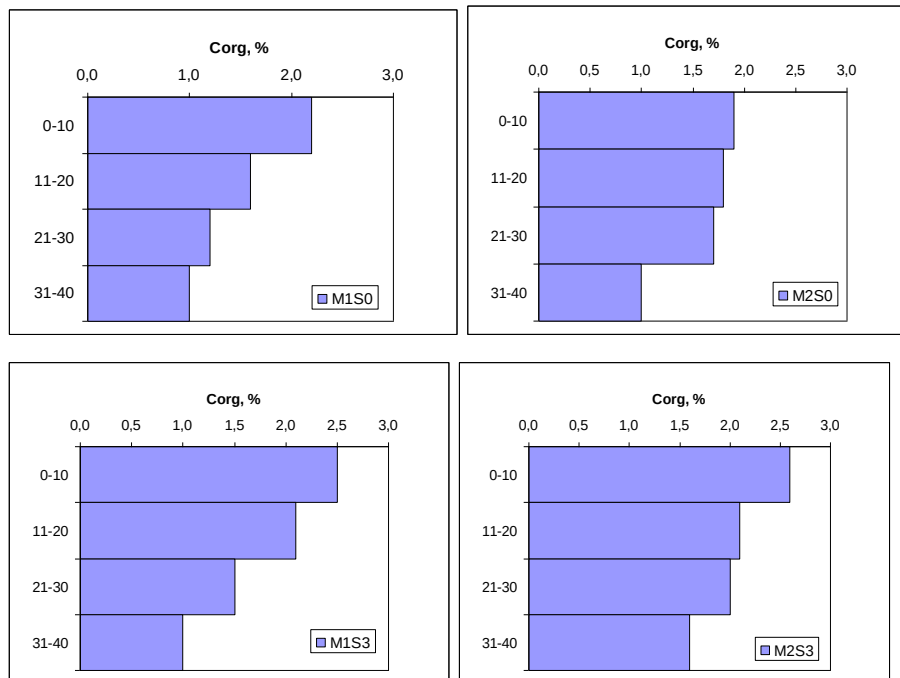
Põhitäitja: Peeter Viil

Tabel L1.1. Mulla lasuvustihedus statsionaarkatses külvikorrakatses (2012-2014) Kuusikul

Mullaharimine	Mullakiht cm	Mulla lasuvustihedus Mg m ⁻³	
		NPK	NPK+vedelsõnnik
Enne taliteravilja külvi			
Otsekülv	0-10	1,35	1,32
	10-20	1,43	1,45
	20-30	1,44	1,46
	30-40	1,51	1,52
Künd	0-10	1,43	1,36
	10-20	1,44	1,36
	20-30	1,38	1,38
	30-40	1,55	1,52
Pärast taliteravilja koristamist			
Otsekülv	0-10	1,30	1,29
	10-20	1,43	1,46
	20-30	1,44	1,47
	30-40	1,52	1,52
Künd	0-10	1,27	1,25
	10-20	1,31	1,30
	20-30	1,40	1,40
	30-40	1,51	1,53

Lisa 2. Toitainete paiknemine mullas.

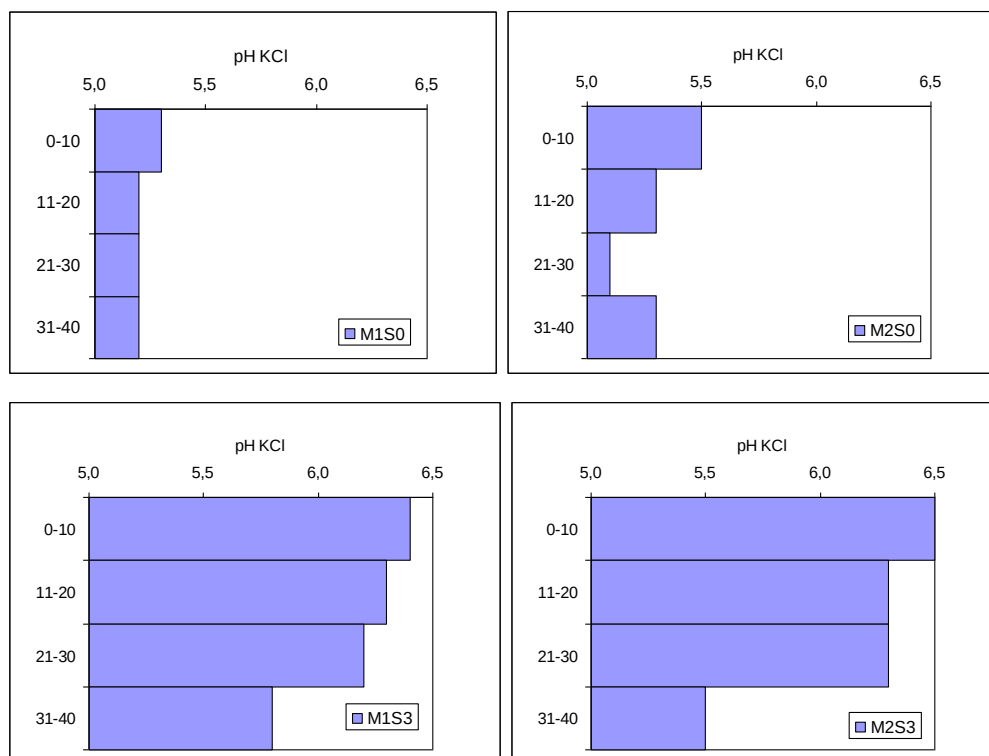
Põhitäitja: Peeter Viil



Joonis L2.1. Viljelustehnoloogia mõju mulla C_{org}, %

M1S0 – otsekülv NPK foonil; M2S0 – künd NPK foonil

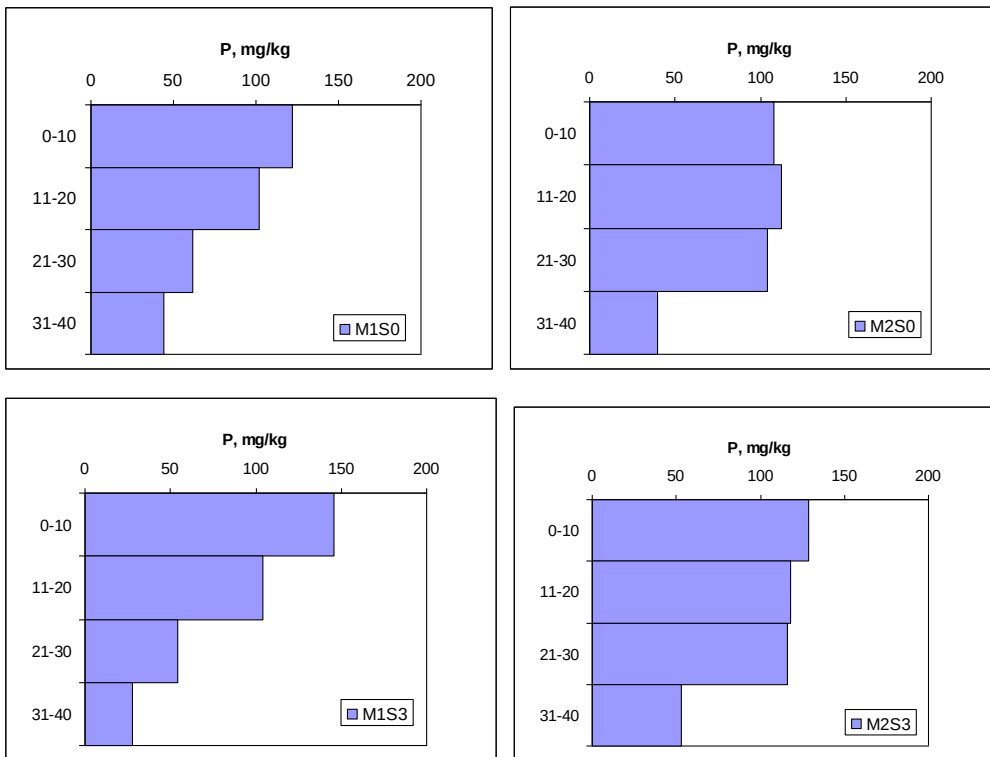
M1S3 – otsekülv NPK+vedelsõnniku foonil; M2S3 – künd NPK+vedelsõnniku foonil



Joonis L2.2. Viljelustehnoloogia mõju mulla happesusele, pH_{KCl}

M1S0 – otsekülv NPK foonil; M2S0 – künd NPK foonil

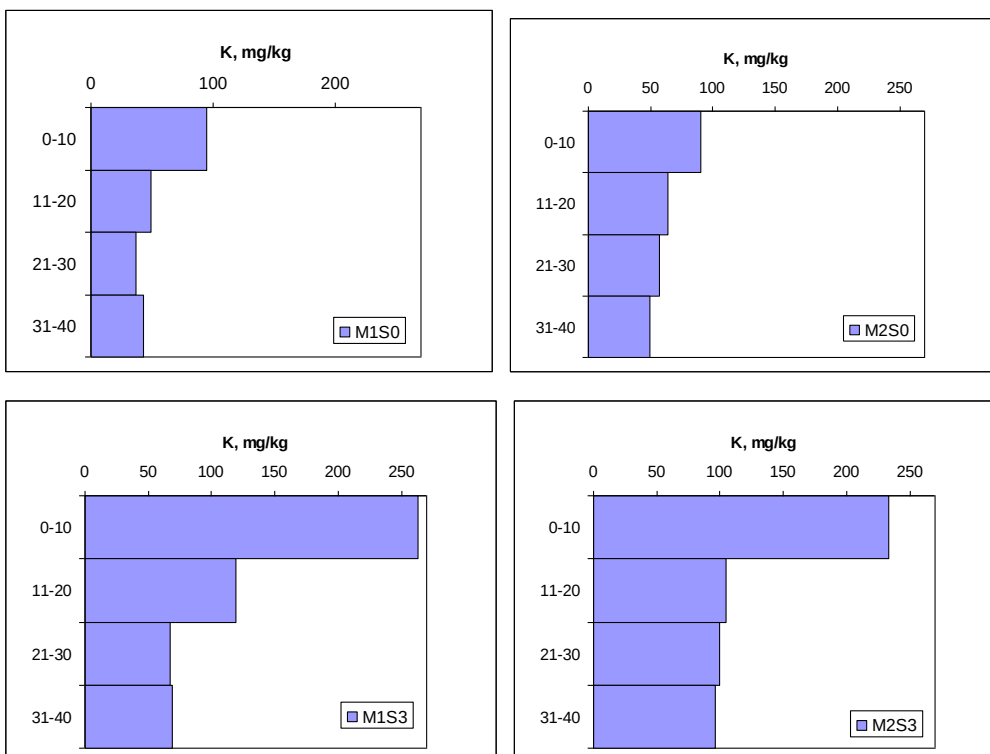
M1S3 – otsekülv NPK+vedelsõnniku foonil; M2S3 – künd NPK+vedelsõnniku foonil



Joonis L2.3. Viljelustehnoloogia mõju mulla P sisaldusele

M1S0 – otsekülv NPK foonil; M2S0 – künd NPK foonil

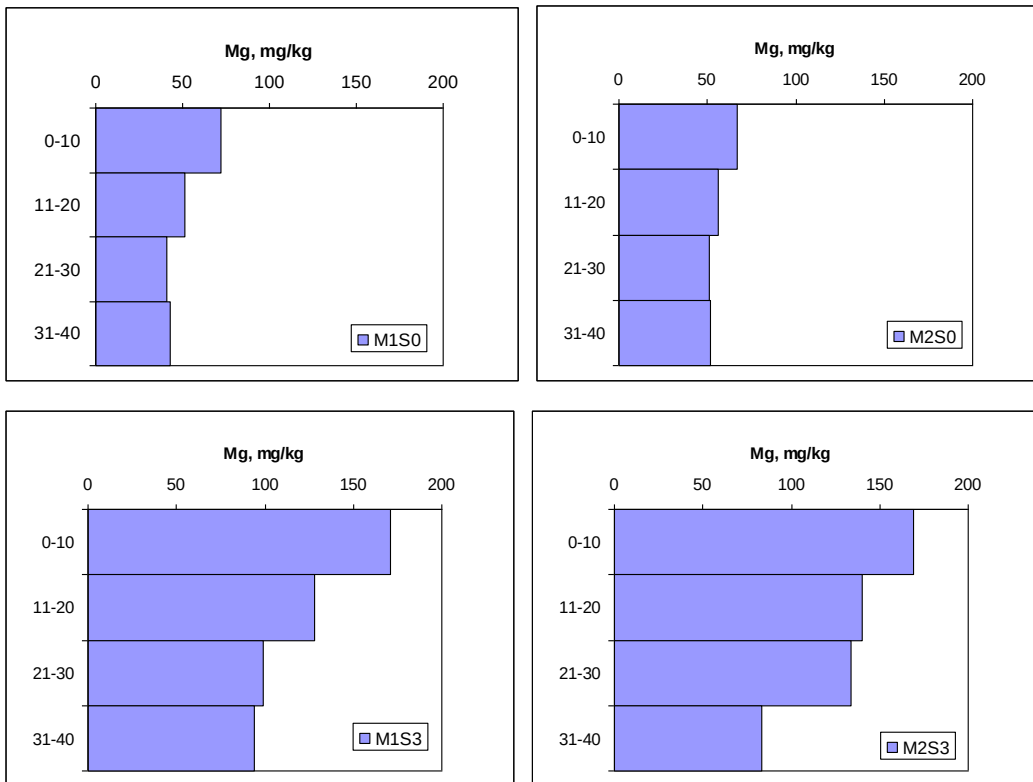
M1S3 – otsekülv NPK+vedelsõnniku foonil; M2S3 – künd NPK+vedelsõnniku foonil



Joonis L2.4. Viljelustehnoloogia mõju mulla K sisaldusele

M1S0 – otsekülv NPK foonil; M2S0 – künd NPK foonil

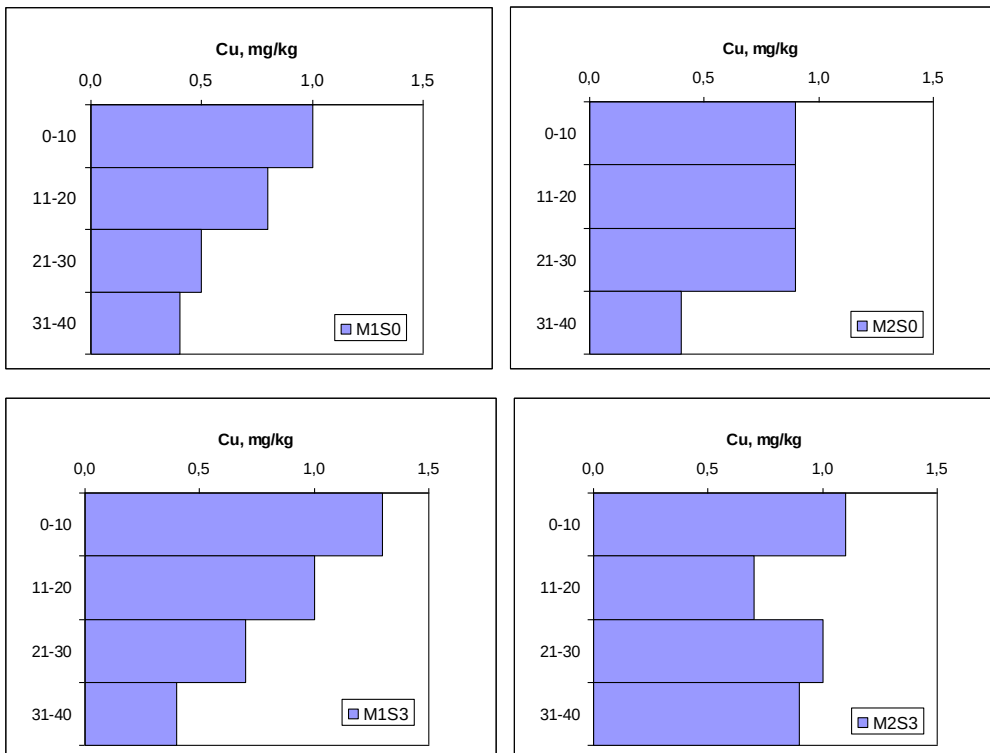
M1S3 – otsekülv NPK+vedelsõnniku foonil; M2S3 – künd NPK+vedelsõnniku foonil



Joonis L2.5. Viljelustehnoloogia mõju mulla Mg sisaldusele

M1S0 – otsekülv NPK foonil; M2S0 – künd NPK foonil

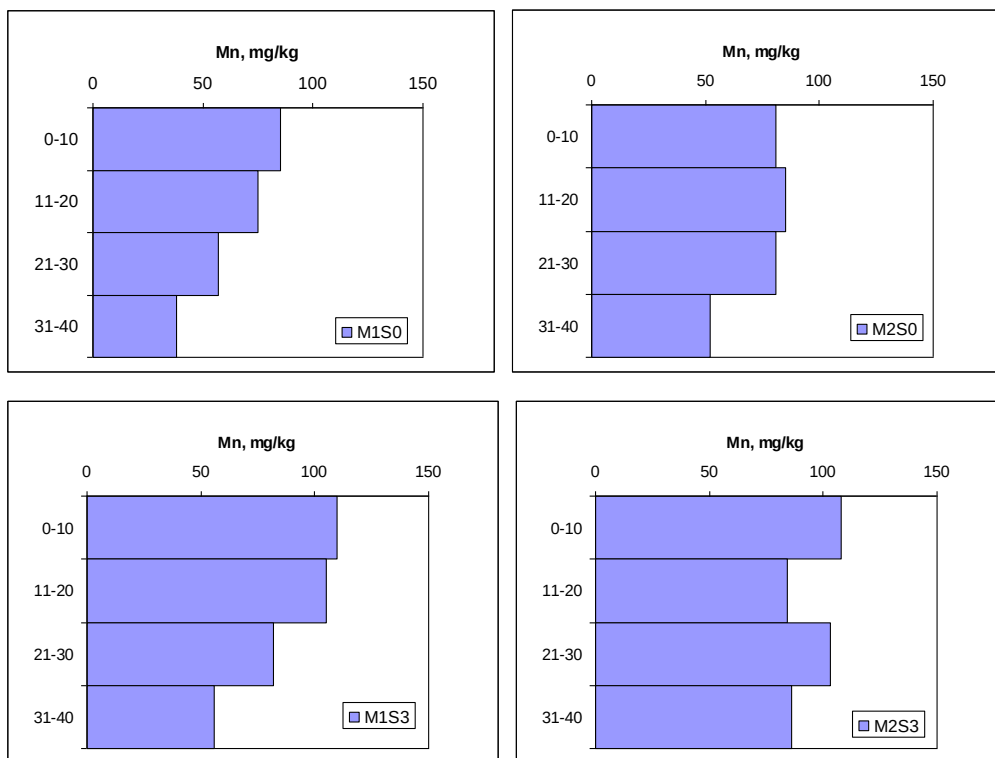
M1S3 – otsekülv NPK+vedelsõnniku foonil; M2S3 – künd NPK+vedelsõnniku foonil



Joonis L2.6. Viljelustehnoloogia mõju mulla Cu sisaldusele

M1S0 – otsekülv NPK foonil; M2S0 – künd NPK foonil

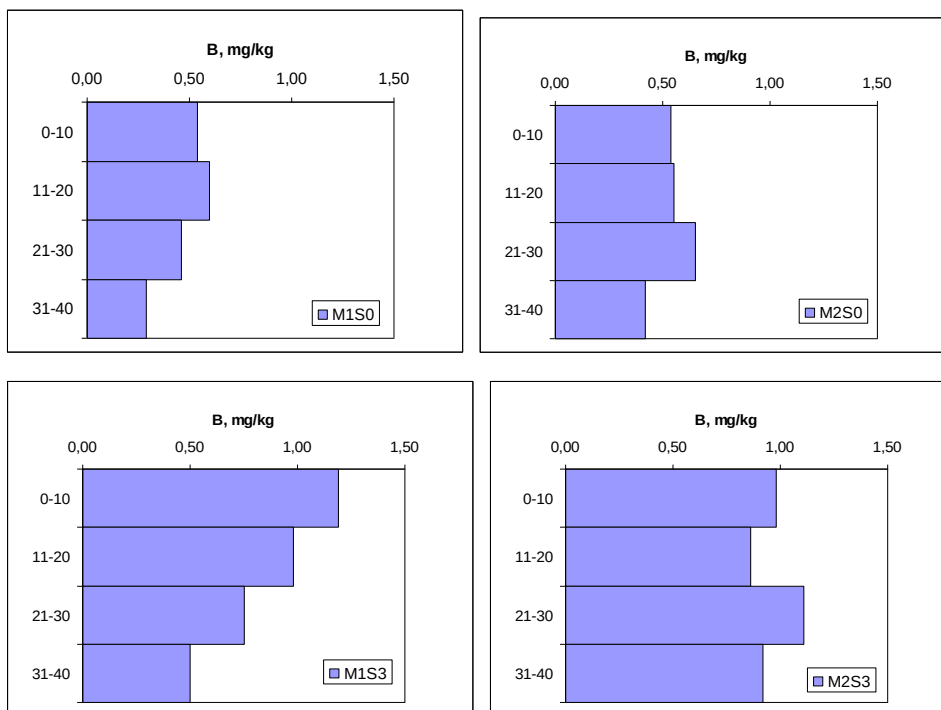
M1S3 – otsekülv NPK+vedelsõnniku foonil; M2S3 – künd NPK+vedelsõnniku foonil



Joonis L2.7. Viljelustehnoloogia mõju mulla Mn sisaldusele

M1S0 – otsekülv NPK foonil; M2S0 – künd NPK foonil

M1S3 – otsekülv NPK+vedelsõnniku foonil; M2S3 – künd NPK+vedelsõnniku foonil



Joonis L2.8. Viljelustehnoloogia mõju mulla B sisaldusele

M1S0 – otsekülv NPK foonil; M2S0 – künd NPK foonil

M1S3 – otsekülv NPK+vedelsõnniku foonil; M2S3 – künd NPK+vedelsõnniku foonil

Lisa 3. Vihmausside arvukus ja mass

Põhitäitja: Peeter Viil

Tabel L3.1. Vihmausside arvukus ja mass statsionaarses külvikorrakatses Kuusikul

Mullaharimine	Väetamine	Vihmausside	
		arvukus tk m ⁻²	mass g m ⁻²
Teise kasutusaasta põldheinaväljal			
Otsekülv	NPK	35	13,8
	NPK+vedelsõnnik	178	113,3
Künd	NPK	18	11,3
	NPK+vedelsõnnik	135	80,0
Talinisu väljal			
Otsekülv	NPK	36	14,9
	NPK+vedelsõnnik	169	105,2
Künd	NPK	8	6,9
	NPK+vedelsõnnik	71	57,8

Tabel L3.2. Vihmausside arvukus ja mass tootmispõldudel

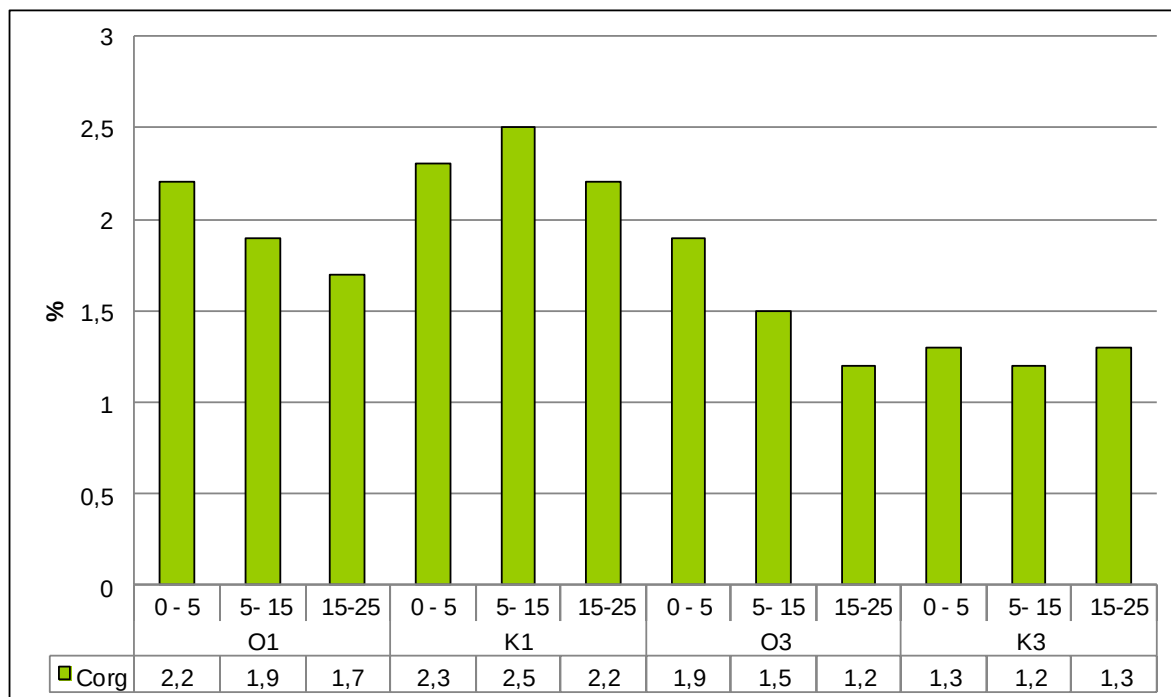
Koht	Tehnoloogia	Vihmausse	
		tk m ⁻²	g m ⁻²
Abja-Paluoja	otsekülv	107,5	58,6
	künd	115,0	53,3
Jõgeva	otsekülv	53,3	43,7
	künd	36,7	22,2
Uduallika	otsekülv	173,3	159,7
	künd	90,0	72,8
Põlva	otsekülv	130,0	83,0
	künd	147,5	53,3
Õru	otsekülv	90,0	70,3
	künd	102,5	57,5
Keskmine	otsekülv	110,8	83,1
	künd	98,3	51,8

Lisa 4. PMK mullauuringute tulemused 2012. aastal

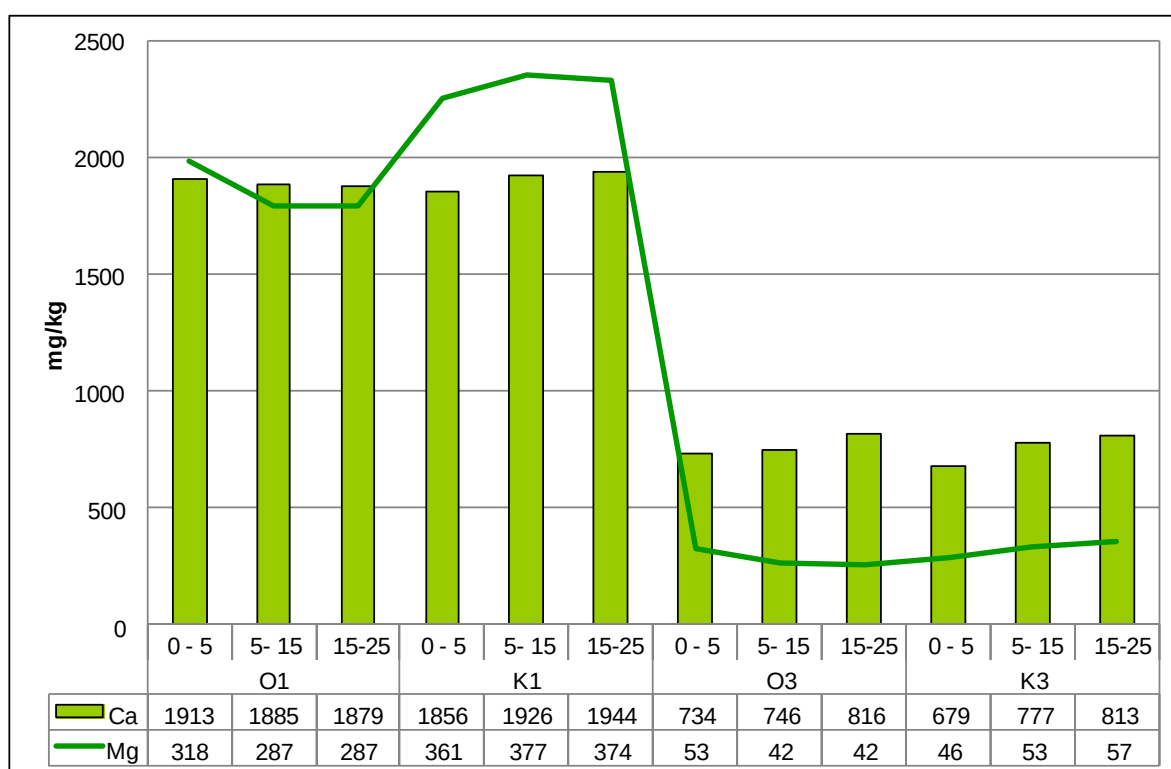
Põhitäitjad: Priit Penu, Tiina Köster ja Karli Sepp

Tabel L4.1. Tootmispõldude muldade keemilised omadused sõltuvalt huumushorisontides 0-10, 10-20 ja 20-30 cm

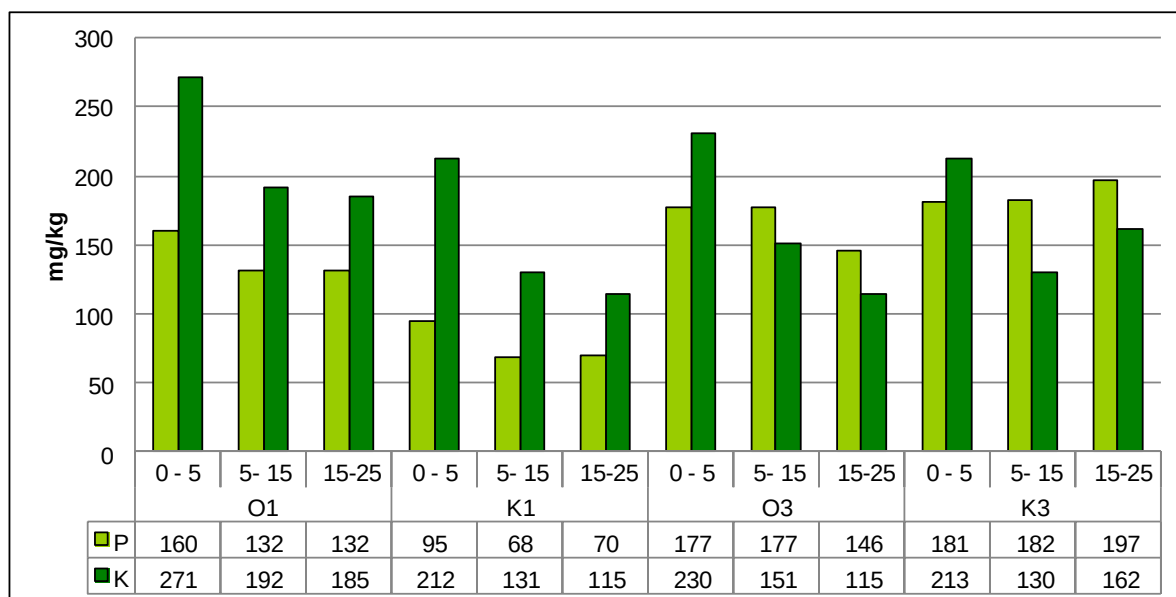
Põld		O1	K1_1	O2	K2	O3	K3	O6	K6	O7/K7	K8	O8
Määramise aasta		2012	2013	2012	2012	2012	2012	2013	2013	2013	2013	2013
pH	0-10	6,5	6.5	6,2	7,1	5,1	5,8	6.3	6.1	6.2	6	5.6
	10-20	6,7	6.4	6,5	7,1	5,7	6,1	5.9	6	6.2	6.1	5.5
	20-30	6,7	6.3	6,7	7,2	5,8	6,2	5.8	6.1	6.2	6	5.8
P	0-10	138	126	146	171	196	185	74	96	113	55	59
	10-20	117	124	136	210	186	178	64	105	102	51	61
	20-30	105	92	135	252	185	168	44	96	105	55	55
K	0-10	223	278	146	121	170	177	280	106	242	66	157
	10-20	190	236	100	211	142	174	141	230	149	52	61
	20-30	186	144	85	246	118	174	81	154	144	66	42
Ca	0-10	1744	1960	1551	2310	909	1245	1358	1447	1707	2269	2119
	10-20	1852	1866	1680	2534	1150	1194	1137	1446	1666	2395	2220
	20-30	1774	1705	1809	2908	1127	1183	1086	1457	1655	2255	2359
Mg	0-10	316	320	42	36	56	75	158	162	154	249	211
	10-20	310	318	33	70	61	71	130	153	150	277	191
	20-30	294	285	31	108	56	67	124	160	149	254	211
Cu	0-10	3,9	1.2	0,5	0,6	0,6	0,5	2.2	1.2	1.2	2.2	1.8
	10-20	3,2	1.1	0,6	0,8	0,7	0,5	1.5	1	1.1	2.2	2.1
	20-30	3,0	1	0,5	0,9	0,7	0,4	1.1	1.1	1.2	2.2	2.2
Mn	0-10	251	119	64	80	83	75	165	121	112	14	13
	10-20	257	111	67	87	83	69	155	121	106	13	10
	20-30	252	102	70	83	77	64	139	121	111	14	8
B	0-10	0,91	1.03	0,44	0,50	0,29	0,34	0.91	0.87	1.1	1.19	1.19
	10-20	0,94	1.02	0,45	0,61	0,29	0,43	0.69	0.98	0.95	1.33	1.19
	20-30	0,91	0.9	0,39	0,64	0,26	0,39	0.59	0.98	0.98	1.25	1.26
OrgC	0-10	1,6	2.8	1,6	1,5	1,4	1,6	1.8	1.8	1.9	3.1	4
	10-20	1,5	2.8	1,5	1,4	1,5	1,5	1.4	1.9	2	2.8	3.1
	20-30	1,4	2.4	1,5	1,8	1,2	1,4	1.3	1.9	1.9	3.4	3.4



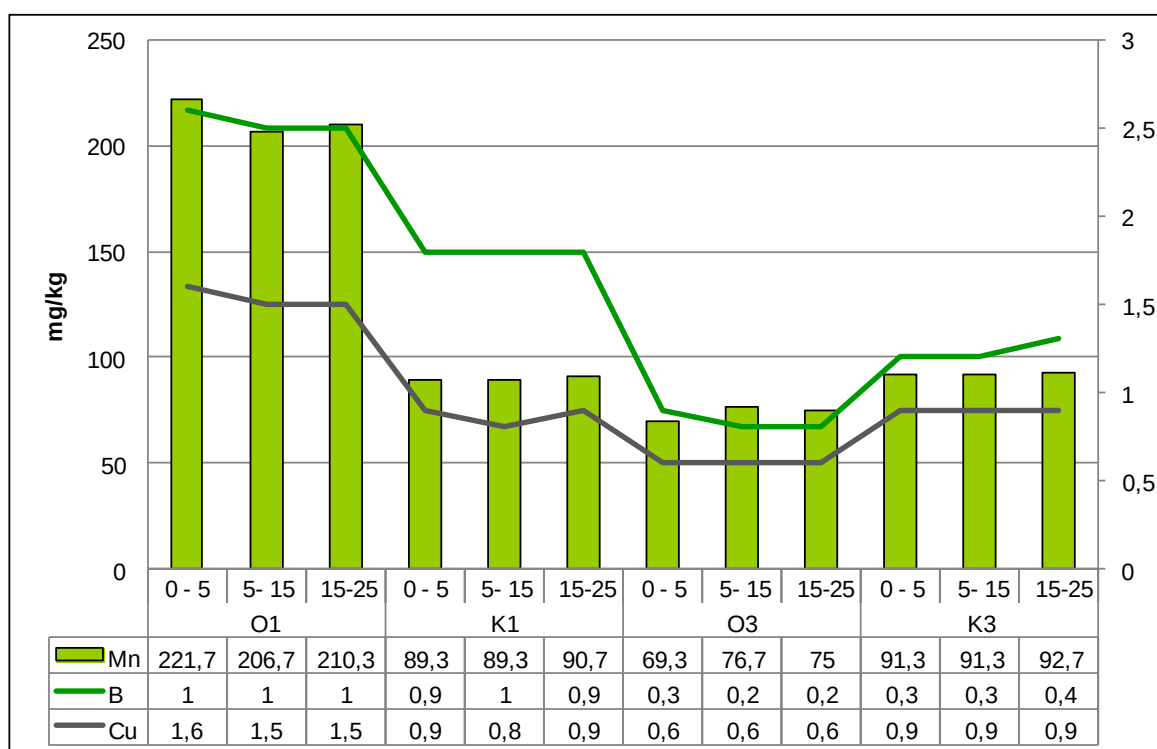
Joonis L4.1. Orgaanilise süsiniku sisaldus (%) otsekülvi (O1 ja O3) ja tavaharimisega (K1 ja K3) põldude huumushorisondi erineva sügavusega (0-5 cm; 5-15 cm; 15-25 cm) kihtides 2012. aastal



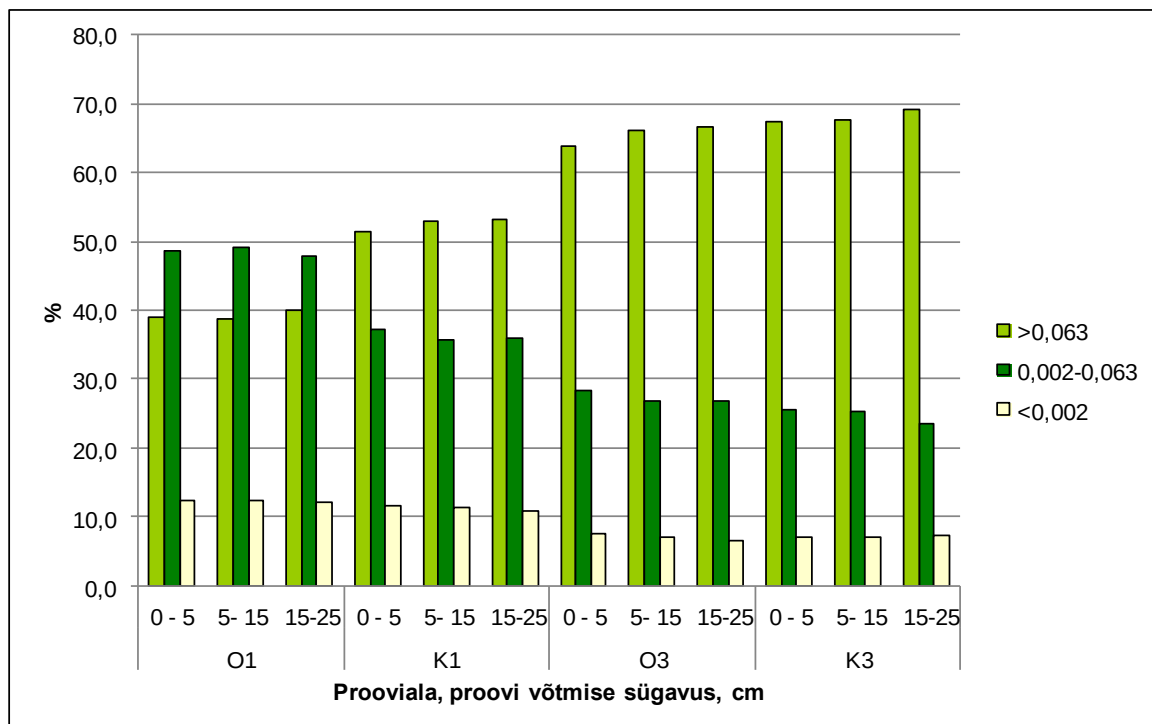
Joonis L4.2. Ca- ja Mg-sisaldused (mg/kg) otsekülvi (O1 ja O3) ning tavaharimisega (K1 ja K3) põldudel erinevates huumushorisondi (0-5 cm; 5-15 cm; 15-25 cm) kihtides 2012. aastal



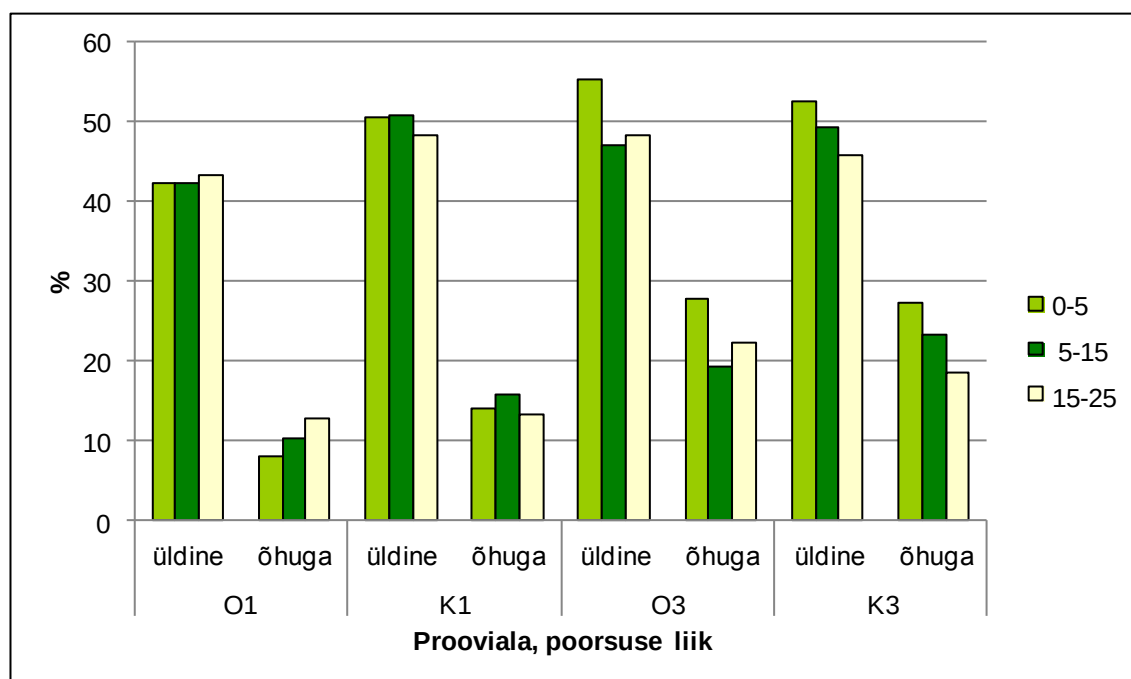
Joonis L4.3. P- ja K-sisaldused (mg/kg) otsekülvi (O1 ja O3) ning tavaharimisega (K1 ja K3) põldudel erinevates huumushorisondi (0-5 cm; 5-15 cm; 15-25 cm) kihtides 2012. aastal



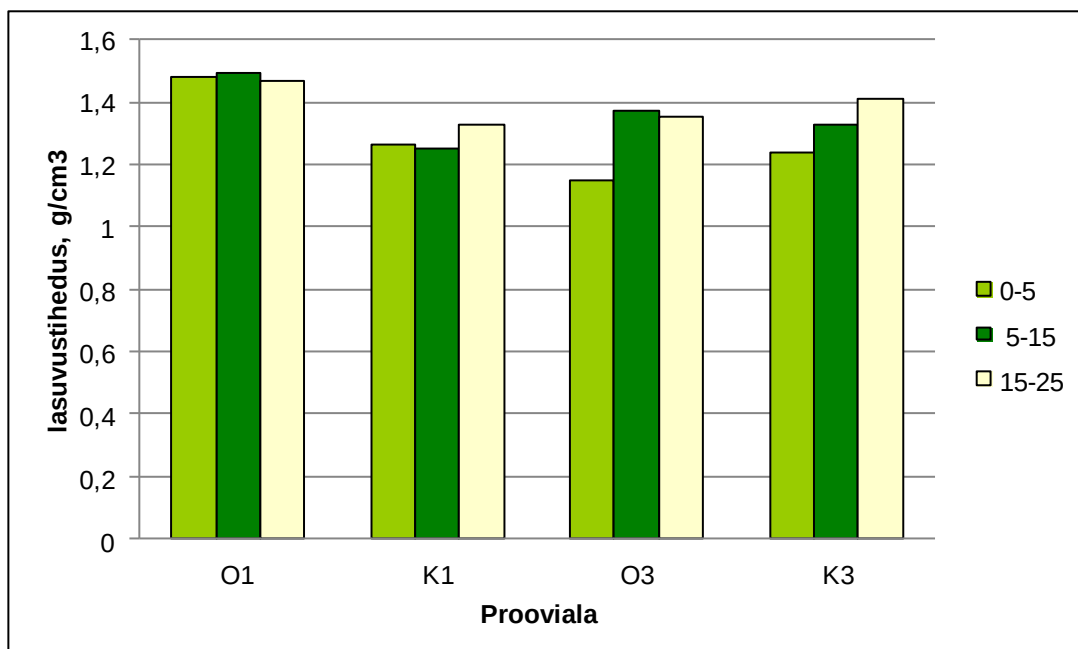
Joonis L4.4. Mn-, B- ja Cu-sisaldused (mg/kg) otsekülvi (O1 ja O3) ning tavaharimisega (K1 ja K3) põldudel erinevates huumushorisondi (0-5 cm; 5-15 cm; 15-25 cm) kihtides 2012. aastal



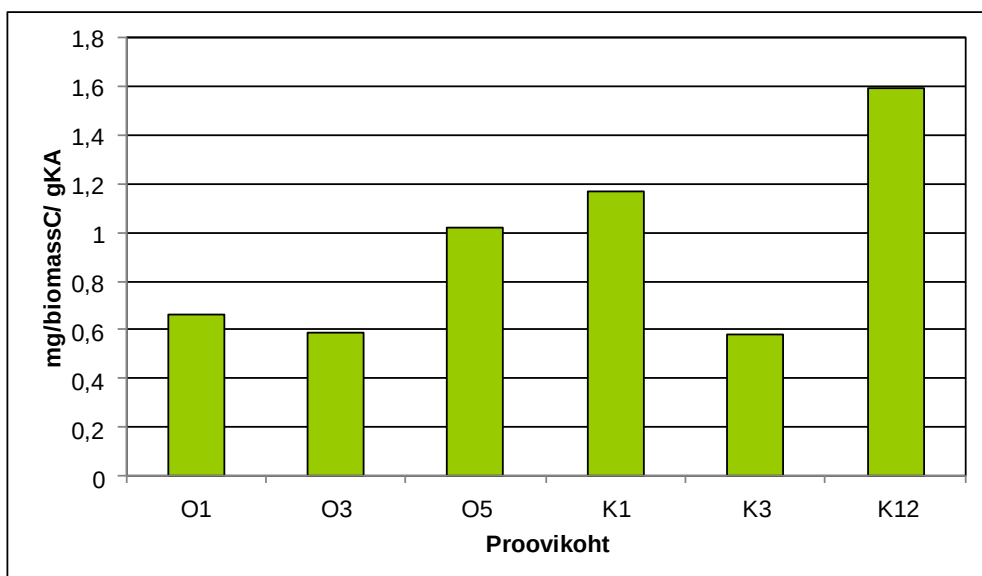
Joonis L4.5. Erineva suurusega lõimisefraktsioonide osatähtsus (%) otsekülvi (O1 ja O3) ning tava-harimisega (K1 ja K3) põldudel erinevates huumushorisoni (0-5 cm; 5-15 cm; 15-25 cm) kihtides 2012. aastal



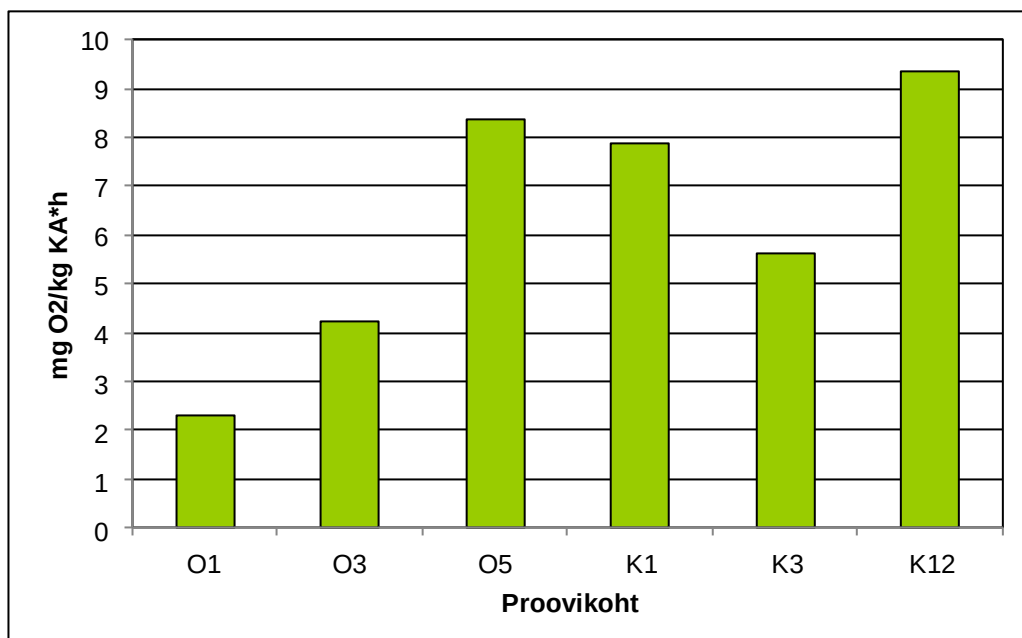
Joonis L4.6. Üldine poorsus ja õhuga pooride osatähtsus (%) otsekülvi (O1 ja O3) ning tavaharimisega (K1 ja K3) põldudel erinevates huumushorisoni (0-5 cm; 5-15 cm; 15-25 cm) kihtides 2012. aastal



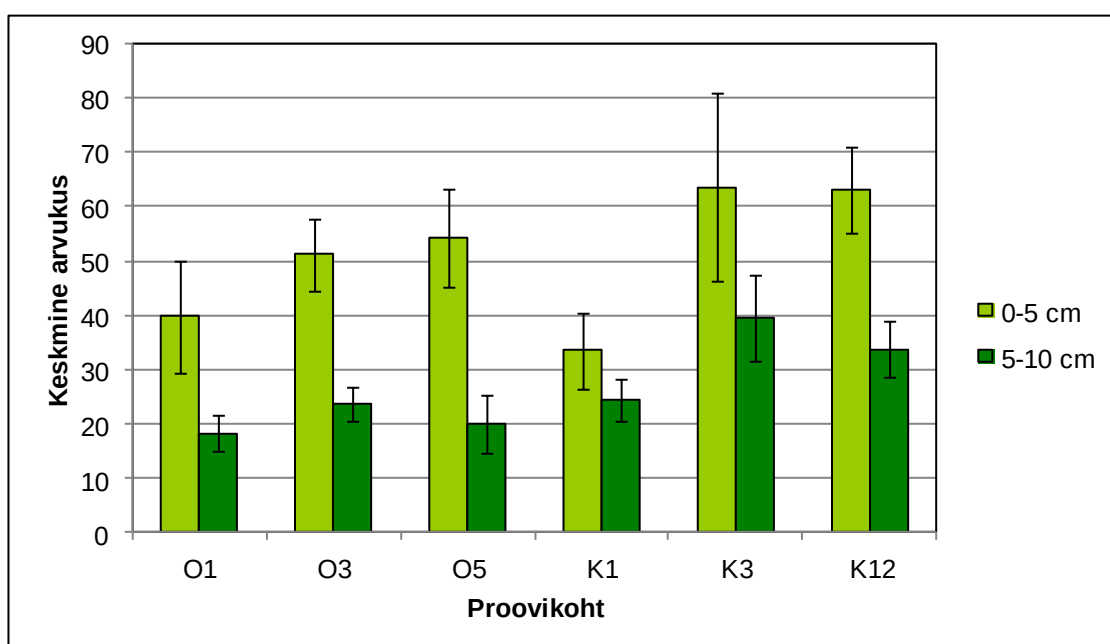
Joonis L4.7. Lasuvustihedus (g/cm^3) otsekülvi (O1 ja O3) ning tavaharimisega (K1 ja K3) põldudel erinevates huumushorisondi (0-5 cm; 5-15 cm; 15-25 cm) kihtides 2012. aastal. Skaala: normaalse huumushorisondiga mulla lasuvuste skaala oleks järgmine: alla 1,30-normaalne; 1,31-1,4 nõrgalt tihenenud; 1,41-1,5- keskmiselt tihenenud; 1,51-1,6 tugevasti tihenenud; üle 1,6 ülitihenenud



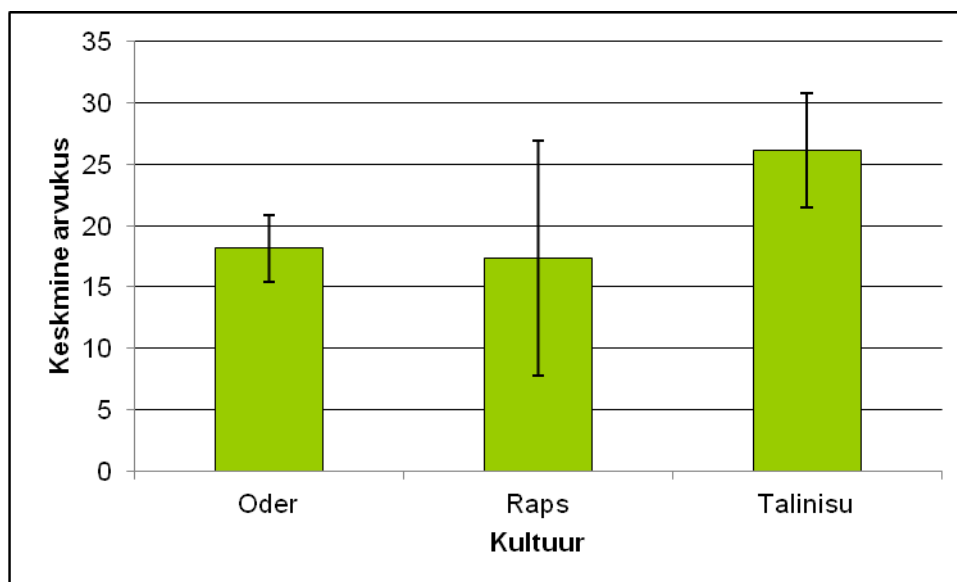
Joonis L4.8. Mulla mikroobide aktiivne biomass [mg biomassi C]/(g KA)] substraadi poolt indutseeritud hingamise (SIR) meetodil, 2012. aastal.



Joonis L4.9. Mikroobikoosluse üldine aktiivsus [mg O₂/(kg KA*h)] hingamisaktiivsuse alusel 2012. aastal



Joonis L4.10. Hooghännaliste keskmine arvukus ($\pm$ SE) kahel mullakihi sügavusel (0-5 cm; 5-10 cm), 2012. aasta andmed



Joonis L4.11. Hooghännaliste keskmine arvukus ($\pm$ SE) sõltuvalt kultuurist 0-10 cm mullakihis, 2012. aasta andmed

Tabel L4.2. Lisa Uurimislade TKVJ sisaldus mullas ja multšis 2012 aastal, F-fungitsiid, H-herbitsiid, I-insektitsiid

Põld	Toimeaine	Tulemus mg/kg	Laiend- määramatus	TKV liik	Mults	Tulemus mg/kg	Laiend- määramatus	TKV liik
K1	Trifluralin	< 0,01		H				
	Glyphosate	< 0,10		H				
O1	ei leitud							
K12	Epoxiconazole	< 0,01		F				
	Metazachlor	< 0,01		H				
	Tebuconazole	0,03	$\pm$ 0,008	F				
K2	Trifluralin	< 0,01		H				
O2	Metazachlor	0,057	$\pm$ 0,008	H				
	Pendimethalin	< 0,01		H				
	Glyphosate	< 0,10		H				
K3	Boscalid	0,036	$\pm$ 0,011	F				
	Epoxiconazole	0,011	$\pm$ 0,003	F				
	Trifluralin	< 0,01		H				
	Glyphosate	0,174	$\pm$ 0,008	H				
O3	Epoxiconazole	0,017	$\pm$ 0,004	F	Epoxiconazole	0,25	$\pm$ 0,078	F
	Flutriafol	0,02	$\pm$ 0,005	F	Carbendazim	0,01	$\pm$ 0,004	F
	Propiconazole	< 0,01		F				
K4	Glyphosate	0,13	$\pm$ 0,006	H				
O4	Glyphosate	0,25	$\pm$ 0,012	H				
O5	Epoxiconazole	< 0,01		F	Methiocarb (summa)	0,156	$\pm$ 0,067	H/I
	Trifluralin	< 0,01		H	Methiocarb	0,149	$\pm$ 0,022	H/I
					Methiocarb sulfoxide	0,007	$\pm$ 0,003	H/I
Põlva 1	Aclonifen	0,018	$\pm$ 0,004	H				
	Difenoconazole	0,015	$\pm$ 0,002	F				
	Propiconazole	0,018	$\pm$ 0,003	F				
	Tebuconazole	< 0,01		F				
	Trifluralin	0,01	$\pm$ 0,002	H				
	Methiocarb sulfoxide	< 0,005		H/I				
Põlva 3	Difenoconazole	0,011	$\pm$ 0,002	F	Difenoconazole	0,06	$\pm$ 0,018	F
	Propiconazole	< 0,01		F	Diphenylamine	0,015	$\pm$ 0,004	
	Tebuconazole	0,017	$\pm$ 0,004	F	Propiconazole	0,062	$\pm$ 0,006	F
	Spiroxamine	0,006	$\pm$ 0,002	F	Tebuconazole	0,027	$\pm$ 0,004	F

		Spiroxamine		0,007	± 0,002	F
Abja 1	Metazachlor	0,055	± 0,008	H		
	Pendimethalin	< 0,01		H		
	Glyphosate	< 0,10		H		
Abja 3	Metazachlor	< 0,01		H		
Abja 4	Glyphosate	< 0,10		H		

Lisa 5. Mulla füüsikalise seisundi hindamise meetodid

Põhitäitjad: Edvin Nugis

Mulla topsiniiskuste ($\%g\ g^{-1}$) ja tiheduste ($Mg\ m^{-3}$) määramine (mõõtmised viis läbi Edvin Nugis) toimus L-Viljandi, Valgamaa ja Pärnumaa katsekohtadel kõigil kahel aastal (2013-2014) nii peale kevadkülvi kui ka peale viljakoristustöid. Erandina 2012. aastal see toimus katsekohtadel L-Viljandi, Valgamaa organisatsioonilistel põhjustel vaid peale viljakoristustöid. Kasutati Eijkelkampi mahusilindreid (*ring kit*) ja vastavat seadet (Joonis L5.1), mille abil toimus mahusilindrite ($100\ cm^3$) mulla erinevatesse kihtidesse, sisseviimine. Tavalise abinõuna kasutati selleks vasarat. Kõik muu, so. mullaproovide kaalumise enne ja pärast kuivatamist termostaadis, toimus välja kujunenud ja tuntud metoodika järgi.



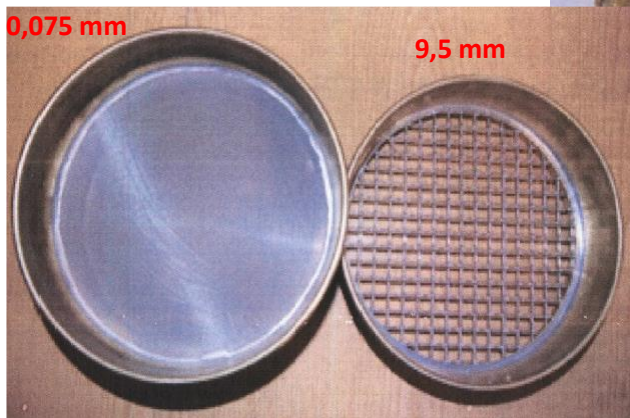
Joonis L5.1. Eijkelkampi (Holland) seade mulla topsiniiskuste ja tiheduse määramiseks:

- 1.- käepideme ja vardaga varustatud põhielement, millele kinnitatakse vastav hülss koos mahusilindriga selle sees ja mis surutakse vertikaalselt mulda;
- 2.– hülss;
- 3.– mahusilinder ($100\ cm^3$);
- 4.– mullatops.

Mulla struktuursuse (K_{str}) hindamiseks kasutati mulla niiske sõelumise meetodit, mille puhul kasutati sõelte U.S.A. *Standard Testing Sieve* täiskomplektist (Joonis L5.2) kahte sõelu avadega 4,75 mm ja 2 mm koos aluspanniga, kuhu mulla niiskel sõelumisel kogunes mullaosakesi läbimõõduga $<2mm$.

Agronoomiliselt eelistatavamateks mullaosakesteks loetakse selliseid, mille läbimõõt on vahemikus 2-4,75mm. Ülejäänuid loetakse agronoomiliselt mitte-eelistatavateks. Nende suhe on mulla struktuursustegur K_{str} .

Märkus: Sõelad võrgu avadega 4,5 mm ja 2,0 mm kasutati vastavalt Uppsala Põllumajanduse Uurimise Ülikooli (SLU) metoodikale niiske mulla sõelumiseks. Mulda, mis peale kuivsõelumist jääb pidama sõeltele avade mõõtudega 0,425 mm ja 0,250 mm, loetakse veekindlatest agregaatidest koosnevaks. Sõeltele pidama jäänud muld kaaluti ja arvutati vastav protsent sõelutud mulla üldmassist.



Sõelte võrgu avade mõõdud: 9,5 mm

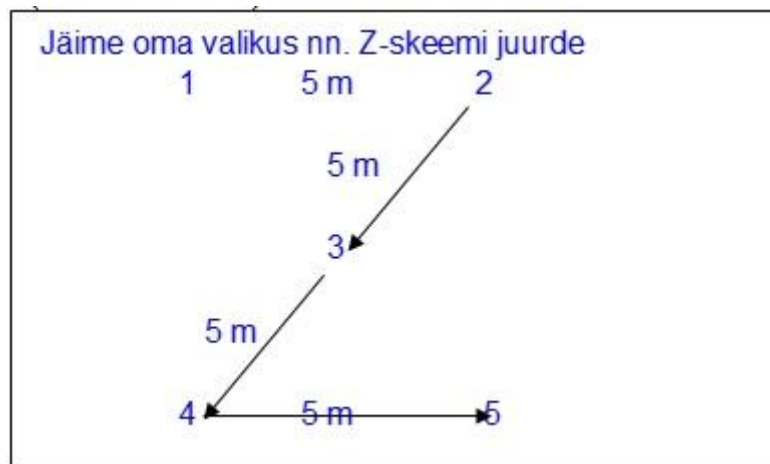
4,5 mm; 2,0 mm; 1 mm; 0,425 mm; 0,250 mm

0,150 mm; 0,075 mm mulla kuivisõelumiseks.

Märkus: suurimat sõela, mille võrgu avade mõõdud on 75 mm, antud katsetes ei kasutatud

Joonis L5.2. Sõelte *U.S.A. Standard Testing Sieve* täiskomplekt koos sõelte suurim (9,5 mm) ja väikseim (0,075 mm) näidistega.

Püsivaatluspunktid katsekohtade põldudel (Joon L5.5) märgiti maha sellisel põhimõttel, et need võrreldavate variantide (otsekülv & künd) mullastiku osas oluliselt ei erineks.



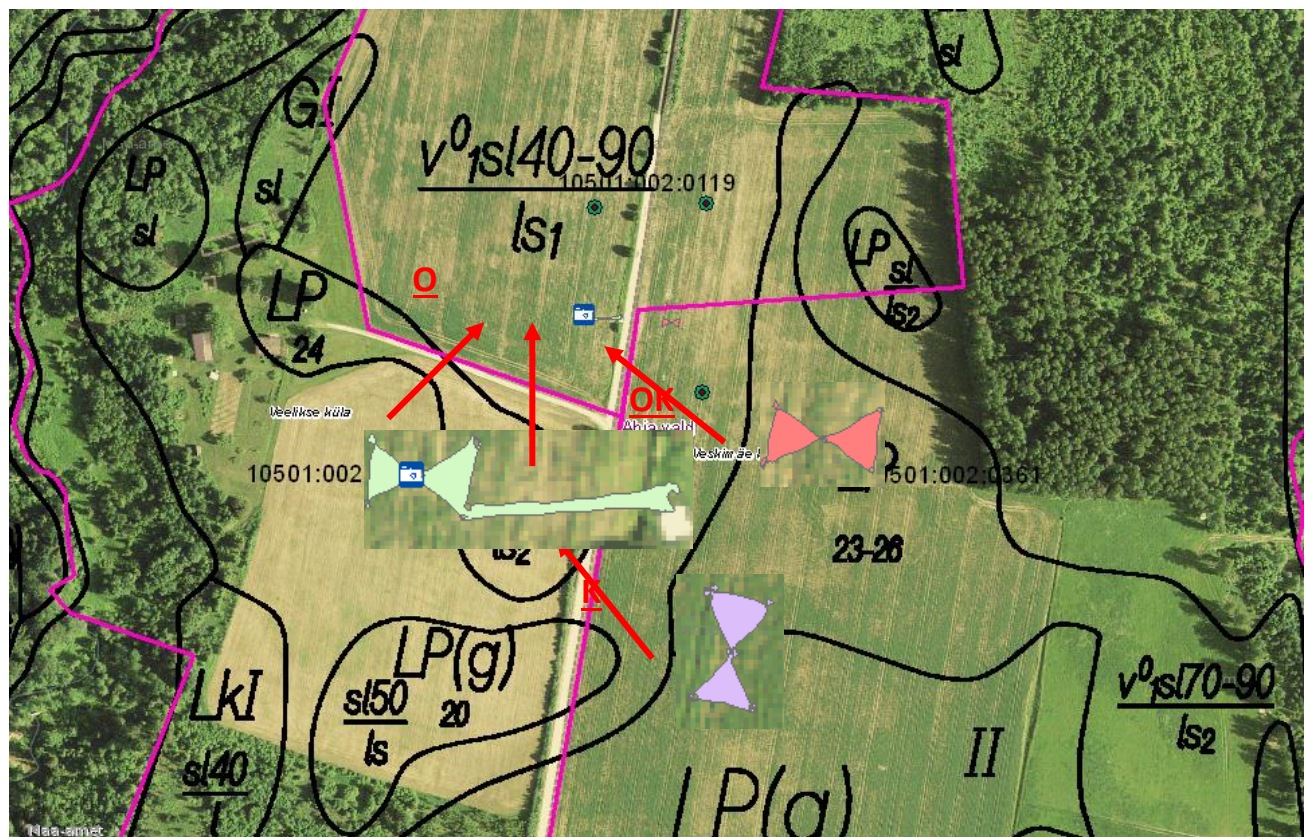
Joonis L5.3. Z-skeemi punktide vahelised kaugused, mis mõõdeti välja katsekohtades.

Esmalt püüti kanda kaardikihtidele (Joonis L5.5. 1; 2; 3) vastavad Z-punktide asukohad käsitsi (rohelist värvi punktid). Osutus, et see meetod on üsnagi ebatäpne. 2013. aasta kevadel võtsime aga kasutusele Geoxploreri (Joon L5.4.), mille abil sai kõik Z-punktid (ringiga iga punkti kohal) läbi käidud ja sealt, kus alustati, selles kohas ka lõpetati, mille tulemusena programmi ArcGISDesktop rakendamisel ilmus iga kaardikihtile vastavates katsekohtades Z-punktide kujutis.

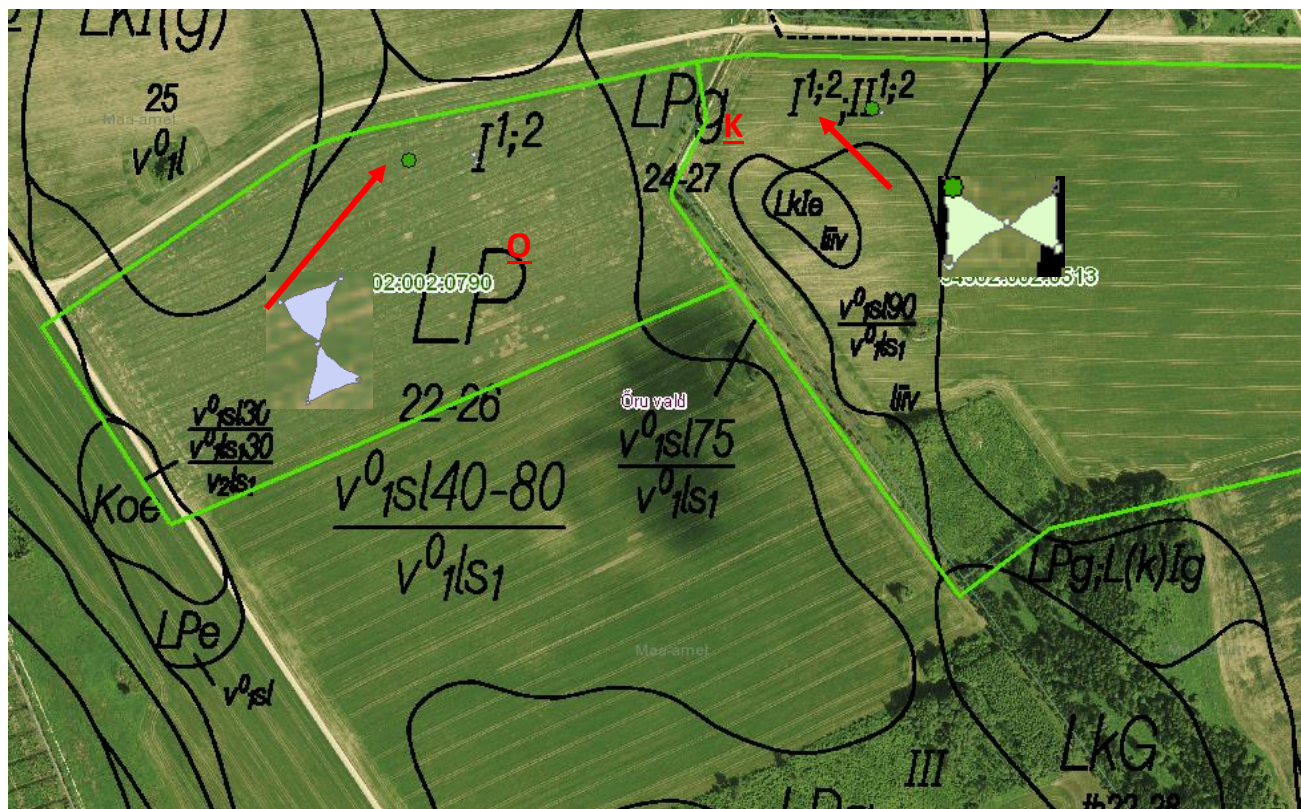


Joonis L5.4. Geoxplorer, mille abil toimus Z-punktide katsekohtades registreerimine

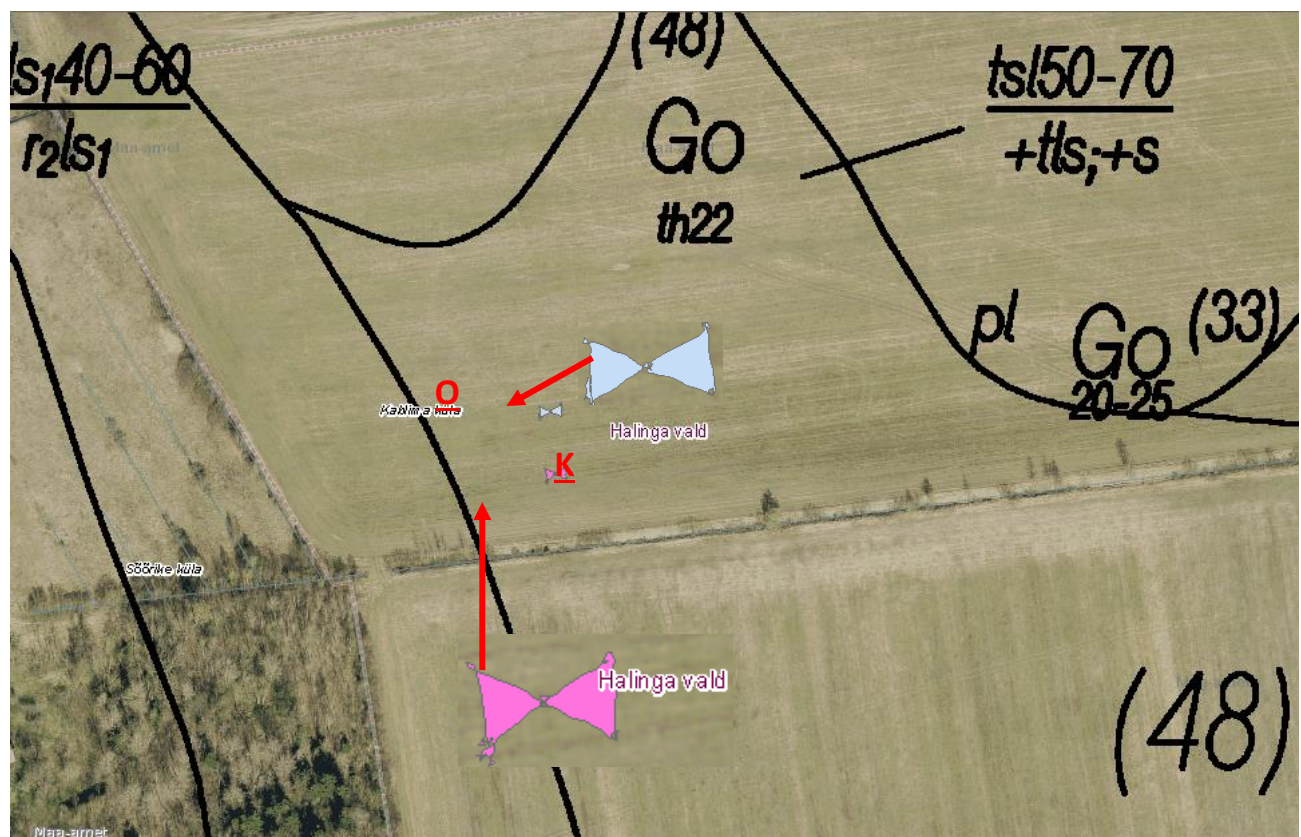
1)



2)



3)



Joonis L5.5. Mulla tiheduse (Mg m^{-3}), perkomeetriga mahulise niiskuse (%vol) ja penetromeetriga mulla tihkuse (kõvadus, MPa) mõõtmise punktide z-skeemide asukohad on tähistatud katsekohtade mullastiku ja

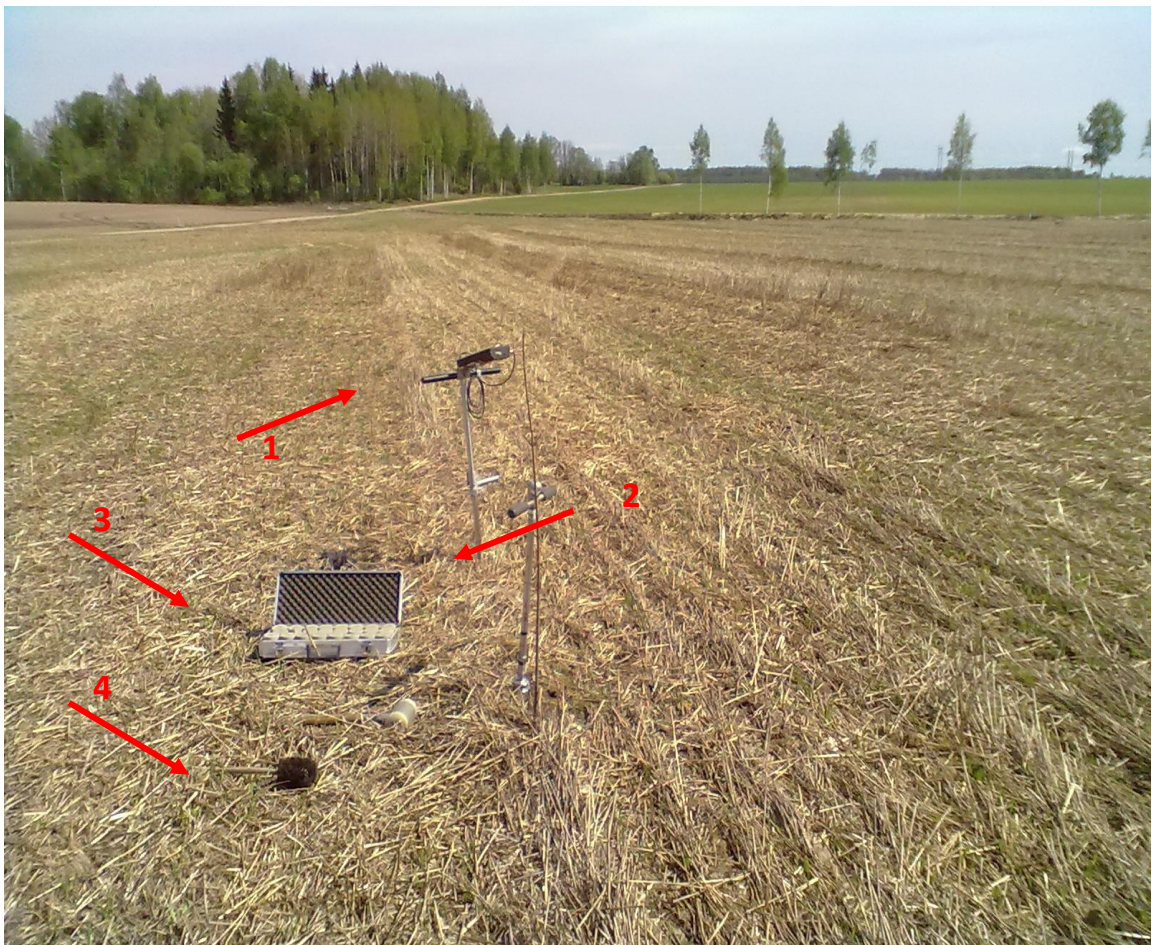
Ortofotode kaardikihtidel, mis on üksteise peale laotud (Z-skeem on suurendatud kujul, noolega on märgitud selle tegelik asukoht):

- 1) L-Viljandimaa (O2; OK2; K2), kus on ka O2 katsekohas suurendatult kujutatud eraldi reeperpunkt;
- 2) Valgamaa (O3; K3);
- 3) Pärnumaa (O8; K8).

Mulla kõvaduse (MPa) mõõtmiseks kasutati Eijkelkamp penetrologgerit. Mõõtmised viis läbi 2012 sügisel Taavi Võsa, ülejäänud aegadel - Aadu Pannal ja samades Z-punktides viis perkomeetriga (Joonis L5.6.) läbi mõõtmised Tiit Plakk, kes on ka selle mõõteriista looja ja põhiautor. Mõõtmiste situatsioon põllul Z-skeemi punktis on kujutatud Joonisel L5.7.



Joonis L5.6. Eijkelkampi penetrologger (1) mulla tihkuse (kõvadus, MPa) koos mahulise niiskuse (2 - TDR,%vol) mõõtmiseks 0 – 10 cm sügavuselt.



Joonis L5.7. Mõõtmiste situatsioon põllul Z-skeemi punktis:

- 1 – perkomeeter; 2 – Eijkelkampi mullatiheduse mõõtmisseade; 3 – mahusilindrid kastis;
- 4 – mahusilindrite puhastamishari.

Lisa 6. Mulla lasuvustihedused ja topsiniiskused

Põhitäitjad: Edvin Nugis

Tabel L6.1. Põldude (2012. aasta sügis) muldade keskmised topsiniiskused, (% g g⁻¹) (TN) ja lasuvustihedused, Mg m⁻³ (LT) ja vastavad piirdiferentsid (PD₀₅) sõltuvalt sügavuses. OK2 on katseala, kus põld jäeti kündmata ja sinna tehti otsekülv (n=5).

Sügavus, cm	TN O2	LT	TN K2	LT	TN OK2	LT	TN O3	LT	TN K3	LT
0-10	25.5	1.41	25.0	1.10	23.9	1.42	22.6	1.51	18.6	1.62
PD ₀₅	2.8	0.09	3.3	0.02	3.2	0.14	0.9	0.09	3.7	0.06
11-20	22.7	1.47	22.9	1.43	26.9	1.41	20.0	1.54	15.8	1.66
PD ₀₅	1.0	0.09	1.0	0.02	7.7	0.16	1.7	0.08	3.0	0.06
21-30	23.6	1.48	19.4	1.57	18.7	1.64	17.9	1.61	14.0	1.73
PD ₀₅	5.1	0.12	2.0	0.02	1.3	0.04	2.4	0.08	1.1	0.02

Tabel L6.2. Põldude (2013. a) muldade keskmised topsiniiskused, (% g g⁻¹) (TN) ja lasuvustihedused, Mg m⁻³. (LT) ja vastavad piirdiferentsid (PD₀₅) sõltuvalt sügavusest (n=6).

Sügavus, cm	TN O2	LT	TN K2	LT	TN OK2	LT	TN O3	LT	TN K3	LT	TN O8	LT	TN K8	LT
0-10	22.7	1.43	20.1	1.45	19.7	1.53	22.6	1.50	18.6	1.66	24.7	1.42	25.5	1.27
PD ₀₅	4.7	0.07	3.5	0.07	3.7	0.08	1.7	0.09	1.4	0.07	2.0	0.10	2.6	0.07
11-20	20.0	1.42	20.0	1.43	20.1	1.49	19.8	1.52	14.9	1.62	25.0	1.46	25.4	1.36
PD ₀₅	3.9	0.06	5.1	0.14	3.9	0.06	2.2	0.04	1.4	0.12	1.8	0.05	4.5	0.04
21-30	19.2	1.50	16.9	1.61	19.0	1.60	16.8	1.61	13.3	1.76	21.0	1.62	22.6	1.54
PD ₀₅	4.9	0.07	2.9	0.07	5.1	0.07	1.6	0.06	1.0	0.06	2.7	0.09	4.2	0.06

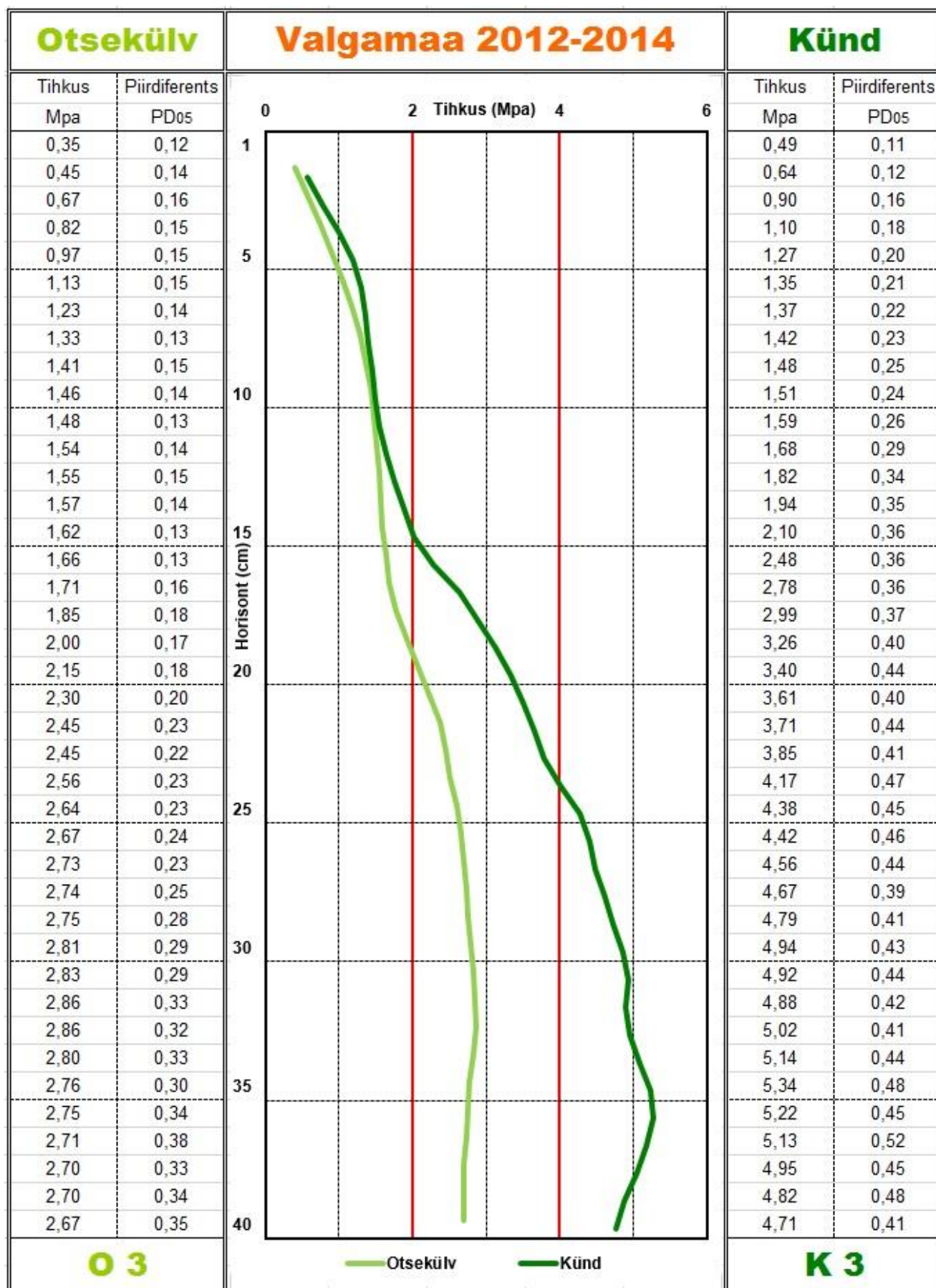
Tabel L6.3. Põldude (2014. a) muldade keskmised topsiniiskused, (% g g⁻¹) (TN) ja lasuvustihedused, Mg m⁻³. (LT) ja vastavad piirdiferentsid (PD₀₅) sõltuvalt sügavusest (n=6).

Sügavus, cm	TN O2	LT	TN K2	LT	TN OK2	LT	TN O3	LT	TN K3	LT	TN O8	LT	TN K8	LT
0-10	22.6	1.47	20.8	1.33	21.0	1.52	19.8	1.62	14.3	1.68	28.3	1.37	25.1	1.35
PD ₀₅	2.6	0.09	6.0	0.34	6.2	0.07	3.8	0.14	3.3	0.11	4.9	0.10	8.9	0.40
11-20	20.9	1.46	18.8	1.35	24.2	1.47	18.1	1.62	14.4	1.67	25.4	1.43	26.9	1.45
PD ₀₅	1.4	0.09	5.5	0.32	6.1	0.11	3.2	0.14	3.0	0.12	3.9	0.12	8.4	0.33
21-30	19.5	1.48	18.6	1.57	18.9	1.55	15.5	1.71	12.1	1.75	24.5	1.48	20.3	1.76
PD ₀₅	2.3	0.09	6.5	0.33	2.6	0.12	4,0	0.13	2.6	0.10	4.5	0.15	5.5	0.33

Lisa 7. Mulla penetrogrammid

Põhitäitjad: Edvin Nugis ja Taavi Võsa

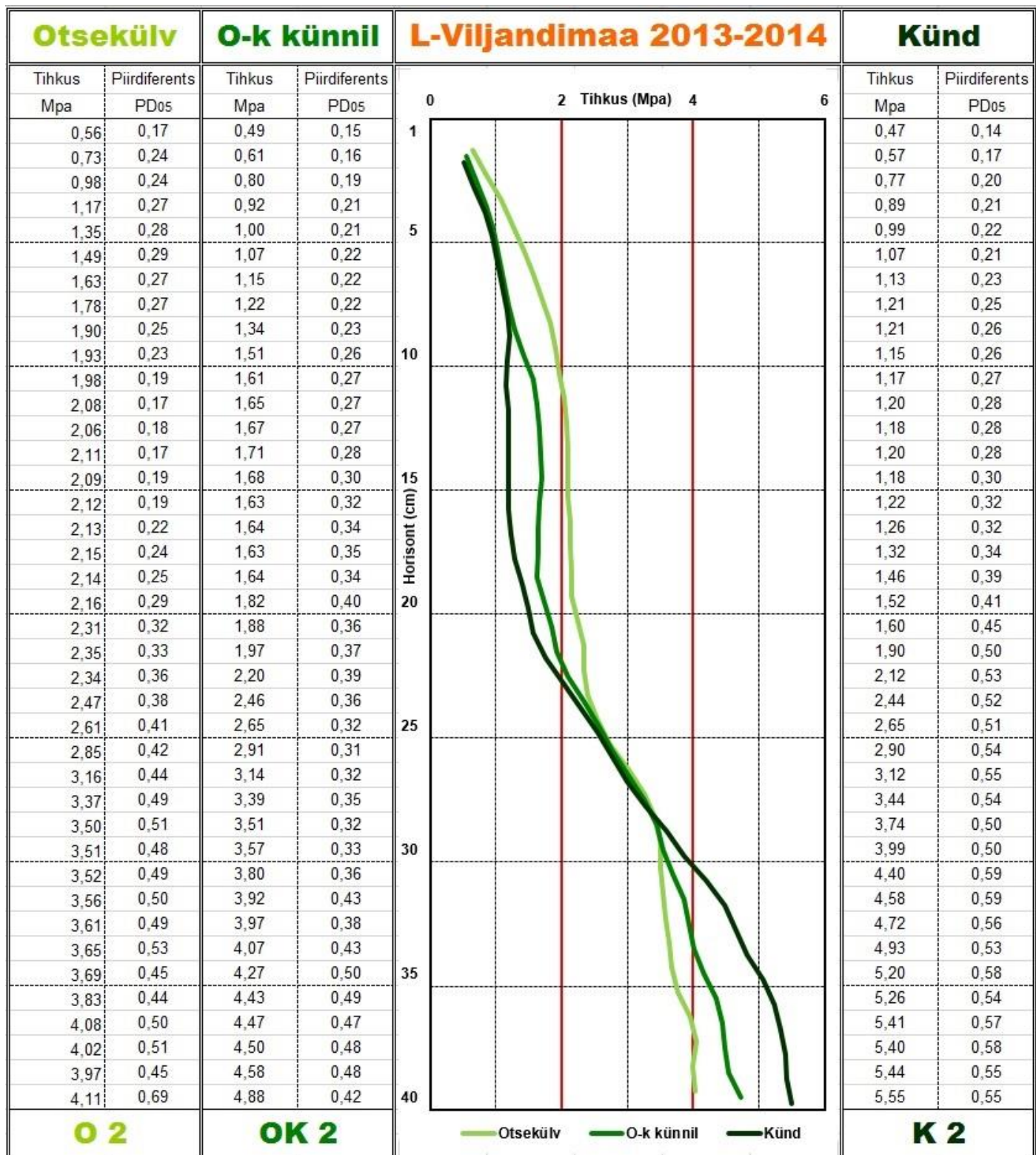
a)



b)



c)



Joonis L7.1. Katsekohtade mulla penetrogrammid ja mulla kõvaduse piirdiferentsid (PD₀₅ - 0,05 usutavusega aastate lõikes ja kihiti sammuga 1 cm):

- O3 (otsekülv); K3 (künd) Valgamaa;
- O8 (otsekülv); K8 (künd) Pärnumaa.
- O2 (otsekülv); OK2 (otsekülv künnil); K2 (künd) –Lõuna-Viljandimaa.

Lisa 8. Mulla niiskuse määramine perkomeetri tulemustest.

Põhitäitjad: Tiit Plakk

Lisa 8 .1 Perkomeetriga mõõdetud mulla mahulise niiskuse võrdlus mullaproovist määratud niiskusega

Tabelis_Niiskuste_võrdlus_kaalumise.xls on toodud mullatiheduse määramiseks 100 cm³ mulla mõõtesilindriga võetud proovidest kaalumise teel määratud mahulised niiskused võrreldes perkomeetriga mõõdetud Er väärtuste põhjal arvutatutega. Kokku on tabeli toodud 2013-2014 a. võetud proovide andmed 19 variandis L-Viljandis, Valgamaal ja Pärnumaal eri kuupäevadel.

Proovide võtmise meetodika. Igal katselapil on märgitud 5 m vahedega 5 mõõtepunkti (vt. kaustas Katseandmed iga katselapi kohases failis). Z punktide nr.2 ja nr.4 juures võeti 100 cm³ mõõtesilindriga mulla proovid 3 sügavusest (keskmiselt 5 cm, 15 cm ja 25 cm), millest igaühest määrati kaalumise teel mulla tihedus gcm³ ja mahuline niiskus Wv %. Tabelis 1. on veerus „Silindriga määratud Wv“ Z punktide 2 ja 4 vastavate sügavuste keskmised, veerus Er aga kõikide Z punktide perkomeetriga mõõdetud vastavate sügavuste keskmised Er-d, seejuures iga Z punkti juures igal sügavusel on tehtud 3 mõõtmist, seega siis iga sügavuse kohta käiv Er tabelis on tegelikult 15 mõõtmise keskmine. Tulemuste analüüsis tuleb arvestada, et rangelt võttes ei ole määratud katseliselt Wv ja Er samades punktides; seega lisandub kõikidele väärtustele lisaks mõõteveale (mis on kuivatamise - kaalumise puhul väga väike) loomulik niiskuse muutlikkus mullas. Meie mõõtetulemuste põhjal (tuhanded mõõtmised eesti põldudel aastatel 2004...2014) on katselapi ulatuses olnud mulla mahulise niiskuse standardhälve suurusjärgus 1...2 %, artikli „Field observations of soil moisture variability across scales“ James S. Famiglietti,¹ Dongryeol Ryu,² Aaron A. Berg,³ Matthew Rodell,⁴ and Thomas J. Jackson², WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 44, W01423, doi:10.1029/2006WR005804, 2008 andmetel 2.5 m skaalas lausa 3.6 %. Sammaegselt perkomeetri mõõtmistega toimusid samades mõõtepunktides ka penetromeetrilise profiili mõõtmised.

On teada, et mulla dielektriline läbitavus Er sõltub esimeses lähenduses ainult mulla niiskusest. Mulla niiskuse määramiseks Er alusel kasutame järgmisi seoseid:

Tabelis_Niiskuste_võrdlus_kaalumise.xls veerg „Wv graafik“ tähendab, et niiskus Wv on arvutatud autori poolt eksperimentaalselt koostatud eri mullatüüpide Wv(Er) graafiku järgi. Antud katsekohtades on tegu Eestile iseloomuliku SL-LS ehk keskmise löimisega muldadega, va. Halinga kus kasutasime savimulla graafikut.

Veerus „Toppi valem“ on kasutatud Topp'i poolt pakutud ja laialt kasutusel olevat empiirilist seost:

$$Wv (m^3/m^3) = 4.3 \times 10^{-6} * Er^3 - 5.5 \times 10^{-4} * Er^2 + 2.92 \times 10^{-2} * Er - 5.3 \times 10^{-2},$$

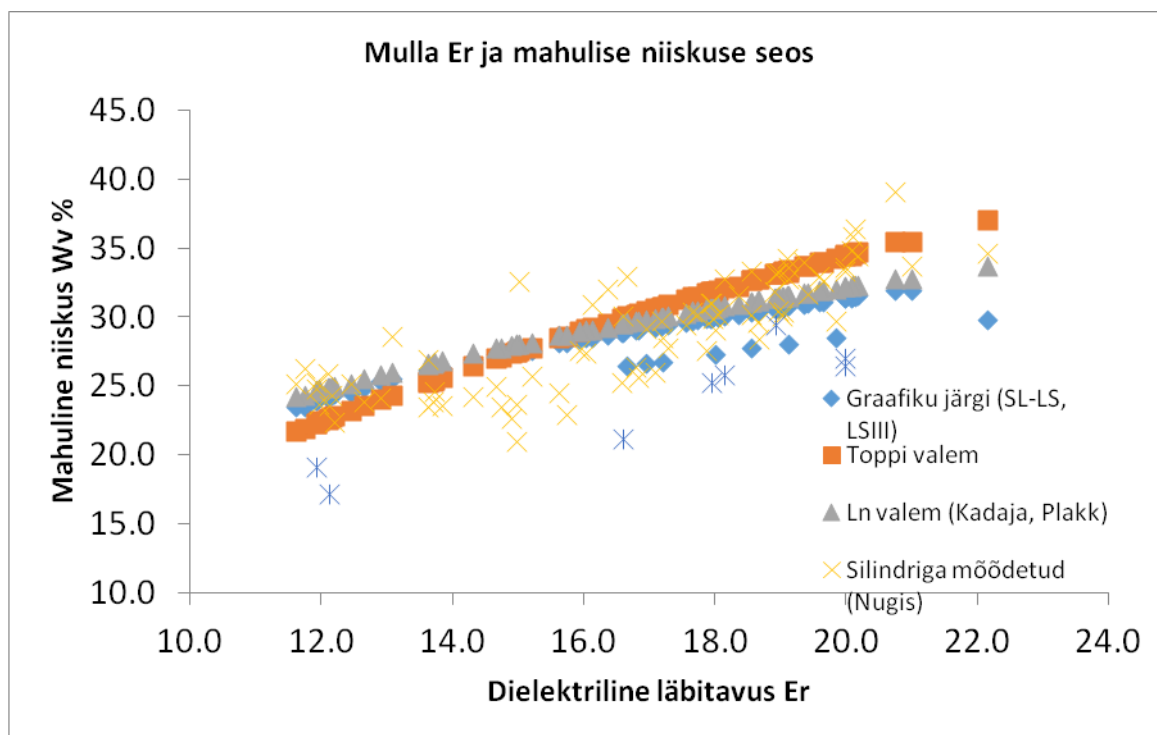
veerus „Ln valem“ on Wv tulemused vastavalt artiklis Kadaja, Jüri, Plakk, Tiit, Saue, Triin, Nugis, Edvin, Viil, Peeter and Särekanno, Marje(2009)'Measurement of soil water and nutrients by its electrical properties',Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science,59:5,447 — 455 empiirilisele logaritmilisele valemile

$$Wv=0.144*\ln(Er)-0.109$$

Oluline on, et eelmainitud empiirilised sõltuvused Wv(Er) on koostatud konkreetset sama mullaproovi elektriliste omaduste mõõtmise ja kaalumise teel niiskuse määramisega, meie katses aga lisandub kõikidele määratud niiskustele loomulik mulla niiskuse varieeruvus absoluutse veana, mis kajastub silindriga kaalumise-kuivatamise teel mõõdetud tulemuste hajuvuses graafikul.

Tabelis_Niiskuste_võrdlus_kaalumise.xls veerus „TDR“ on penetromeetri komplekti kuuluva TDR niiskusanduriga mõõdetud niiskused ülemises kihis 2014.a. mõõtmistes. Edasi on arvutatud absoluutsed vead kaalumise teel määratud tulemuste suhtes ning leitud nende keskmine.

Keskmine kõrvalekalle kaalumise teel määratud Wv väärtusest: Graafiku alusel leitud Wv korral 0.5%, Toppi valemi alusel -0.9 % ja Ln valemi alusel -0.5. Need väärtused on kõik väiksemad kui mulla niiskuse loomulik kõikumine. Ainus selge mõõteviga ilmneb penetromeetri komplektis oleva TDR anduri kasutamisel, kus keskmine kõrvalekalle on 6.4 %, st andur annab keskmiselt 6 % võrra tegelikust väiksema mulla niiskuse.



Joonis L8.1. Perkomeetriga mõõdetud mulla E_r alusel arvatud ja kaalumise teel määratud mulla W_v vaheline võrdlus.

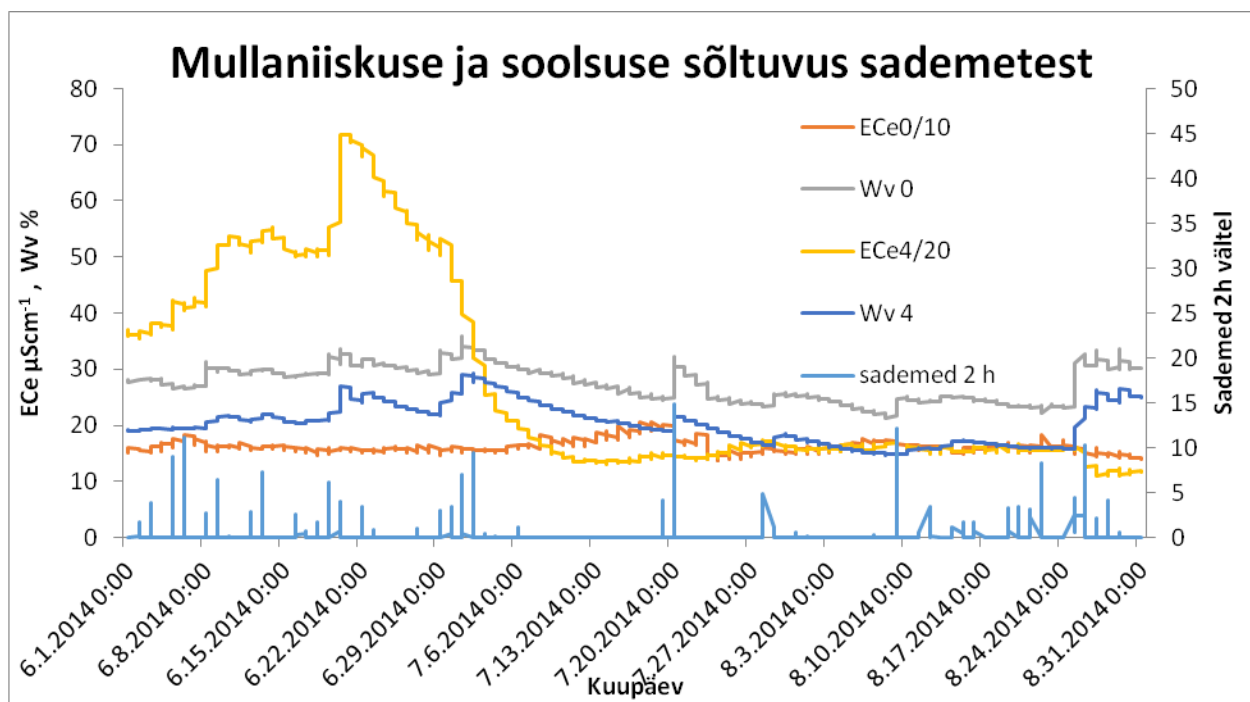
Kokkuvõte:

Perkomeetriga mõõdetud E_r kajastab õigesti mulla mahulist niiskust, seejuures arvestades mulla niiskuse loomulikke varieeruvusi ei ole olulist vahet kasutada $W_v(E_r)$ seosena Toppi ja Ln-põhjalisi empiirilisi funktsioone või eksperimentaalset graafikut. Viimase kasutamine on õigustatud keskmiselt oluliselt erinevate muldade puhul (näiteks liiv või raske savimuld). Penetromeetriga koos olev niiskuseandur annab tegelikkusest keskmiselt 5% väiksema mullaniiskuse väärtuse.

Lisa 8.2. Mulla niiskuse ja soolsuse pidev mõõtmine Perkostationiga (Eesti Maaülikooli näide)

Otsekülvi projekti käigus mõõdeti perkomeetriga mulla omadusi kasvuperioodi vältel keskmiselt 2-4 korral, mis ei võimalda välja tuua otseselt seoseid sademete ja mulla niiskuse arvuliste väärtuste vahel. Küll on see võimalik kasutades automatiseeritud mõõtejaama – Perkostationit, kus pidevalt mullas olevad andurid mõõdavad mulla elektrilisi omadusi analoogiliselt perkomeetriga. Näiteks toome graafiku EMÜ Eerikal asuva mõõtejaama kahe kanali mulla niiskuse ja soolsuse kohta. (Andmed Maaülikool E. Reintami loal).

Mõõtejaama andur 0 (graafikul niiskus W_v 0 ja soolsus $EC_{e0/10}$) on paigaldatud rohumaale 10 cm sügavusele pinnast rohukamara alla; seal ei toimu agrotehniliselt midagi ja tulemusi võib käsitleda referentsina. Andur 4 (W_v4 ja $EC_{e4/20}$) on paigutatud künnikihis 25 cm sügavusele. Paremal Y teljel on toodud Tõravere vaatlusjaamas mõõdetud sademed 2 h keskmistena. Vasakpoolisel Y teljel on niiskuse väärtused W_v mahuprotsentides ja samal teljel soolsused EC_{e0} jagatuna 10ga ja EC_{e4} jagatuna 20ga sobiva mastaabi saavutamiseks; seega on siis rohumaal 10 cm sügavuses EC_e keskmiselt 180-200 (vastab väetamata kurnatud mullale) kogu perioodi vältel, künnikihis 25 cm sügavuses aga ulatub maksimaalselt 1400ni. Graafikult on selgelt näha mullaniiskuse muutus peale sademeid; niiskuse muutuseks anduri sügavuses vajalik kumulatiivne efekt, mullaniiskuse muutus sademete vaheajal. Eriti ilmekas on künnikihis EC_{e4} väärtuste tõus kuni 22.06 ning peale selle kiire vähenemine ning hilisem stabiliseerumine. Kokku on mõõtejaamas paigaldatud 7 andurit ning nende näitude omavaheline võrdlemine võimaldab lisaks muule analüüsida ka toitainete võimalikku liikumist vertikaalsuunas ning nende kasutamist taimiku poolt. Sellised mõõtmised on heaks sisendiks väetamise piirnormide seadusloomele, kuna näitavad ära tegelikud mullas toimuvad protsessid.



Joonis L8.2. EMÜ Eerikal asuva mõõtejaamas mullaniiskuse ja soolsuse sõltuvus sademetest (Tõravere vaatlusjaam) 1.06.2014... 31.08.2014. Mõõtmised toimuvad on-line iga 2 h tagant.

Lisa 8.3 Mullaniiskuse erinevus väheste sademete korral

Taimele kättesaadava mullavee olemasolu on taimekasvu seisukohalt üks olulisemaid parameetreid. Piisavate sademete korral projekti käigus tehtud mõõtmised otsekülvi ja tavaharimise vahel olulist erinevust ei näidanud, mulla mahuline niiskus oli enamustes katsetes 30-35% vahel. Küll oli aga oluline vahe veepuuduse korral (niiskused oluliselt alla väliveemahutavust), kus künnipõhise harimise korral mulla niiskus 0-20 cm kihis oli keskmiselt 5-7 % võrra väiksem kui otsekülvi puhul. See vahe on väga oluline eriti närbumisniiskusele läheneva veesisalduse lähedal. Näiteks mõned mõõtetulemuste tabelid suhteliselt kuivast 2013.a:

Tabel L8.1. 2013. a tulemused Lõuna-Viljandimaalt

Sügavus(cm) variant	14.05.2013		28.06.2013		22.08.2013		Saagikus
	Wv %	ECe20	Wv %	ECe20	Wv %	ECe20	
5/O2	31,9	1174	24,5	258	24,2	379	
5/OK2	30,8	1376	23,5	258	23,9	441	
5/K2	28,7	1086	17,3	165	23,5	321	
15/O2	31,0	670	24,4	324	24,4	466	
15/OK2	32,0	750	24,3	405	23,5	530	
15/K2	31,1	529	19,4	253	24,1	424	
25/O2	31,5	442	25,7	352	26,2	387	
25/OK2	31,5	596	26,0	439	26,1	496	
25/K2	30,7	465	22,1	258	25,4	403	
Keskmine O2	31,5	762,0	24,8	311,3	24,9	410,9	463,6
Keskmine OK2	31,4	907,4	24,6	367,2	24,5	489,2	529,6
Keskmine K2	30,2	693,6	19,6	225,2	24,3	383,1	408,7

Tabel L8.2. 2013. a Põlva katse

Sügavus cm /variant	28.06.2013		22.08.2013		Saagikus
	Wv %	ECe20	Wv %	ECe20	
5/O	28,6	720	27,7	1126	
5/K	22,4	221	26,5	468	
15/O	26,8	706	26,7	1136	

15/K	21,6	337	25,6	724	
25/O	25,4	449	27,5	1045	
25/K	21,0	314	25,0	592	
Keskmine O	27,0	624,8	27,3	1102	496,2
Keskmine K	21,7	290,5	25,7	595	356,8

2014. a. oli küll sademete poolest keskmiselt soodsam, kui sademed jaotusid ebaühtlaselt ja kevad oli kuiv. Näiteks 07.04.2014 Valgamaa mõõtmised:

Tabel 8.3. 07.04.2014 Valgamaa

O3	Kuupäev		K3	Kuupäev	
Sügavus	7.04.2014		Sügavus	7.04.2014	
	ECe	Wv		ECe	Wv
5	135	30,8	5	136	17,8
15	175	30,6	15	163	21,2
25	202	29,9	25	162	27,4
Keskm	171	30,4	Keskm	154	22,1

Selgelt on näha oluliselt väiksem mulla veevaru künnipõhise harimise korral, seda eriti taime tärkamise jaoks olulises 5 cm kihis.

Kokkuvõte: väheste sademete korral on otsekülvi puhul mullavee kasutus oluliselt parem võrreldes künnipõhise harimisega.

Lisa 9. Mulla soolsuse Ece mõõtmine ja dünaamika kasvuperioodi vältel

Põhitäitjad: Tiit Plakk

Mulla soolsus on defineeritud kui mullas sisalduvate lahustuvate soolade kogus (*Total Dissolved Salts, TDS*) mg/l kohta. Viimase otsene laboratoorne määramine on keeruline ja töömahukas. Seetõttu võeti 1954. a. USA-s *USDA Salinity* laboratooriumis kasutusele standardmeetodina veega küllastunud mullapasta ekstrakti elektrijuhtivuse mõõtmise meetod. Mullapasta ekstrakti elektrierijuhtivust tähistatakse *ECe* (*Extract Electrical Conductivity*) ning 1954.a toodi ka esimene klassifikatsioon: mullad, mille *ECe* on alla $4000 \mu\text{S cm}^{-1}$, on mitteroolased, üle selle aga liigsoolased ning esineb olulisi taimekasvu piiranguid eri kultuuride lõikes. On selge, et mida rohkem on lahuses (ka mullavees) lahustunud soolade ioone, seda suurem on lahuse (mulla) elektrijuhtivus. Vesilahuste kohta on leitud üsna täpselt kehtiv empiiriline seos *TDS* ja elektrijuhtivuse vahel kujul: $TDS(\text{mg/l}) \approx 0,64 EC(\mu\text{S cm}^{-1})$ ja samuti ka lahustunud elektrolüütide sisalduse kohta millimoolides liitri kohta: $\text{mmol/l} \approx 0,01 EC (\mu\text{S cm}^{-1})$. Esimeses lähenduses pole oluline milliste ionide sisaldusega on tegemist.

Eestis ei ole põllumuldade liigsoolsus probleemiks, NaCl sisaldus on väike ning muldade elektrijuhtivus on tingitud olulisel määral taimede toiteelementidest mullalahuses (NH_4^+ , NO_3^- , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , K^+ , Ca^{2+} jt.). See asjaolu annab võimaluse toitainete summaarse sisalduse määramisele mulla elektrijuhtivuse teel; küll aga ei ole võimalik vahet teha millised ionid nimelt põhjustavad mulla elektrijuhtivust. Sellest hoolimata on katsete alusel loodud järgmine kvalifikatsioon muldade soolsuse kohta:

ECe 150...300 looduslik, kurnatud, toitainetevaene muld

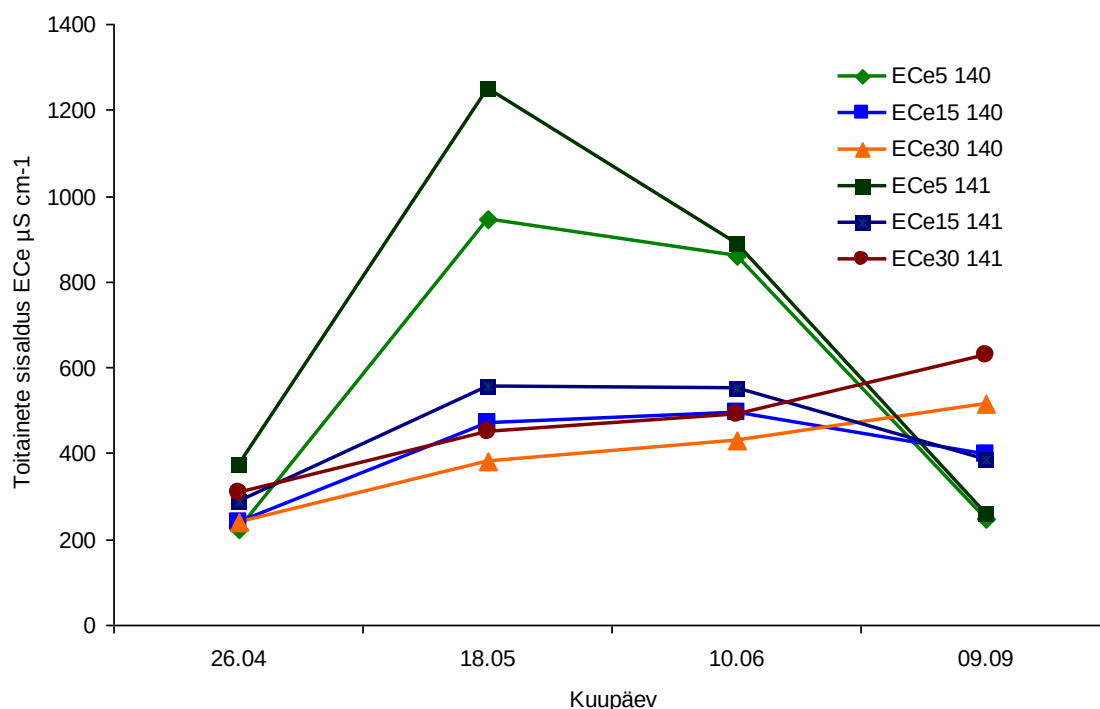
ECe 300...500 nõrk kuni keskmine toitainete sisaldus

ECe 500...800 toitainete rikas muld

ECe 800...1500 hästiväetatud muld koheselt peale väetiste mullas lahustumist, maksimaalsed mõõtetulemused eesti muldade korral kuuluvad siia piirkonda

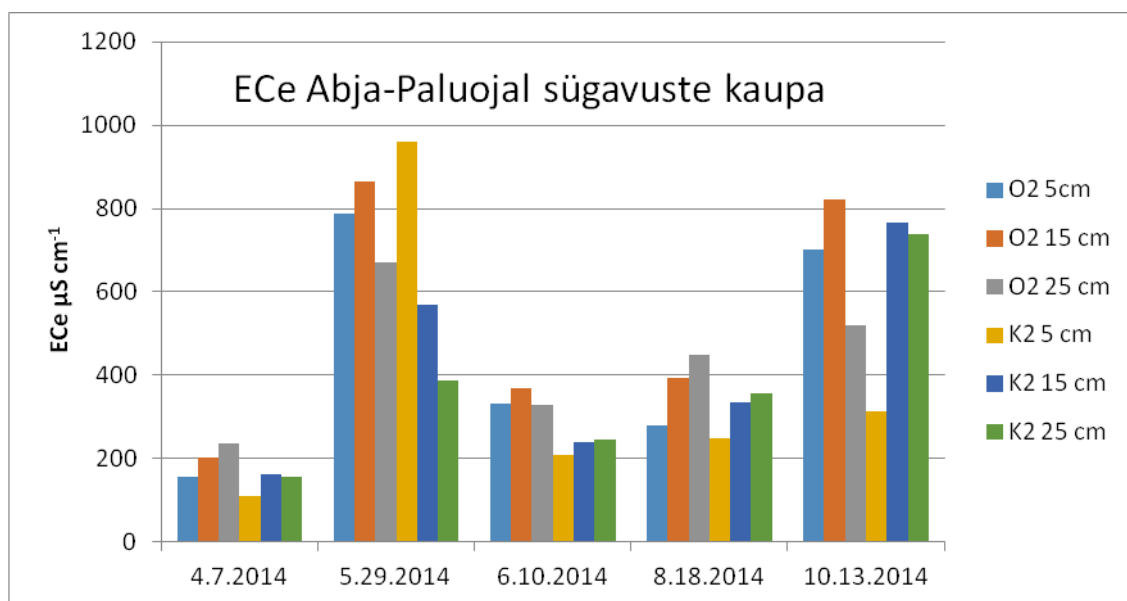
Lisa 9.1 Mulla soolsuse *ECe*20 muutumine kasvuperioodi vältel

Projekti raames läbi viidud kõikides katsetes esineb ühtne seaduspära – kevadel enne väetamist on mulla soolsus väike, muld on looduslikus seisus ja toitaineid vähe, *ECe* jääb üldjuhul vahemikku 150...300 (400) ja seda ka (mõningate eranditega) juhul, kui tegu on ka sügisel väetatud muldadega (taliviljad). Seda üldist seaduspära ilmestab graafik joonis L9.1.:



Joonis 9.1. Suvirapsi lappidel 140 (mineraalväetis) ja 141 (mineraalväetis + läga) mõõdetud toitainete sisaldused eri kuupäevadel 2010. a. *ECe* 5 140 näitab toitainete sisaldust 5 cm paksuses kihis lapil 140. Toitainete sisaldused $\mu\text{S cm}^{-1}$ on taandatud 20 °C juurde. Katse Peeter Viil, 25-2, 2010 Kuusikul.

Samasugust soolsuse dünaamikat iseloomustab ka joonisel L9.2. toodud 2014. a L-Viljandimaal soolsuse muutus kihtide kaupa katsetes O2 ja K2 (kõik teised katsevariandid ja kohad on toodud failis koond_PM_2014). 7.04 enne väetamist on soolsus väike (alla 200), seejuures on oluline, et künnivariandis on toitainete mõnevõrra vähem kui otsekülvi puhul. 2. mail antakse koos külvi kõigile variantidele ühtlaselt 400 kg/ha 22N-7P-12K-2S väetist, mille tagajärjel tõuseb ECe ülemises kihis üle 800; seejärel järgneb kiire ECe vähenemine, kus umbes 10 päeva vältel kasutatakse ära oluline osa mulda viidud toitainete, keskmine ECe vähened 300-400, kuhu jääb saagi koristamiseni. Mõõtmiseni 18.08 toimub mõningane toitainete ümberjagunemine kihtide kaupa. Koos talivilja külvi 12.09.2014 antakse põldudele uuesti 200 kg/ha väetist N7-P12-K25-5S-0.02B-1.2Mg. Mulla niiskus on järgneva kuu jooksul keskmiselt 33% ning selle aja jooksul toimub väetiste lahustumine ning liikumine mullas. Selgelt eristub toitainete liikumine otsekülvi ja künni vahel: katses O2 on põhiline osa toitainete ladestunud kihis 5-15 cm, katses K2 aga 15-25 cm. Taimiku biomass on väike ning seega on tegu toitainete leostumisega mulla sügavamatesse kihtides, kust nad liiguvad edasi mujale loodusesse.



Joonis L9.2. Mulla soolsuse dünaamika L-Viljandimaal otsekülvis (O2) ja künnipõhise harimise (K2) eri mullakihtide kaupa

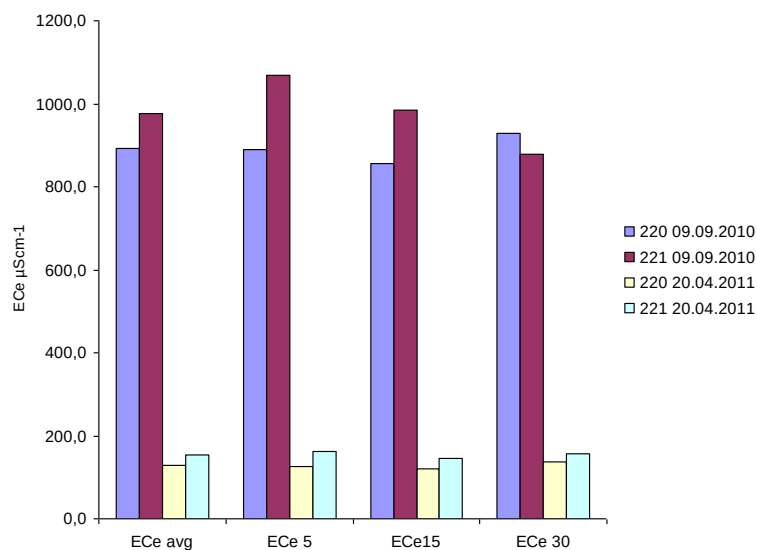


Joonis L9.3. Katse K2 mõõtmise 13.10.2014 ajal. Mõõduks on murtud A4 formaadis paberileht

Lisa 9.2 Mulla soolsuse kevadised väärtused ja toitainete kadu talveperioodil

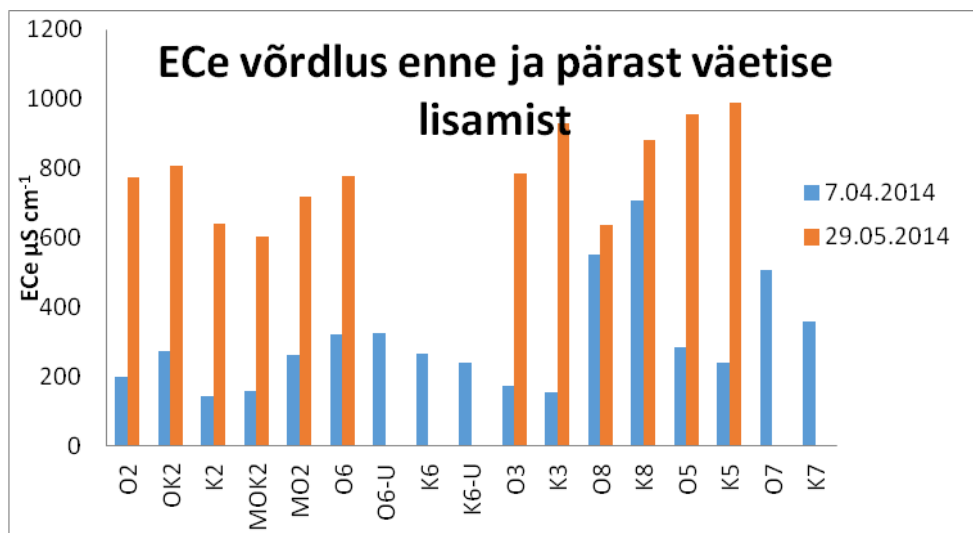
Kogu katseperioodi vältel läbi viidud mulla soolsuse mõõtmised näitavad, et kevadeti enne põldude väetamist on kõikidel muldadel soolsus ECe madal jäädes üldjuhul alla 300 $\mu\text{S cm}^{-1}$, seejuures (mõne erandiga) ka

taliviljadel, kus põlde on väetatud ka sügisel. Toitainete kadu talve jooksul iseloomustab joonis L9.4. Katselappidel 220 ja 221 Kuusiku katses koristati suvinisu ja valmistati muld ette kevadeks, künti ning lisati väetist. 09.09.2010 läbi viidud mõõtmised näitasid selgelt ühtlaselt kõrget ECe taset kõikidel lappidel ja sügavustel 5-25 cm vahemikus 900-1100. Samade lappide mõõtmisel järgmisel kevadel 20.04.2011 oli ECe vähenenud kõikides variantides alla 200, st. mulla loomuliku tasemeni. Seega olid kõik sügiseks mulda viidud toitained mullast kadunud.



Joonis L9.4. Toitainete vähenemine talve jooksul katselappidel 220 ja 221 Kuusiku katses.

Selline toitainete vähenemine leiab aset sõltumata harimisviisist. Siiski on ilmnenud väike, kuid märgatav vahe otsekülvi ja künnipõhise harimise vahele: täpselt samades tingimustes on künnipõhise harimise juures kevadine ECe mõnel määral väiksem, kui otsekülvi puhul (joonis L9.5.). Lisaks kevadistele väärtustele on joonisel toodud ECe väärtused (kus oli mõõdetud) peale kevadväetise lisamist. Olulise erinevusega graafikul üldisest tendentsist paistab silma Halinga katse O8, K8. Suhteliselt kõrged ECe väärtused kevadel on seal tingitud savimulla suuremast loomulikust elektrijuhtivusest, aga ka mullaanalüüsis kajastuvast suuremast toitainete sisaldusest.

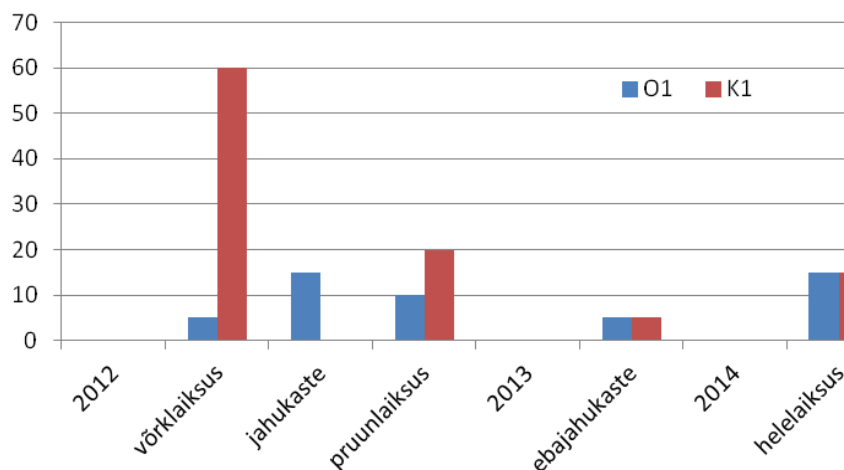


Joonis L9.5. ECe põldkatsetes eri variantides enne ja pärast väetamist

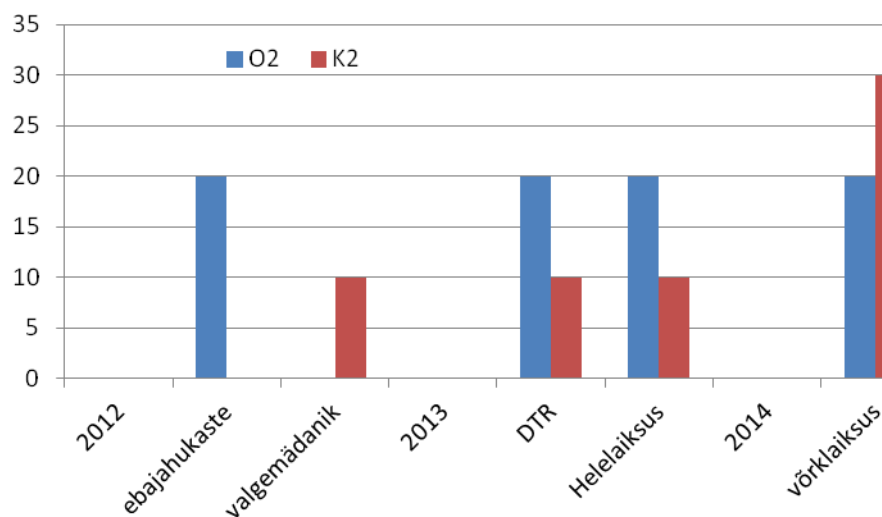
Erilist tähelepanu väärib Jõgeva katse, kus talinisu saagikuse vahe oli suur: kõnnipõhine harimine K7 4643 (kg/ha, 14% niiskust), bioloogiline saagikus 4800; otsekülv O7 6573 tn/ha ja 7662 (bioloogiline saagikus). Perkomeetriga 12.05.14 (enne kevadväetamist) tehtud mõõtmised näitasid, et ECe20 keskmine 25 cm mullakihi otsekülvil suhteliselt kõrge O7 507 võrreldes künnipõhise variandiga K7 358, ülemises 5 cm kihis oli vahe eriti suur: O7 772 ja K7 364. Seega oli otsekülvi korral sügisene väetis mulla ülemises kihis säilinud; künni korral aga täielikult kadunud ning see kajastus ka saakide olulises erinevuses. Ülejäänud kasvuperioodi vältel ECe20 ja niiskuse väärtuste olulisi erinevusi ei olnud.

Lisa 10. Taimehaiguste esinemine katsepõldudel

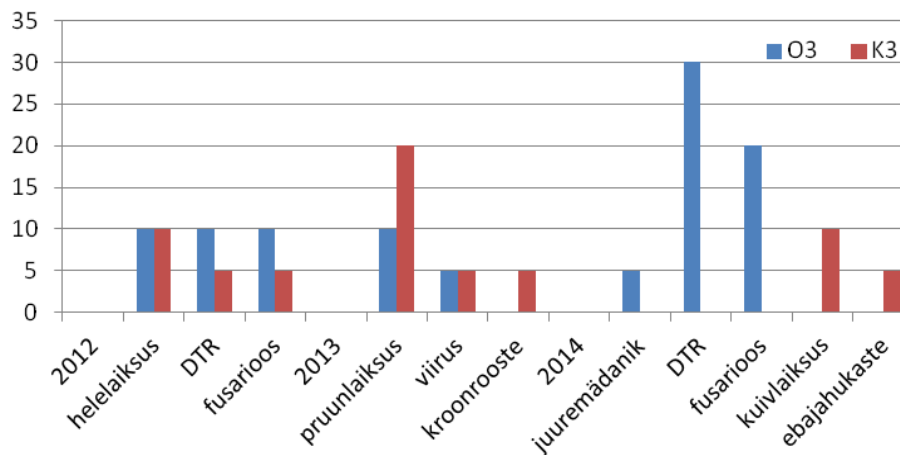
Põhitäitja: Pille Sooväli



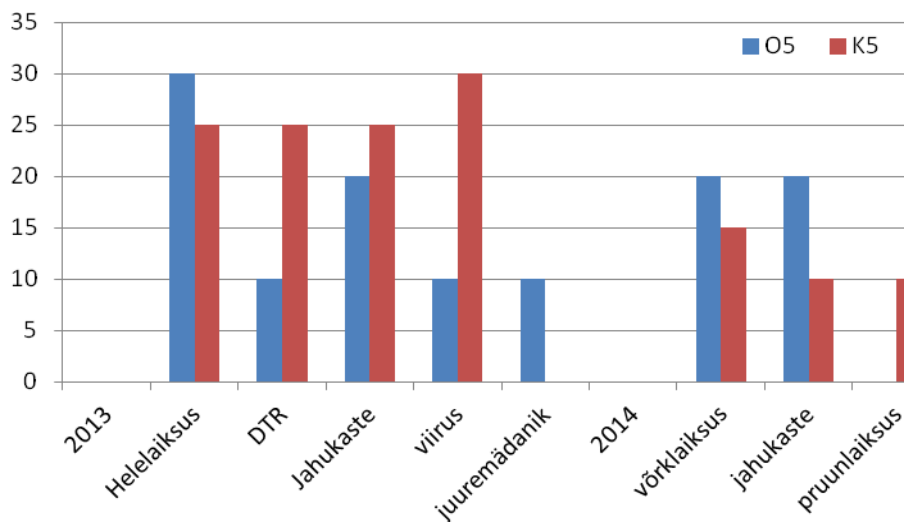
Joonis L10.1. Põhja-Viljandimaa (O1/K1) taimehaiguste intensiivsus (%). Kultuuride järjestus katseaastatel: oder – suviraps – suvinisu.



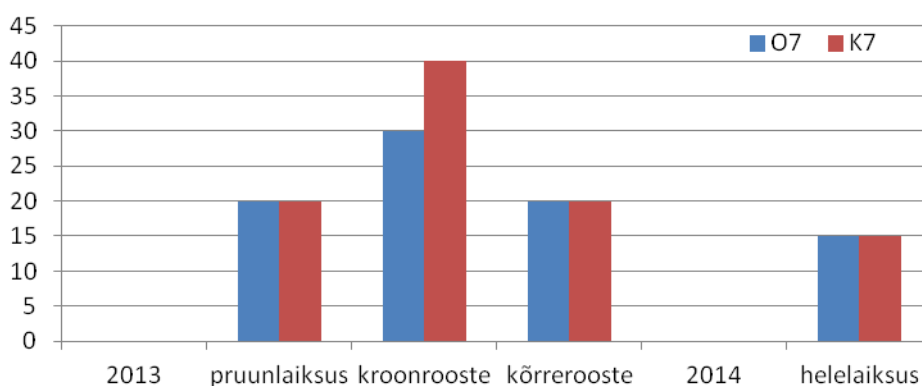
Joonis L10.2. Lõuna-Viljandimaa (O2/K2) taimehaiguste intensiivsus (%). Kultuuride järjestus katseaastatel: suviraps – talinisu – oder.



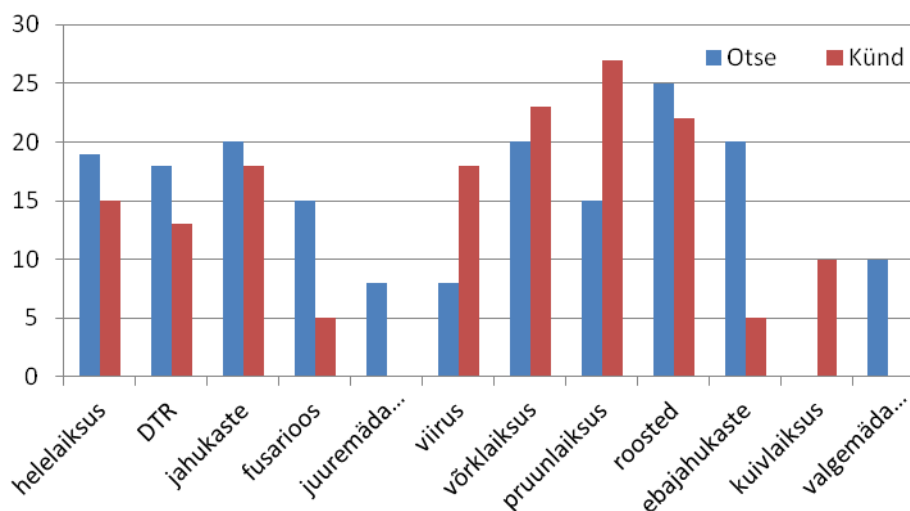
Joonis L10.3. Valgamaa (O3/K3) taimehaiguste intensiivsus (%). Kultuuride järjestus katseaastatel: talinisu – kaer – suviraps.



Joonis L10.4. Põlvamaa (O5/K5) taimehaiguste intensiivsus (%). Kultuuride järjestus katseaastatel: talinisu – oder.



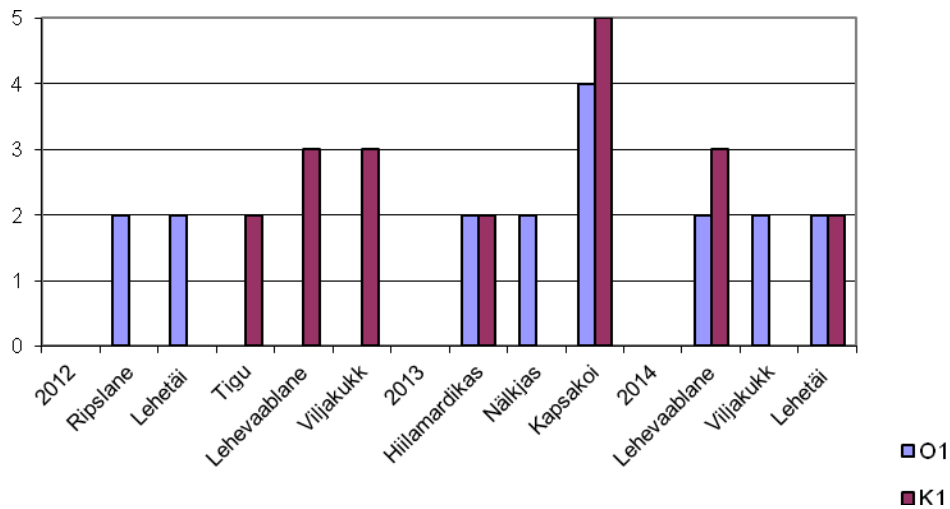
Joonis L11.5. Jõgevamaa (O7/K7) taimehaiguste intensiivsus (%). Kultuuride järjestus katseaastatel: kaer – talinisu.



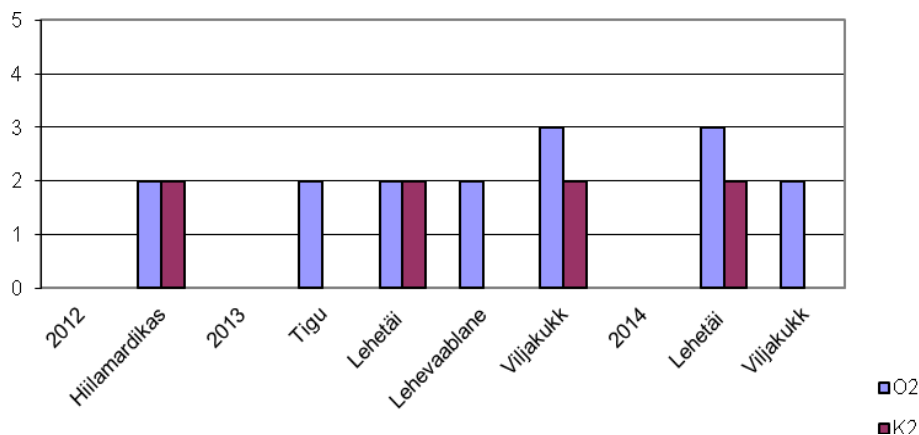
Joonis L11.6. Kõikide katsekohtade keskmine taimehaiguste intensiivsus (%).

Lisa 11. Kahjurite kahjustused katsepõldudel

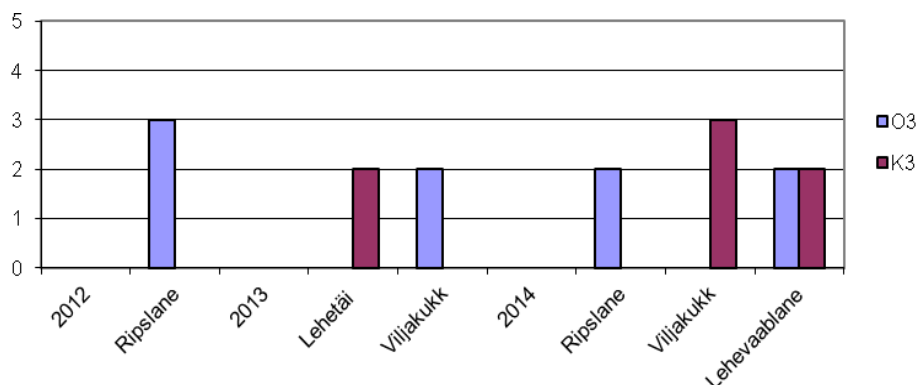
Põhitäitja: Liina Loorits



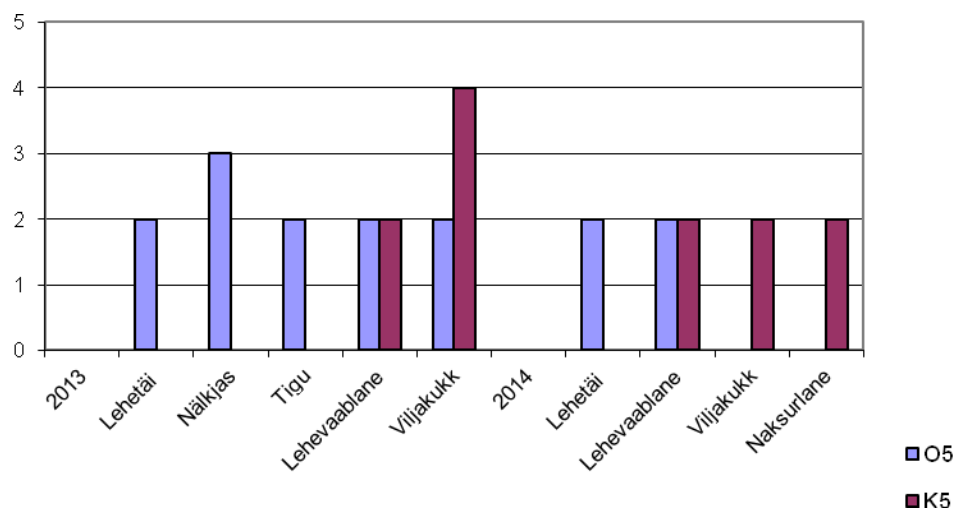
Joonis L11.1. Põhja-Viljandimaa (O1/K1) taimekahjurite kahjustuse skaala (1...5 skaalas, 1-puudub, 5-massiline). Kultuuride järjestus katseaastatel: oder – suviraps – suvinisu.



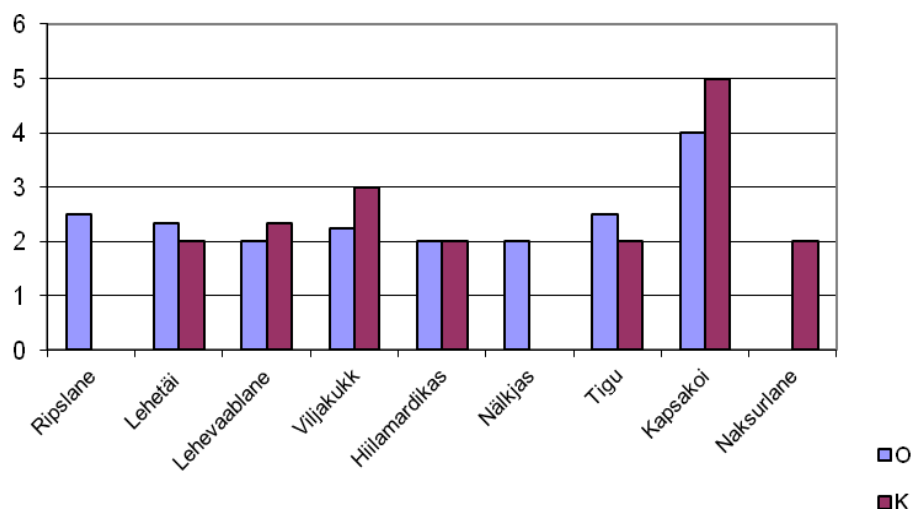
Joonis L11.2. Lõuna-Viljandimaa (O2/K2) taimekahjurite kahjustuse skaala (1...5 skaalas, 1-puudub, 5-massiline). Kultuuride järjestus katseaastatel: suviraps – talinisu – oder.



Joonis L11.3. Valgamaa (O3/K3) taimekahjurite kahjustuse skaala (1...5 skaalas, 1-puudub, 5-massiline). Kultuuride järjestus katseaastatel: talinisu – kaer – suviraps.



Joonis L11.4. Põlvamaa (O5/K5) taimekahjurite kahjustuse skaala (1...5 skaalas, 1-puudub, 5-massiline). Kultuuride järjestus katseaastatel: talinisu – oder.



Joonis L11.5. Kõikide katsekohtade keskmine taimekahjurite kahjustuste skaala

Lisa 12. Lehepinna indeks

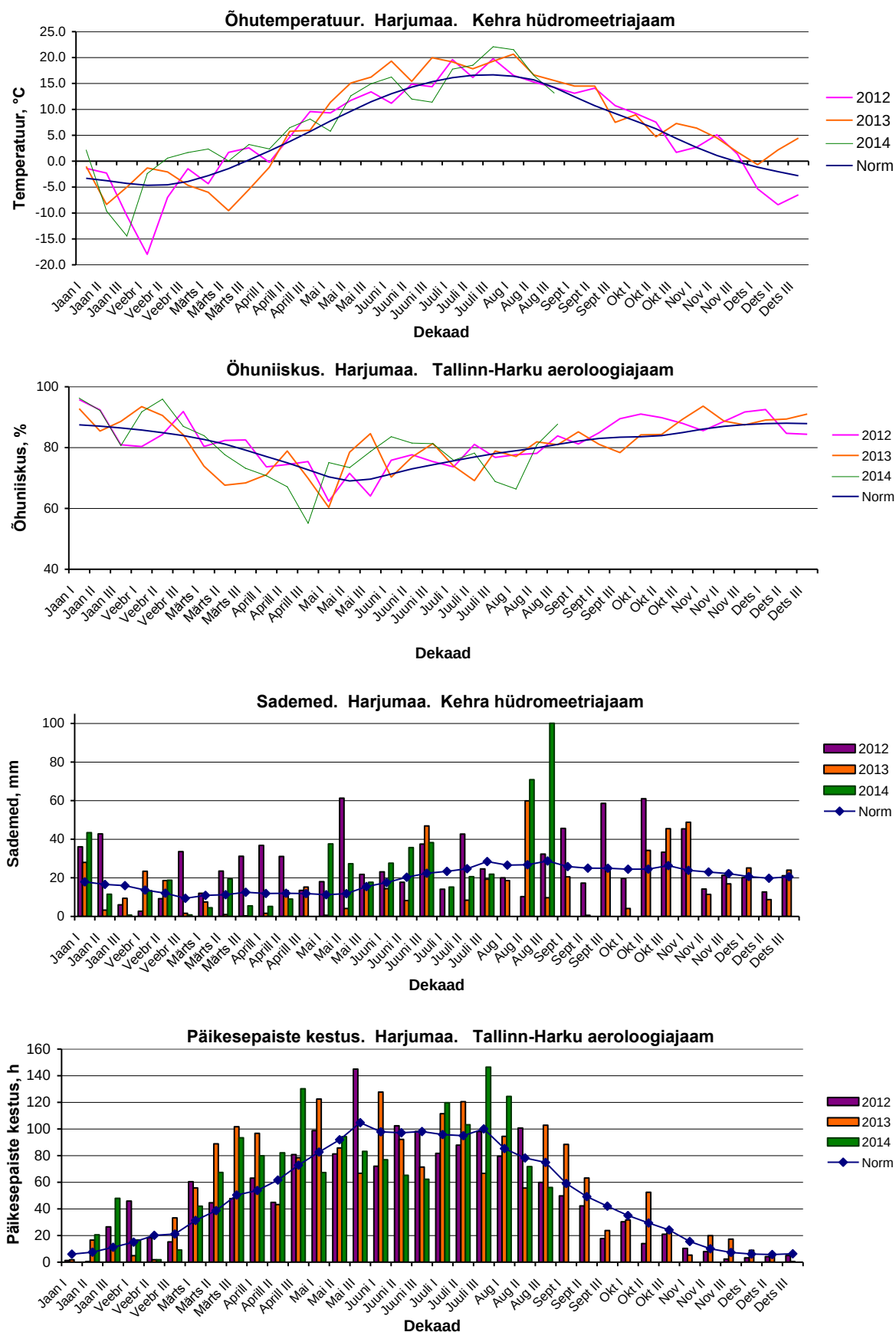
Põhitäitja: Jüri Kadaja

Tabel L12.1. Lehepinna indeksi mõõtmiste tulemused.

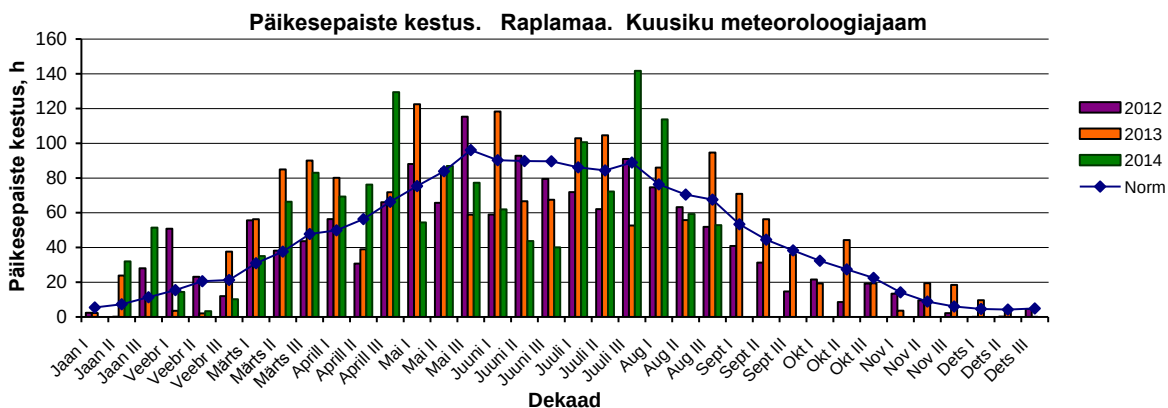
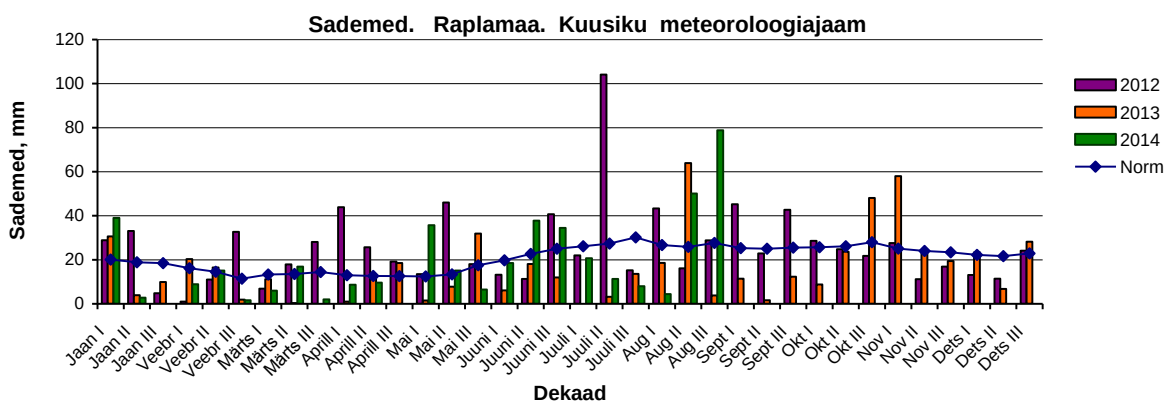
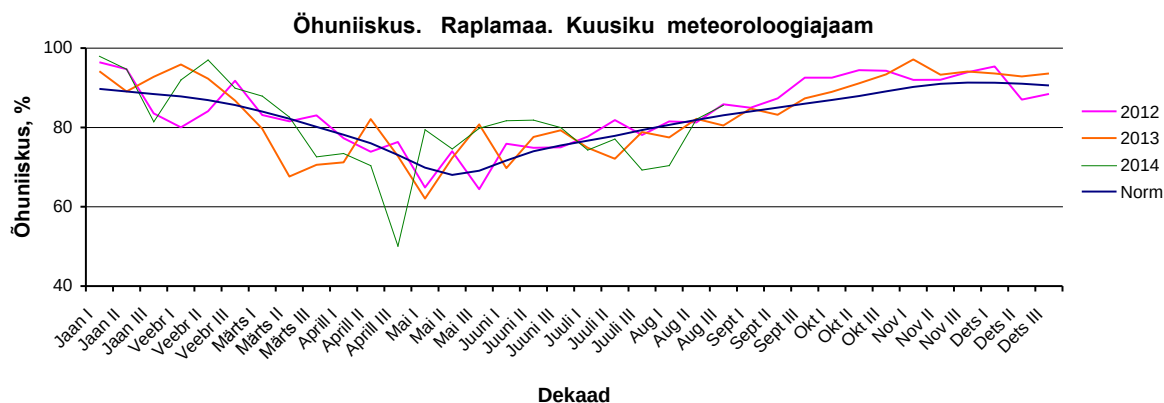
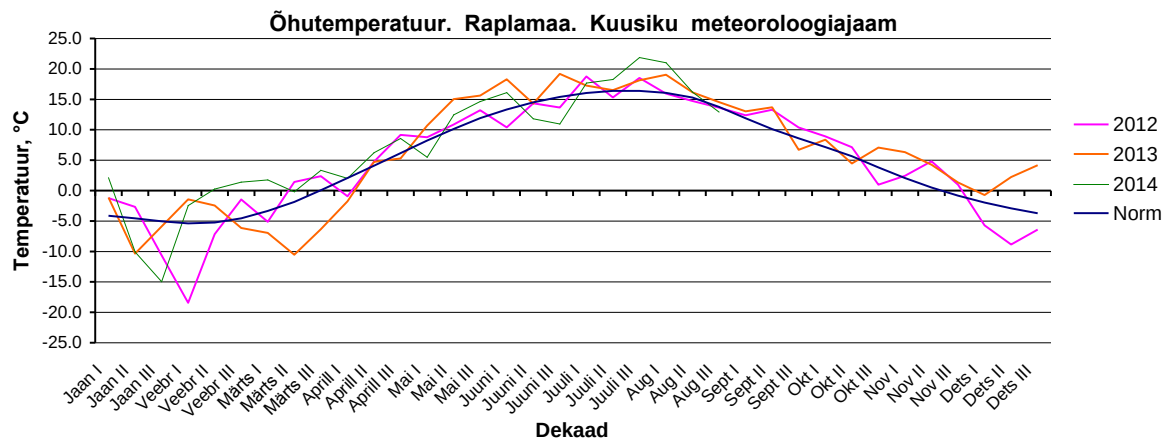
Piirkond	2012			2013			2014		
	Kultuur	Otsekülv	Künd	Kultuur	Otsekülv	Künd	Kultuur	Otsekülv	Künd
Harjumaa	suviniisu	2,53	2,19						
Pärnumaa				oder	3,49	1,75			
P-Viljandimaa	oder	4,87	3,32	raps	2,91	3,03			
Jogevamaa				kaer	3,53	2,36	taliniisu	3,92	3,56
Tartumaa				suviniisu/ kaer	3,33	4,64			
L-Viljandimaa	raps	3,51	3,61	taliniisu	4,33	3,08			
Põlvamaa	raps		2,81	taliniisu	2,41	1,86			
Valgamaa	taliniisu	4,72	3,33	kaer	6,83	3,84			
Raplamaa	taliniisu	5,51	6,57	taliniisu	5,02	5,03	taliniisu	4,66	3,71

Lisa 13. Ilmastiku andmed

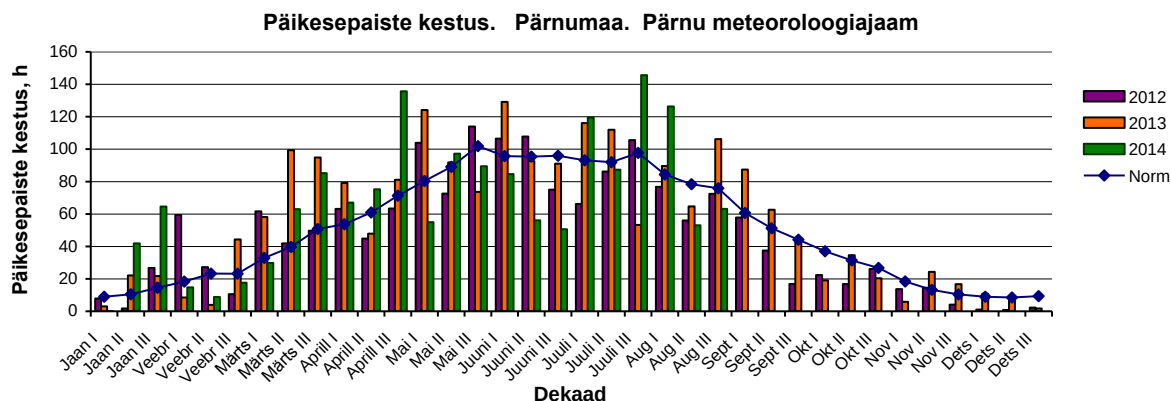
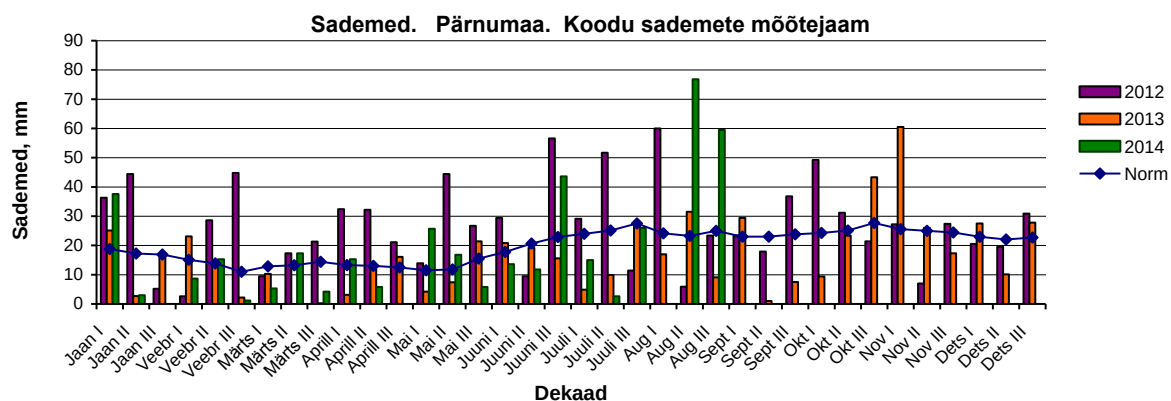
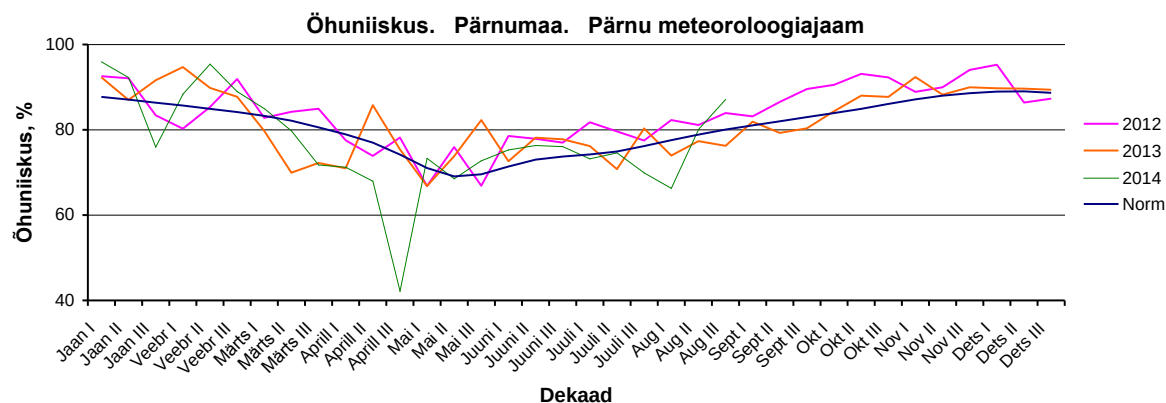
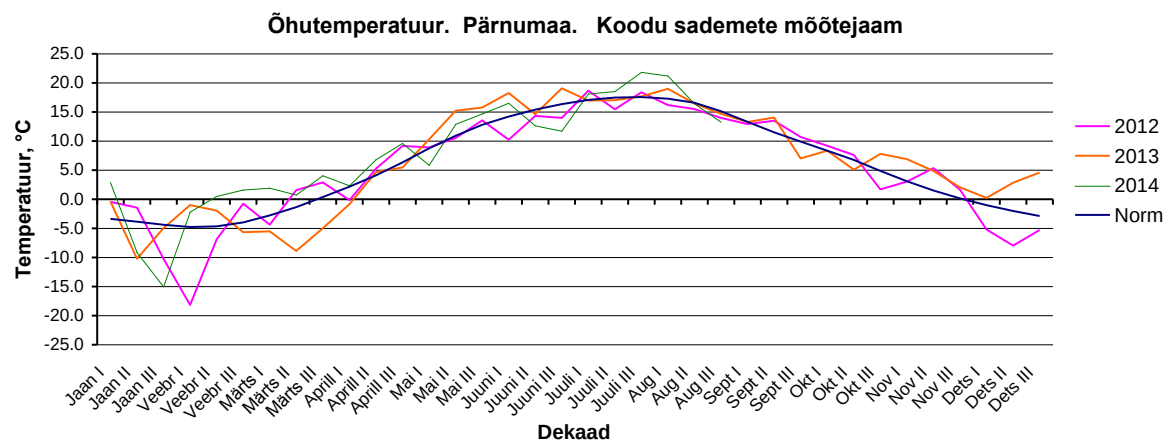
Põhitäitja: Jüri Kadaja



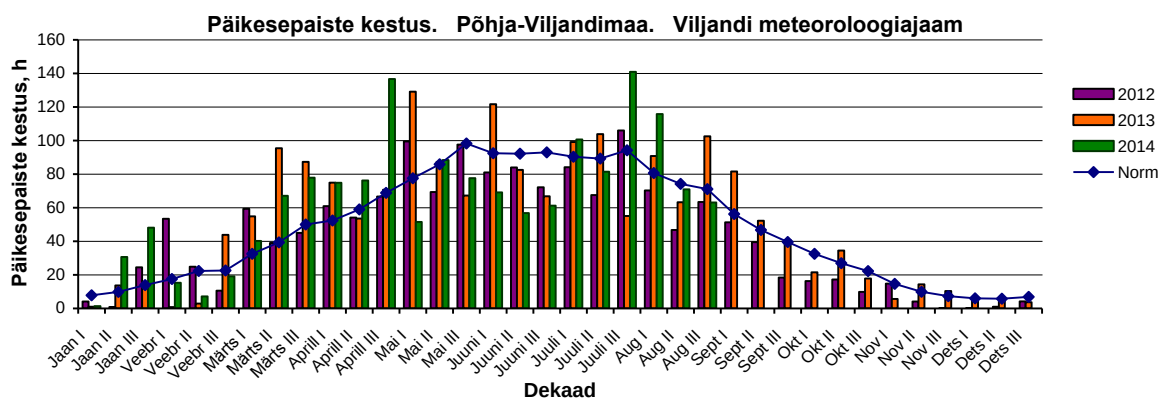
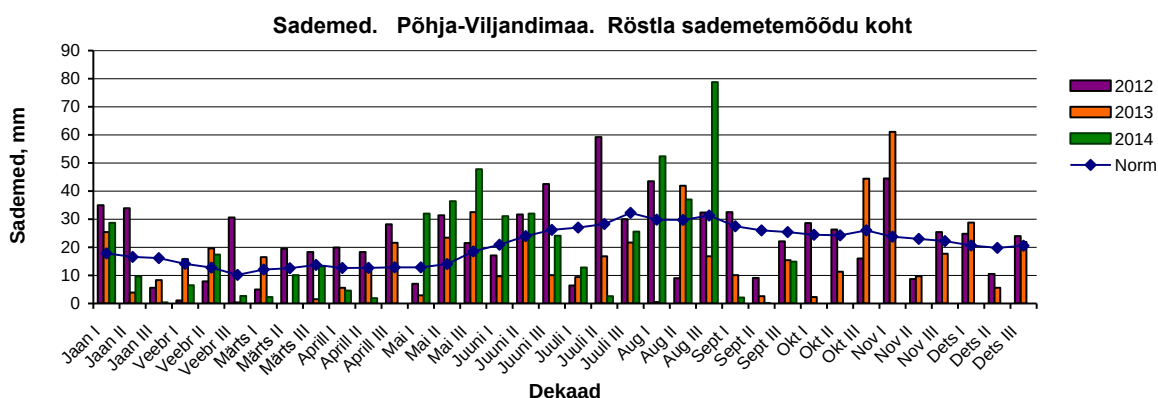
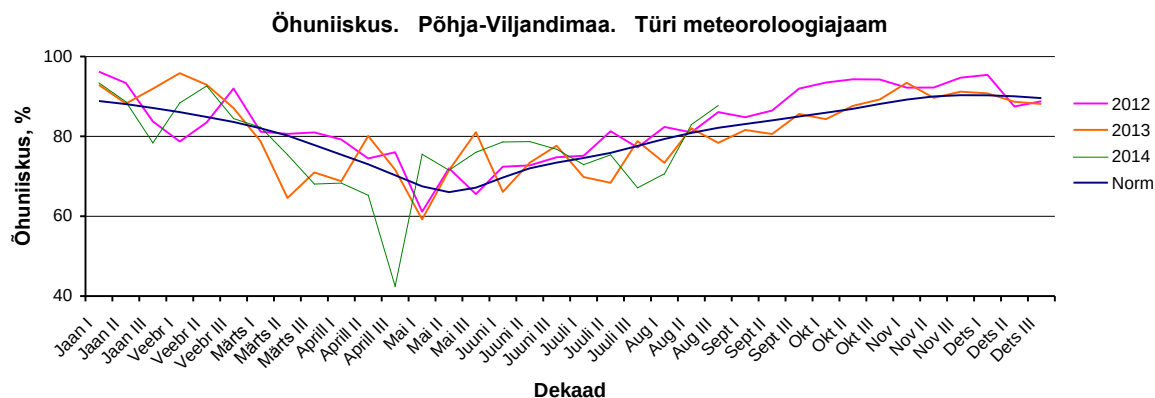
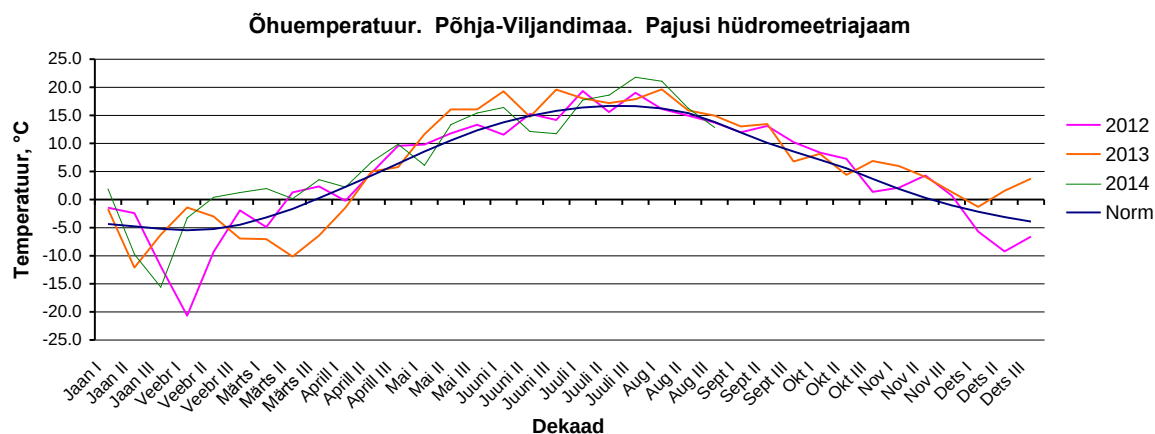
Joonis L13.1. Harjumaa – dekaadi ilmastiku andmed Kehra hüdromeetriaajaamast (kaugus põllust 10,5 km) ja Tallinn-Harku aeroloogiaajaamast (41 km).



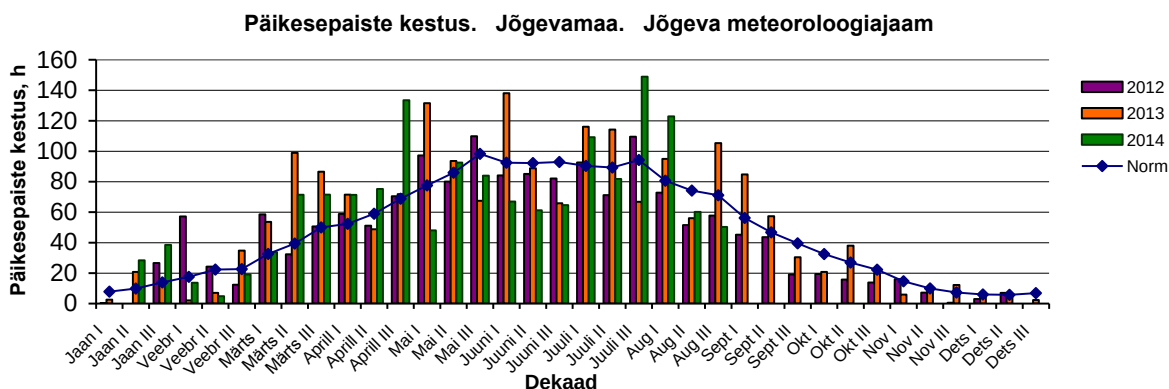
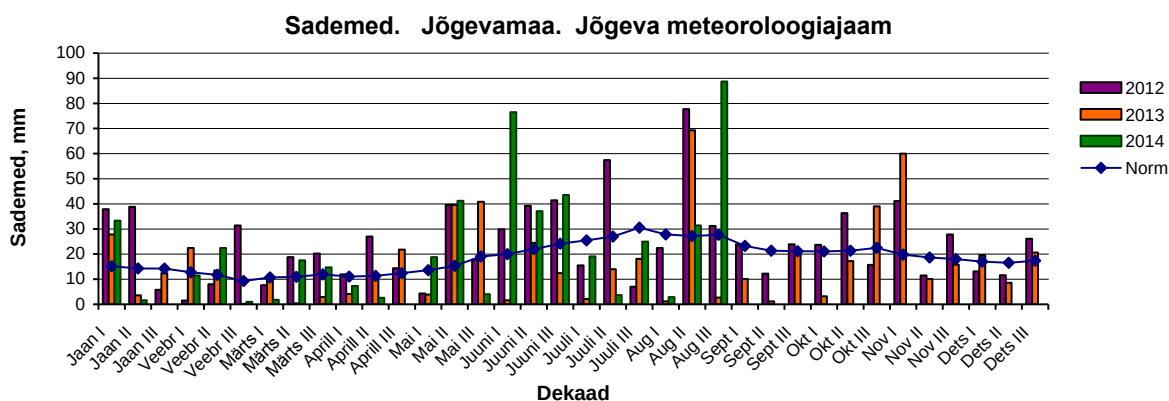
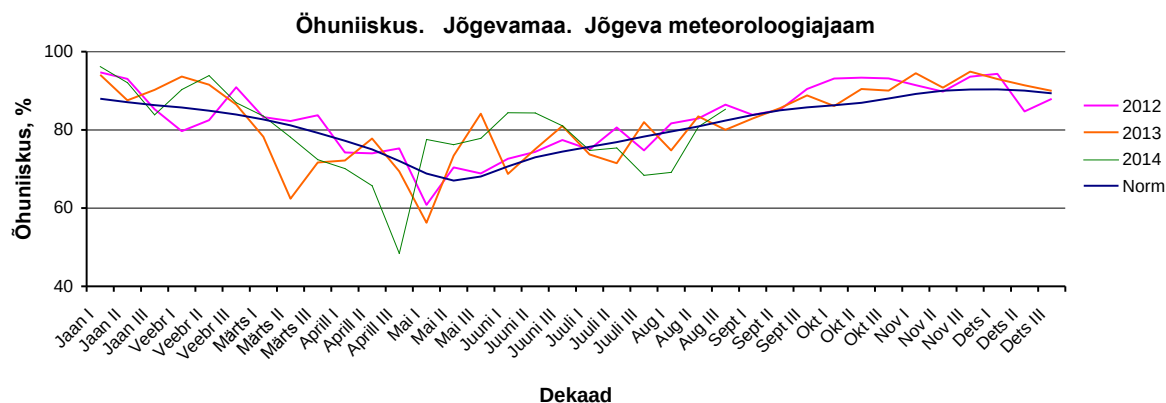
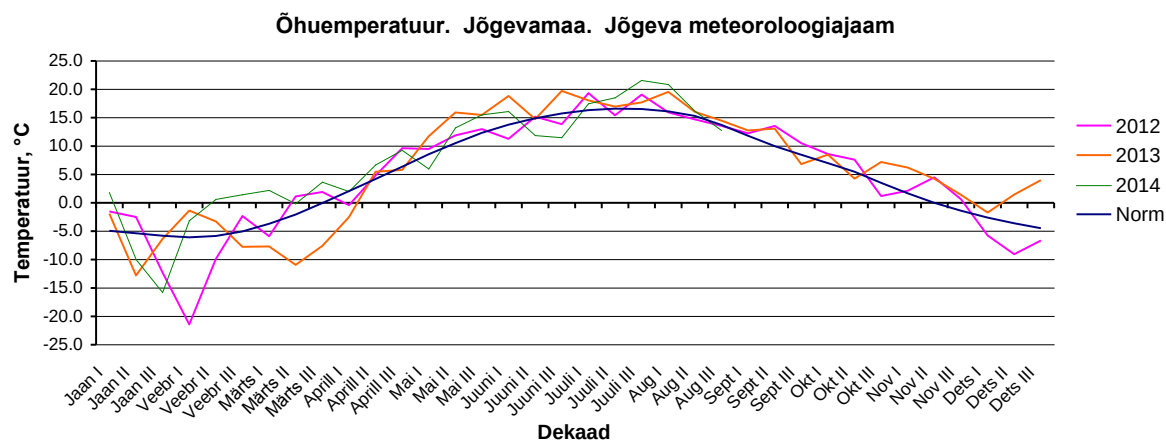
Joonis L13.2. Raplamaa – dekaadi ilmastiku andmed Kuusiku külvikorra katsele Kuusiku meteoroloogiajaamast (kaugus katsest 1,8 km).



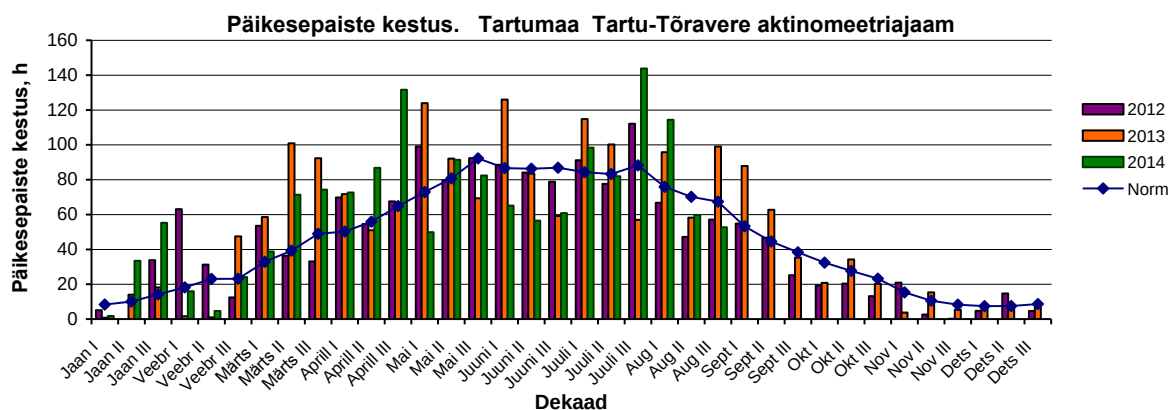
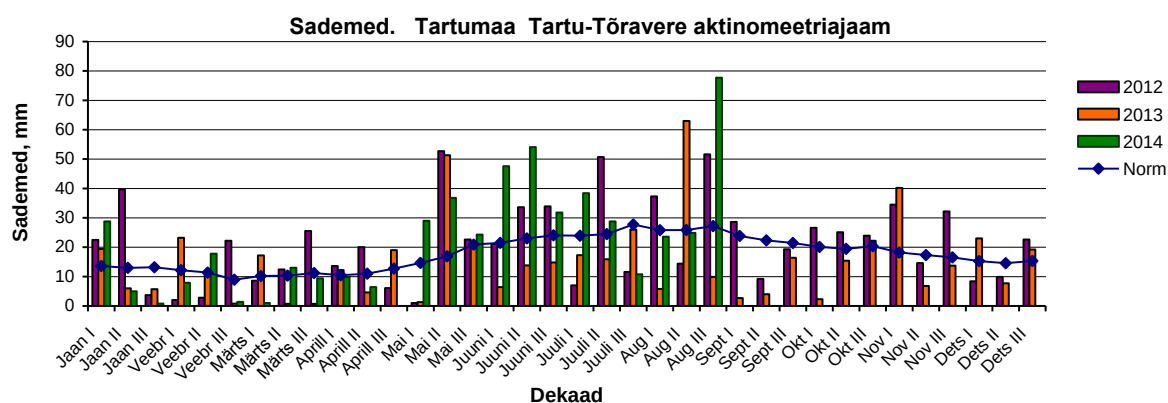
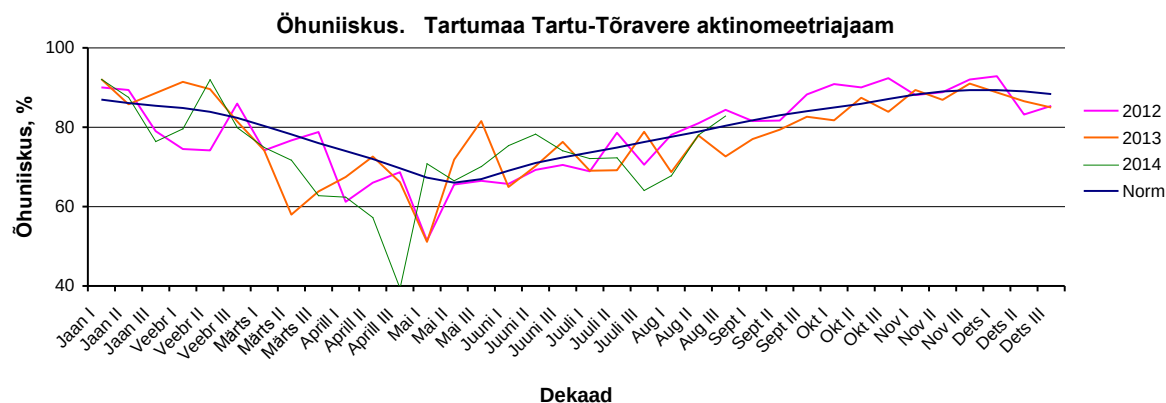
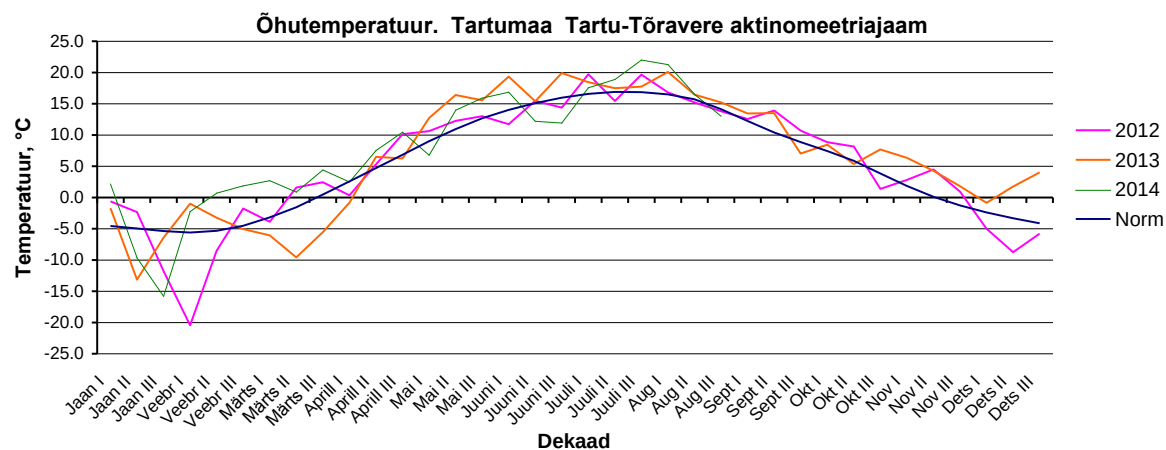
Joonis L13.3. Pärnumaa – dekaadi ilmastiku andmed Koodu sademete mõõtejaamast (kaugus põllust 11,8 km) ja Pärnu meteoroloogiajaamast (26 km).



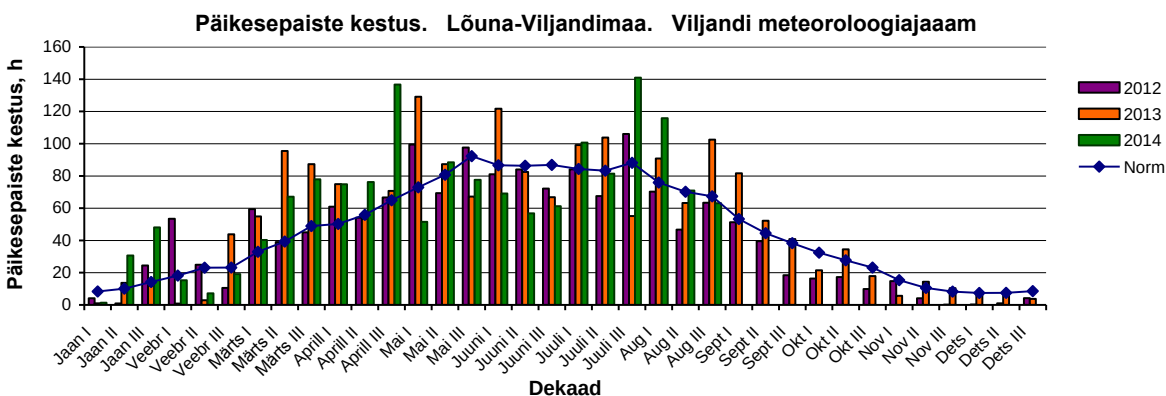
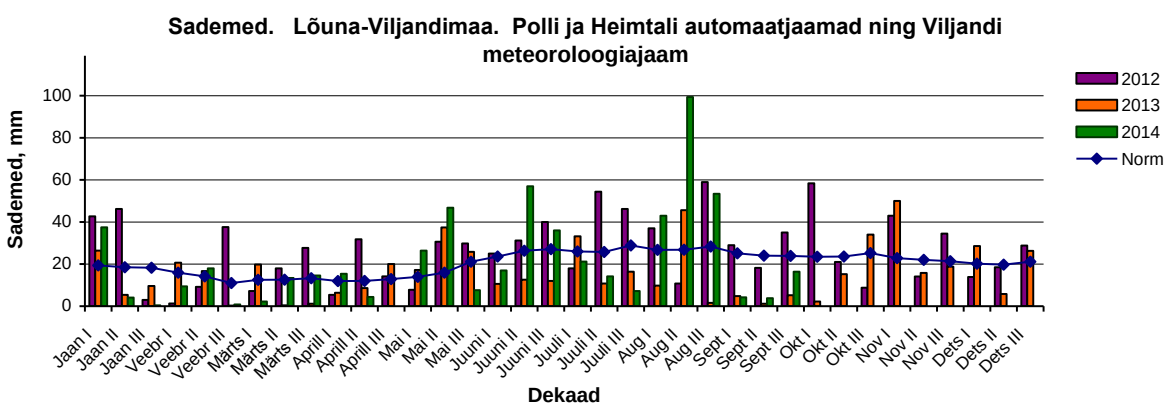
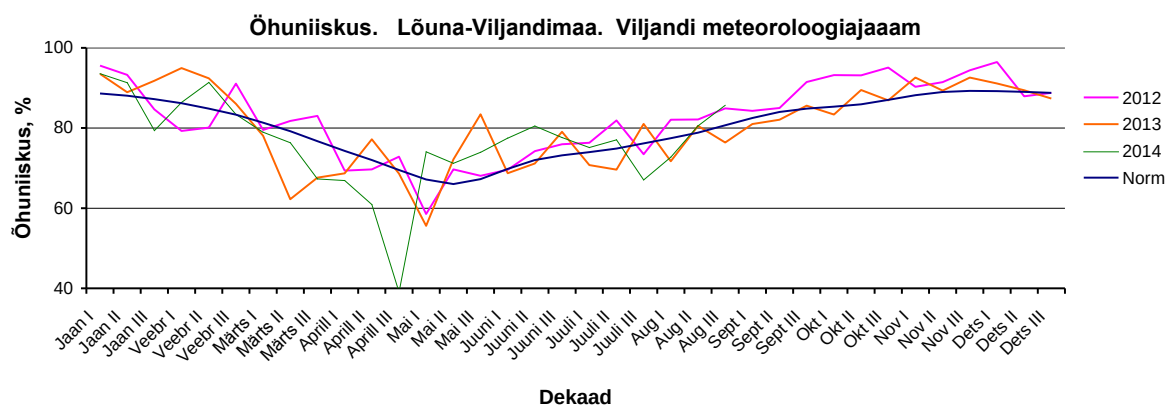
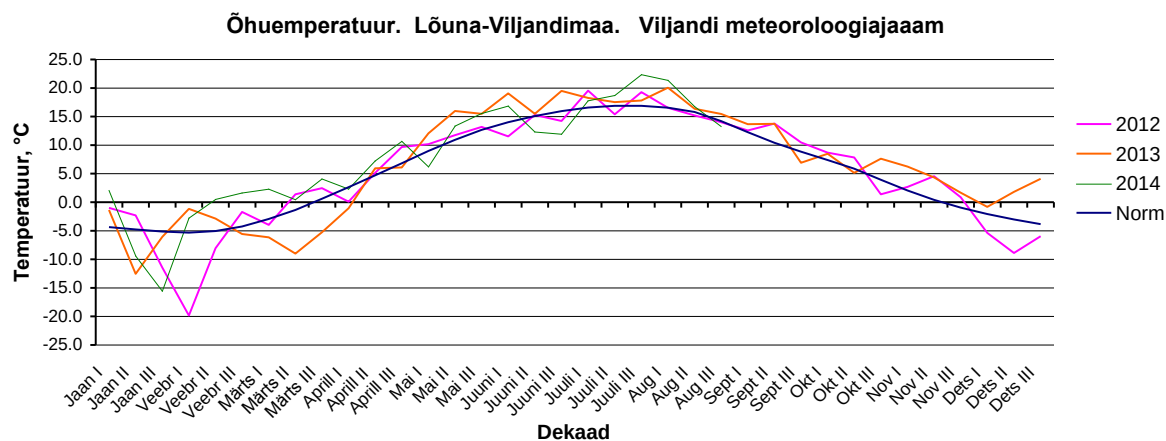
Joonis L13.4. Põhja-Viljandimaa – dekaadi ilmastiku andmed Rõstlast (7,7 km), Pajusist (16,5 km) ning Türi (23,8) ja Viljandi (33 km) meteoroloogiajaamadest.



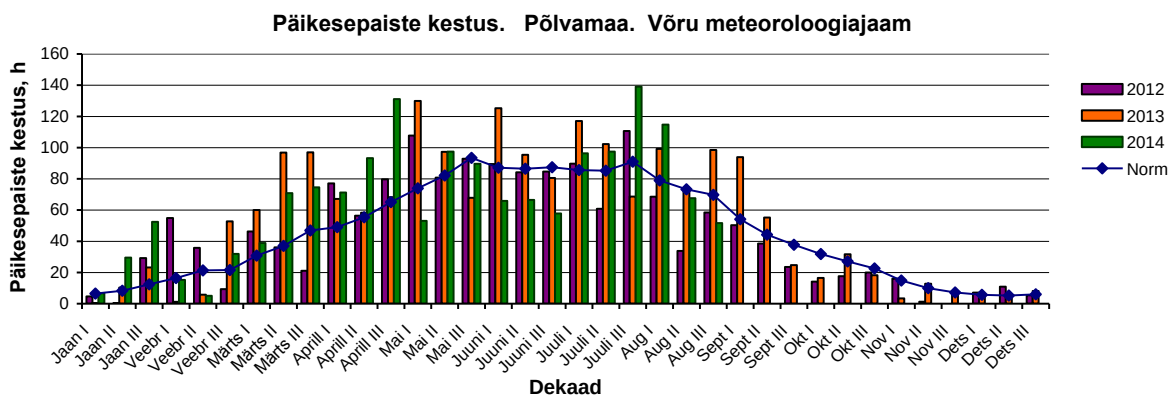
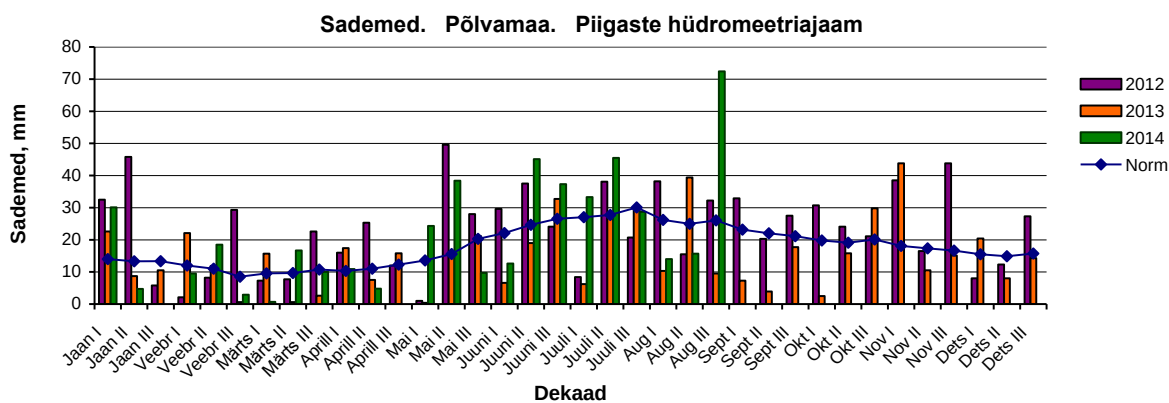
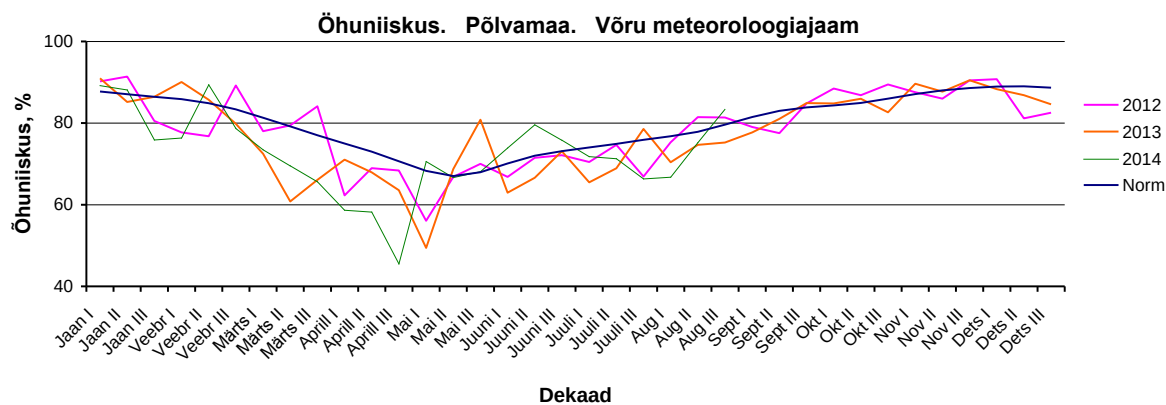
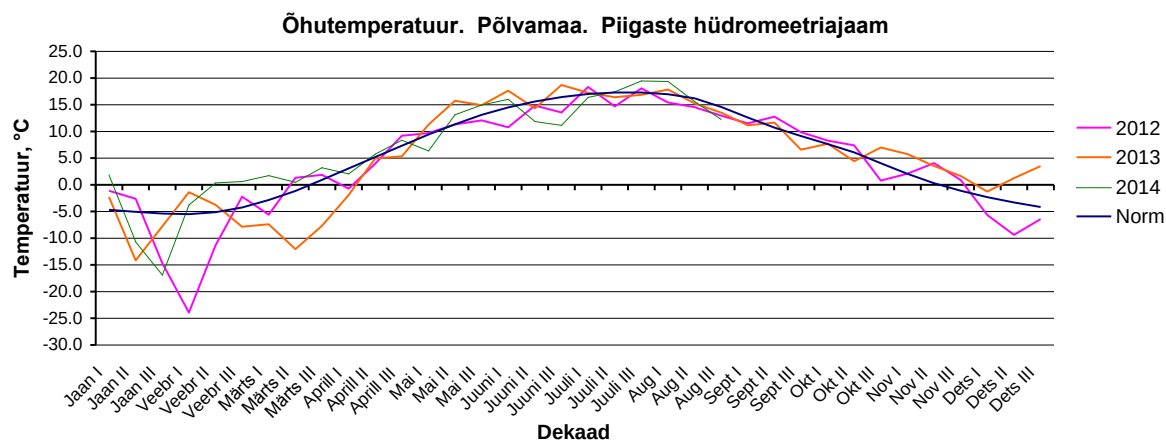
Joonis L13.5. Jõgevamaa – dekaadi ilmastiku andmed meteoroloogiajaamast (põllust 1,9 km).



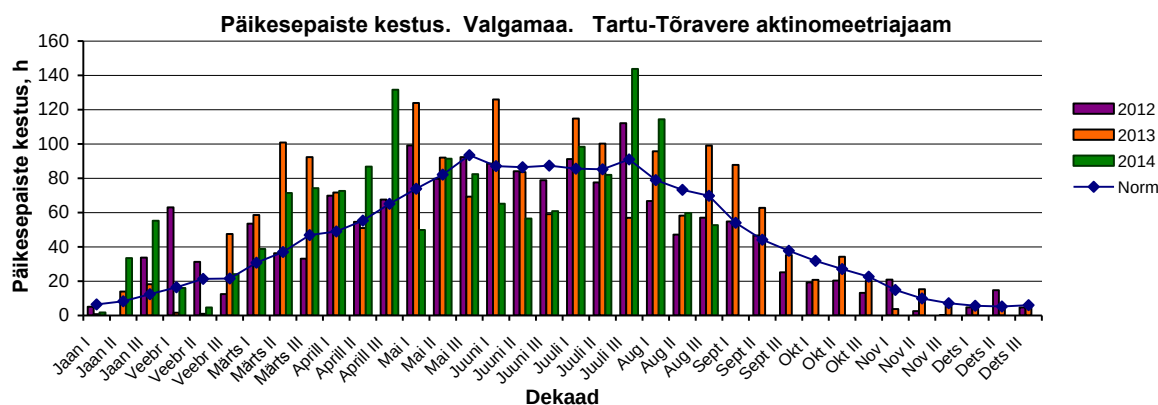
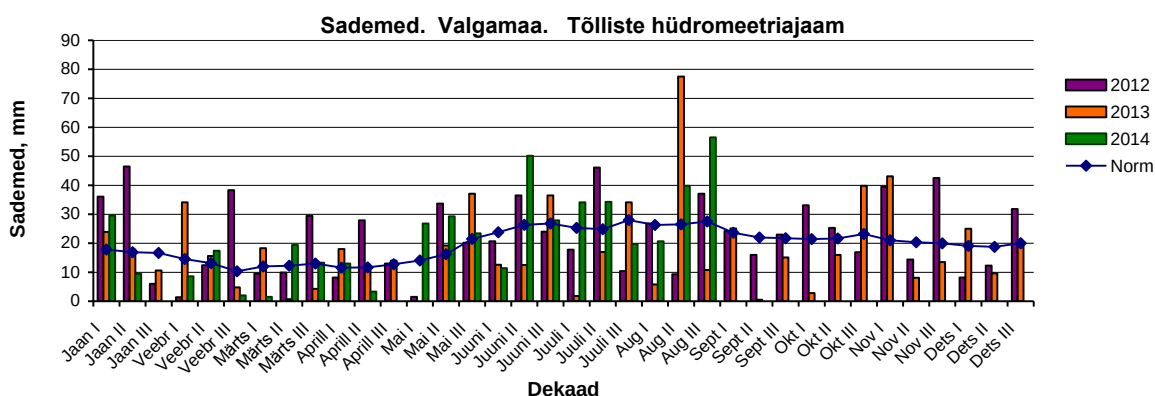
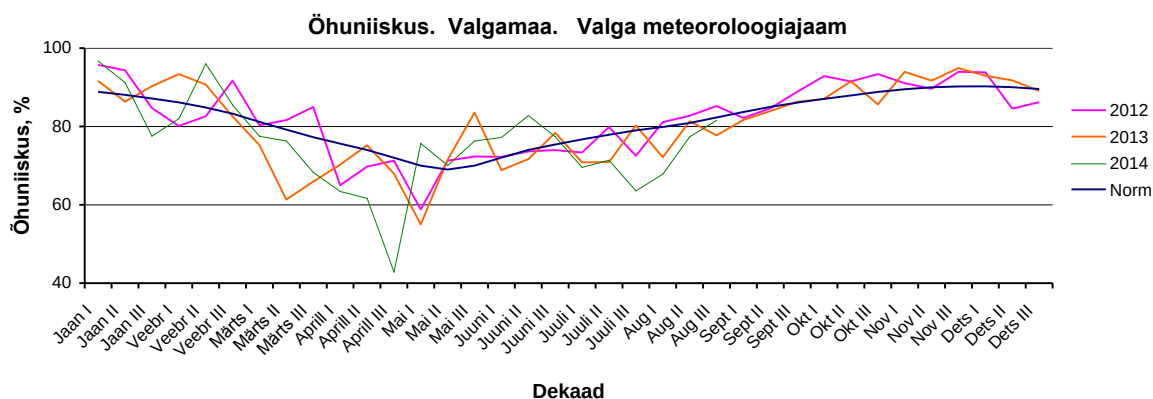
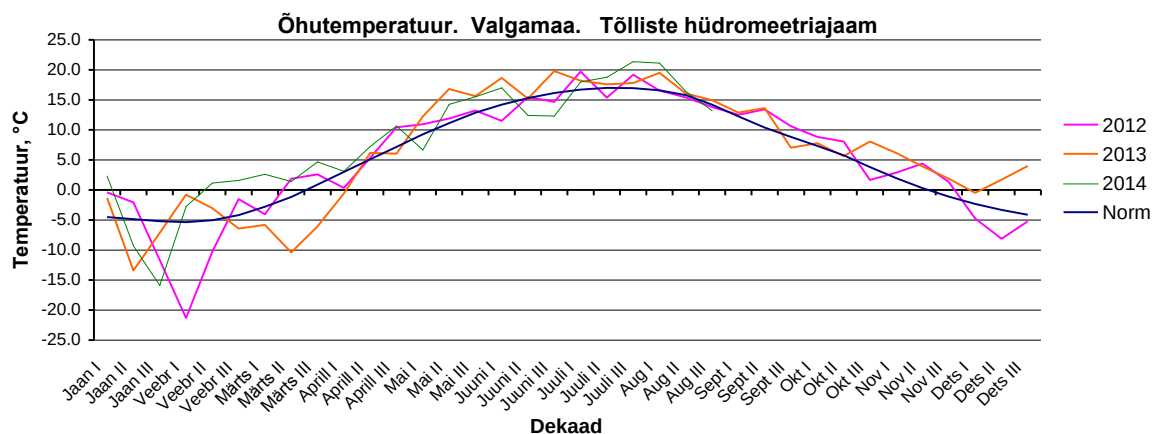
Joonis L13.6. Tartumaa – dekaadi ilmastiku andmed Tartu-Tõravere aktinomeetriaajaamast (põldudest 3,2 km).



Joonis L13.7. Lõuna-Viljandimaa – dekaadi ilmastiku andmed Viljandi meteoroloogiajaamast (36 km) ning Pollist (16,5 km) ja Heimtalist (26 km).



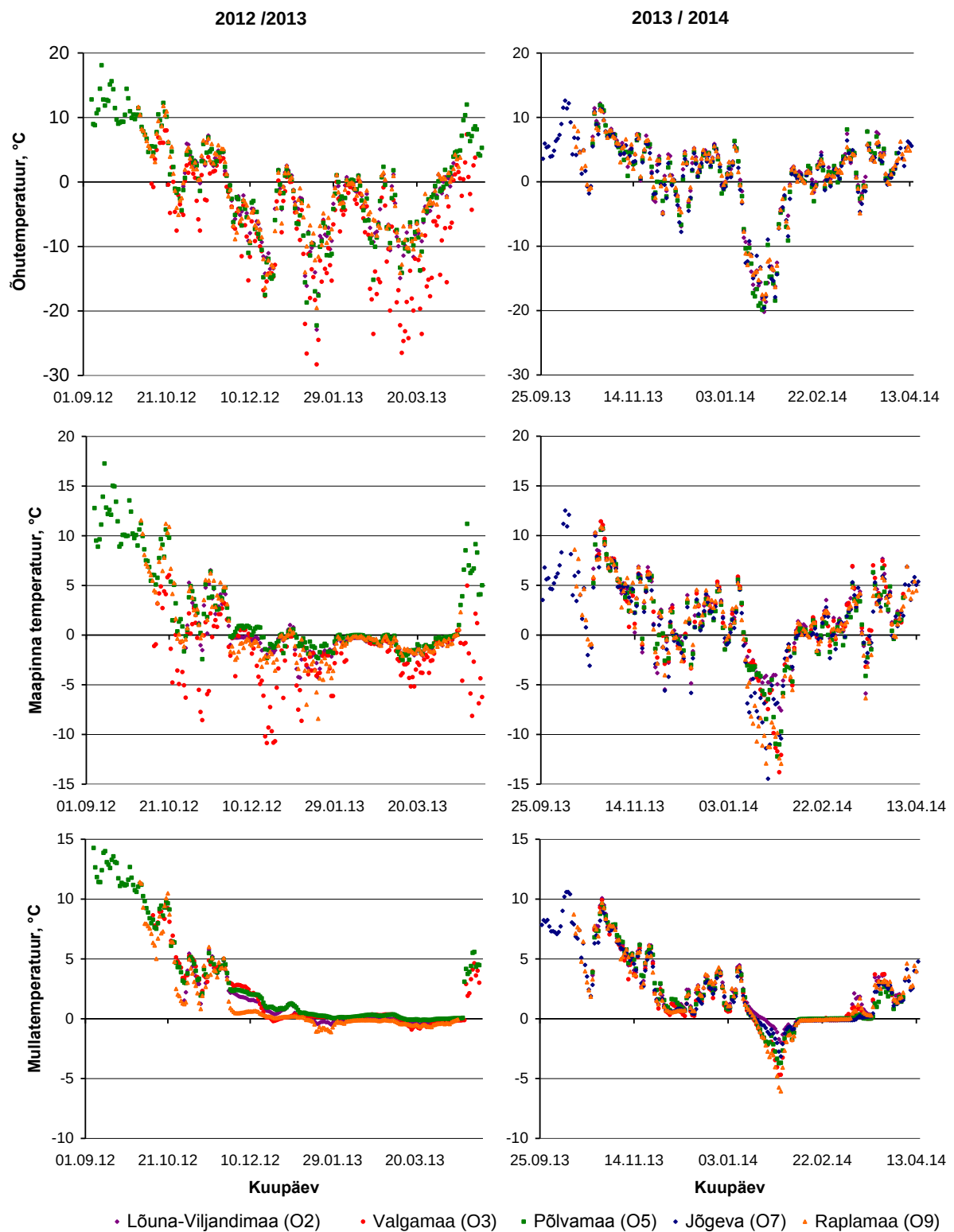
Joonis L13.8. Põlvamaa – dekaadi ilmastiku andmed Piigaste hüdromeetriaajaamast (13,5/10,9 km) ja Võru meteoroloogiaajaamast (24,9/26,3 km).



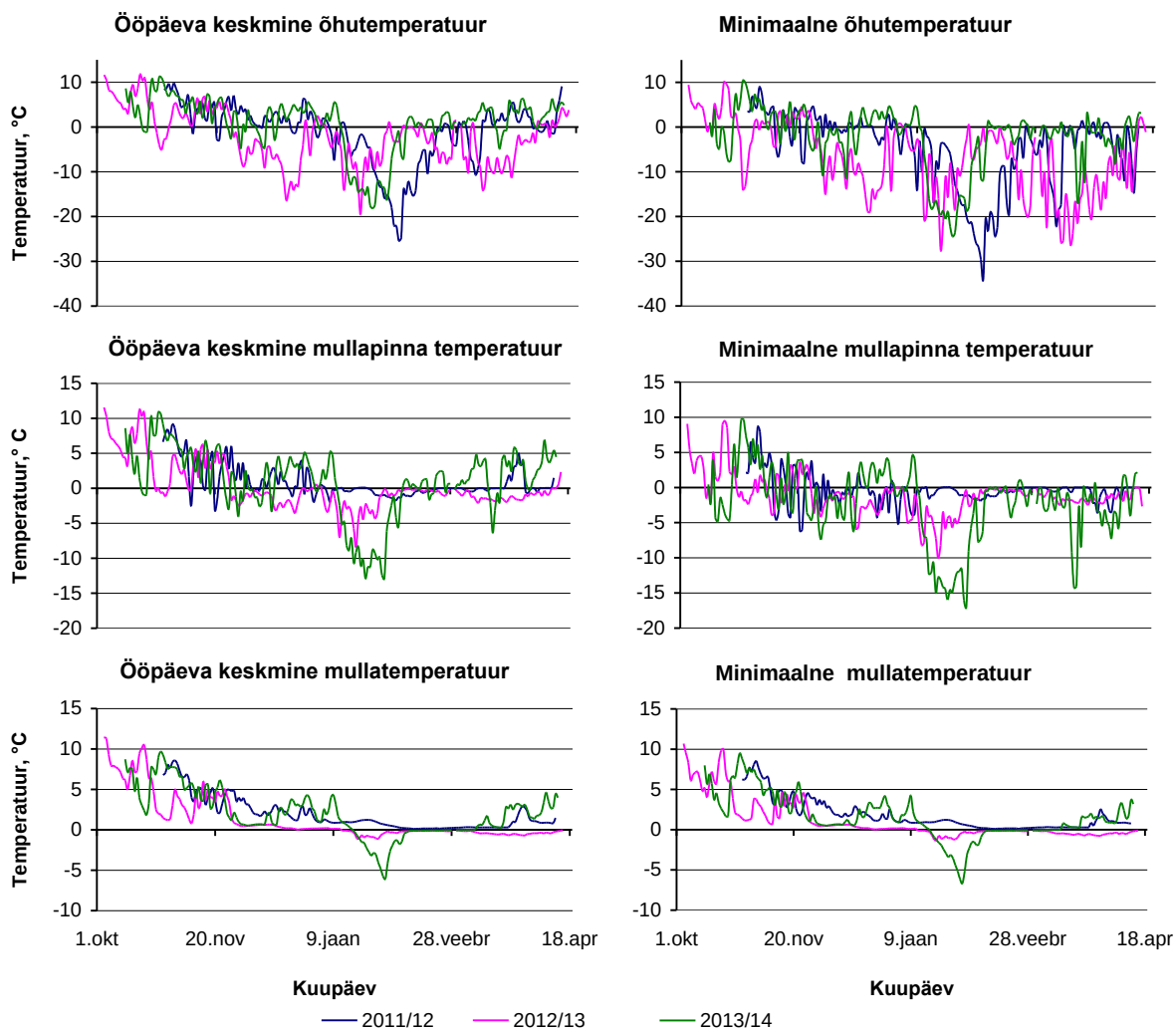
Joonis L13.9. Valgamaa – dekaadi ilmastiku andmed Tõlliste hüdroomeetriaajaamast (kaugus põldudest 11,2 km).Valga meteoroloogiaajaamast (19,4 km) ja Tartu-Tõravere aktinomeetriaajaamast (41,2 km).

Tabel L13.1. Keskmise õhutemperatuuri ning summaarse sademete ja päikesepaiste kestuse normid ning normist kõrvalekalded aastati peamisel taimekasvu perioodil mai algusest juuli lõpuni erinevates katsekohtades

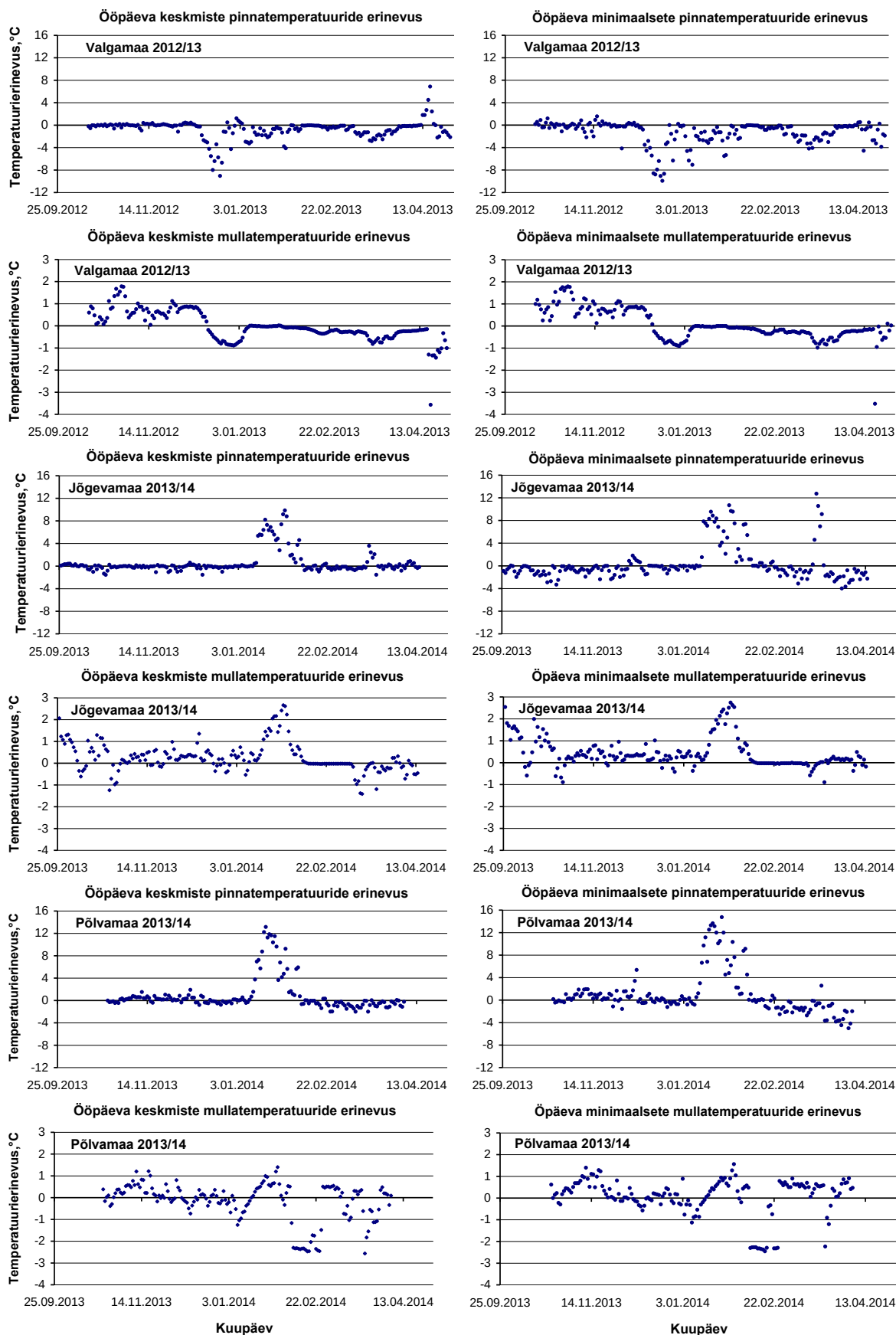
Ele- ment	Norm / aasta	Harjumaa	Raplamaa	Põhja - Viljandimaa	Jõgevamaa	Pärnumaa	Lõuna- Viljandimaa	Tartumaa	Valgamaa	Põlvamaa	Keskmine
		Sassi Talu	Kuusiku katse	Pilu talu / Mangen POÜ	ETKI katsepõld	Väikevälja tal	Sukahärma Märdi talu	Soone Farm / Tartu Agro	Joka Maa OÜ / Laatre Piim	FIE Toomas Tobreluts / Põlva Agro	
Õhutemperatuur °C	Norm	13,6	13,7	14,1	14,1	14,7	14,4	14,4	14,5	14,8	14,2
	2012	0,1	0,0	0,0			0,1		0,3	0,5	0,2
	2013		2,3	2,5	2,5	1,8	2,4	2,6	2,5	2,7	2,4
	2014		0,8	0,9	0,7	0,2	0,8	0,9	0,8	-0,6	0,6
Sademed, mm	Norm	175	195	204	198	177	209	198	207	209	196,9
	2012	97,9	89,0	29,4			29,9		43,0	46,6	56,0
	2013		-100,8	-79,7	-41,0	-57,9	-62,2	-30,6	-45,0	-85,0	-62,8
	2014		-6,3	40,4	71,8	-15,9	24,7	104,5	50,3	67,3	42,1
Päikesepaiste kestus, h	Norm	871,9	791,6	768,3	820,7	848,4	768,3	768,3	768,3	779,3	798,3
	2012	-6,4	-66,3	-7,1			-7,1		35,3	21,5	-5,0
	2013		-12,5	44,5	61,7	35,3	44,5	57,6	57,6	104,9	49,2
	2014		-105,5	-85,5	-55,9	-55,6	-85,5	-31,1	-31,1	-9,0	-57,4



Joonis L13.10. Ööpäeva keskmise õhu-, maapinna- ja mullatemperatuuri käik talvistel poolaastatel 2012/2013 ja 2013/2014 mõõdetuna erinevatel otsekülvi põldudel.



Joonis L13.11. Ööpäeva keskmised ja minimaalsed õhu-, maapinna- ja mullatemperatuurid kolmel aastal Kuusiku otsekülvi variandil.



Joonis L13.12. Ööpäeva keskmiste ja minimaalsete maapinna- ja mullatemperatuuride erinevused otsekülvi- ja künnivariantide vahel.

Tabel L13.2. Perioodil külvist koristuseni kogunenud positiivsete ja efektiivsete (üle 5 °C) temperatuuride summad ning sademete summad päevadest keskmise ööpäevase temperatuuriga ≥ 0 °C ja ≥ 5 °C.

Maakond	Aasta	Kultuur	T ≥ 0 °C		T ≥ 5 °C	
			Tempera- tuuride summa	Sademete summa	Efektiivsete temperatuuride summa	Sademete summa
Valgamaa	2013	Kaer	1718,1	178,7	1210,6	178,7
Jõgevamaa	2013	Kaer	1550,6	155,8	1095,6	155,8
Tartumaa	2013	Kaer	2077,7	300,2	1374,4	266,8
Harjumaa	2012	Suvinisu	1752,7	309,2	1182,7	309,2
Põhja-Viljandimaa	2014	Suvinisu	1930,7	412,6	1300,1	402,4
Tartumaa	2014	Suvinisu	1841,6	394,4	1281,6	394,4
Põhja-Viljandimaa	2012	Suvioder	1522,4	284,8	1012,4	284,8
Pärnumaa	2013	Suvioder	1689,6	191,0	1189,6	191,0
Lõuna-Viljandimaa	2014	Suvioder	1639,0	296,2	1128,7	292,4
Põlvamaa	2014	Suvioder	1641,0	343,6	1068,4	331,8
Lõuna-Viljandimaa	2012	Suviraps	1971,3	428,5	1298,8	428,5
Põhja-Viljandimaa	2013	Suviraps	1961,8	198,0	1384,3	198,0
Valgamaa	2014	Suviraps	2267,1	475,4	1376,0	395,9
Valgamaa	2012	Talinisu	2384,6	554,8	1314,6	332,7
Raplamaa	2012	Talinisu	2493,3	847,1	1341,9	567,1
Lõuna -Viljandimaa	2013	Talinisu	2201,9	422,7	1347,0	344,5
Raplamaa	2013	Talinisu	2258,5	365,8	1337,1	287,7
Põlvamaa	2013	Talinisu	2115,6	371,6	1265,3	270,8
Tartumaa	2013	Talinisu	2228,2	354,2	1371,7	287,5
Põlvamaa	2013	Talinisu	2166,6	391,1	1298,8	290,3
Raplamaa	2014	Talinisu	2517,5	534,8	1345,8	336,5
Jõgevamaa	2014	Talinisu	2467,3	574,3	1329,8	413,3

Lisa 14. Otsekülvikute tootjad ja maaletoojad

Tabel L14.1. Otsekülvikute tootjad ja maaletoojad (seisuga 2014 lõpp) . Nimistu ei ole täielik

Jrk. nr.	Otsekülvikute tootjad	Maaletoojad
1.	AMAZONE www.oilseeds.ee/et/jatiina/otsekulvik-primera-dmc www.oilseeds.ee/jatiina	Jatiina, OÜ
2.	CROSS SLOT NO Tillage Systems www.crossslot.com/ ; www.tatoli.ee	Pirmastu OÜ Tatoli, AS
3.	GREAT PLAINS www.sikeagri.ee/tootekataloog/great--plains--kulvikud	Sike Agri OÜ, ka GP Baltic
4.	HORSCH www.horsch2.com/?id=130 ; www.tatoli.ee	Tatoli, AS
5.	JOHN DEERE www.johndeere.ee ; http://distributor.johndeere.ee/Pollutoeoemasinad/Tooted/Kuelvikud/740A-750A ; www.stokkeragri.ee	Stokker Agri OÜ
6.	JUNKKARI www.junkkari.fi/kylvokoneet/junkkari_maestro_direct www.atammel.ee	A. Tammel, AS
7.	KÖCKERLING www.paunvere.ee/3.tund/kulvikud/ultima ; www.paunvere.ee ;	Paunvere PT, OÜ
8.	SKY AGRICULTURE (SULKY) sky-agriculture.com ; www.talutehnika.ee	Peetri Talutehnika
9.	SULKY www.atammel.ee/wp-content/uploads/2011/11/Sulky_Teraviljakylvikud.pdf www.sulky-burel.com/produit.aspx?seedmaster	A.Tammel, AS; ka Roger Group ja Peetri Talutehnika
10.	TUME www.sikeagri.ee	Sike Agri OÜ
11.	VIESKAN METALLI (VM) www.vieskanmetalli.fi/vm-aitosuorakylvo ; www.starfeld.ee	Starfeld, OÜ
12.	WEAVING MASHINERY www.agrimarket.ee/?page=11&sub=167 ; www.agrimarket.ee	Baltic Agro Machinery OÜ
13.	VÄDERSTAD www.seedhawk.com ; www.vaderstad.com/ee ;	Väderstad, OÜ

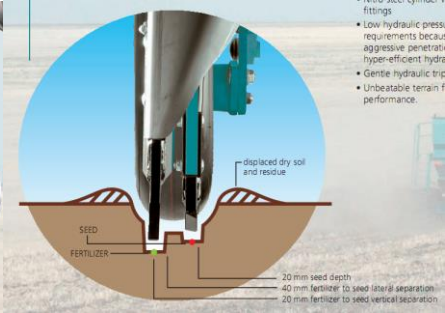
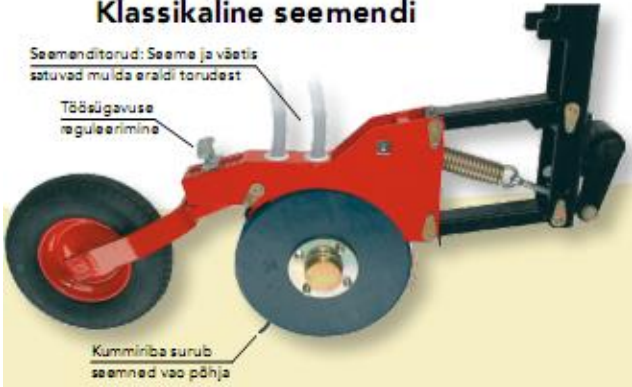
Lisa 15. Otsekülvikute tehnilisi andmeid

Firmad	Margid	Tehnilised andmed								
		Töö- laius, m	Töö- kiirus, km/h	Vajalik võimsus, Hj	Külvis- punkri maht, l	Tühi-mass, kg	Seemen-dite arv, tk	Reavahe, cm	Seemendi tüüp	Max surge seemen-dile, kg
AMAZONE	Primera DMC 602	6.0	18	170	4200	6200	32	18.75	Peitel	52
	Primera DMC 9000	9.0	18	270	4200	8500	48	18.75	Peitel	52
CROSS SLOT NO Tillage Systems	Cross Slot	5,8	12	330	2500	11000	29	20	Ketas/pii (ristpilu)	500
GREAT PLAINS	3P806NT	2,43		80	563	1973	13	19,05	Ketas	203/81
	3P1006NT	3		100	704	2476	15	19,05	Ketas	203/81
	V300F	3		>100	...1900	4188	19	15,2; 19,1	Ketas	250/80
	SPARTAN 607	6		>180	2890	10600	40; 32	15; 19	Ketas	250
	SPARTAN 907	9		280	3500	13700	60; 48	15,2; 19,1	Ketas	250
	1200 + lisaseade	3,66			1015	1342	19; 24	15,4; 19,1	Ketas	50
	1500 +lisaseade	4,57			1269	1621	24; 30	15,4; 19,1	Ketas	50
HORSCH	SPRINTER 3ST	3	8...15	100-140	3000/ 3800	3200 (3450)	12	25	Peitel	
	SPRINTER 4ST	4	8...15	120-160	3000/ 3800	3590 (3840)	16	25	Peitel	
	SPRINTER 6ST	6	8...15	160-230	3000/ 3800	5320 (5570)	24	25	Peitel	
	SPRINTER 8ST	8	8...15	220-310	4000	7250	25	32	Peitel	
JOHN DEERE	750A	3	...15	80	1800	2900	18	16.6	Ketas	...250
		4		110	1800	4500	24	16,6	Ketas	...250
		6		140	2300	6300	36	16,6	Ketas	...250
JUNKKARI	M 300	3		82-156	2700 (4200)	3200	24	12,5	Ketas	10-140
	M400	4		102-190	3700 (5700)	3900	32	12,5	Ketas	10-140
KÖCKERLING	ULTIMA 800	8	15-20	275	4000	10100	44	18,2	S-pii	>230
	ULTIMA CS	3		140	2800	4570	16	18,5	S-pii	>230
		4		160	2800	5720	22	18,5	S-pii	>230
		6		220	3300	9000	32	18,5	S-pii	>230
SKY AGRICULTURE	EASYDRILL (varem SULKY)	3			2000	3300	18	16,7	Ketas	250
		4			2800	4140	24			

Firmad	Margid	Tehnilised andmed								
		Töö- laius, m	Töö- kiirus, km/h	Vajalik võimsus, Hj	Külvis- punkri maht, l	Tühi-mass, kg	Seemen-dite arv, tk	Reavahe, cm	Seemendi tüüp	Max surge seemen-dile, kg
SULKY (STRAW TRACK)	SEED MASTER SXG 380	12,2	7...9	240; 200	6700		48; 40	25; 30	Peitel	
TUME	NOVA COMBI	3	...12	90	2280	3750	24	12,5	Kaksik-ketas	40-200
		4		120	3160	5475	32			
VM	VM 300 C	3	8...12	90	3500	4400	20	15	Ketas	50-175
	VM 400 C	4		120	4800	5500	26	15,4	Ketas	50-175
	VM 300 DS	3		90	3500	4400	20	15	Ketas	50-200
	VM 400 DS	4		120	4800	5500	26	15,4	Ketas	50-200
	VM 6000 DS Pneuma	6		200	8000	9300	40	15	Ketas	50-200
VÄDERSTAD Seed Hawk	SH 30-600C	6		145		5100	24	25	Peitel	150
	SH 30-800C	8		195		6100	32	25	Peitel	150
	SH 45-1220C	12,2		340		10100	48	25,4	Peitel	150
	SH 45-1520 C	15,2		420		12000	60	25,3	Peitel	150
	SH 45-1830 C	18,3		500		14000	72	25,4	Peitel	150
WEAVING MASHINERY	CADDY ST	4; 4,8; 6		130	3125		22; 26; 32	18.5	Ketas	
		4; 4,8; 6; 8; 9		180	6250		22; 26; 32; 43; 48	18.5	Ketas	

Lisa 16. Otsekülvikute seemendid

Jrk nr	Külvik	Foto, skeem
1.	Amazone	
2.	CROSS SLOT NO Tillage Systems	
3.	Great Plains	
4.	Horsch	
5.	John Deere	
6.	Junkkari	

7.	Köckerling	
8.	Easydrill	
9.	Sulky	 PACKER WHEEL • Versatile pneumatic tire. Flexible for mud release. Low internal pressures recommended for heavy clay regions. SEED KNIFE  • Low hydraulic pressure requirements because aggressive penetration • Hyper-efficient hydraulic • Gentle hydraulic trip • Unbeatable terrain performance.
10.	Tume	
11.	VM	Klassikaline seemendi Seemenditorud: Seeme ja väetis satuvad mulda eraldi torudest Tööajavuse reguleerimine Kummiriba surub seemned vao põhja 

12.	Väderstad Seed Hawk	
13.	Weaving Maschinery Caddy ST	

Lisa 17. Küsitluse vorm

Küsitlus viljelustehnoloogiate kohta

Küsitluse eesmärk on:

- 1) projekti „Erinevate viljelusmeetodite (sh. otsekülv) rakendusteaduslik kompleksuuring“ mõju selgitamine projekti perioodil. Kavas on ka teine küsitlus projektiperioodi lõpus;
- 2) selgitada erinevate viljelustehnoloogiate osakaalu Eestis;
- 3) selgitada põhjused, miks kasutatakse ühte või teist viljelustehnoloogiat;
- 4) laiendada kontaktibaasi tootjatega edaspidiste uurimistöõde tarvis;
- 5) selgitada, mida põllumeeste arvates tuleks viljeluse alal uurida;
- 6) selgitada põllumeeste arvamust erinevate viljelustehnoloogiate kohta.

1. Ettevõtte nimi:														
2. Asukoht (aadress – vald, küla): Kus valdades asuvad põllud?														
3. Kontaktandmed (e-mail, telefon):														
4. Tootmisviiside maht ettevõttes: <table style="width: 100%;"><tr><td>Tavatootmine</td><td>☐</td><td>ha (mitte sisse arvestada KSM-toetuse alust maad)</td></tr><tr><td>Mahetootmine</td><td>☐</td><td>ha</td></tr><tr><td>KSM</td><td>☐</td><td>ha</td></tr></table>	Tavatootmine	☐	ha (mitte sisse arvestada KSM-toetuse alust maad)	Mahetootmine	☐	ha	KSM	☐	ha					
Tavatootmine	☐	ha (mitte sisse arvestada KSM-toetuse alust maad)												
Mahetootmine	☐	ha												
KSM	☐	ha												
5. Mis aastal Teie ettevõtte alustas põlluharimisega?														
6. Kas ettevõtte tegeleb ka loomakasvatusega? ☐ JAH ☐ EI <table style="width: 100%;"><tr><th style="text-align: left; padding-bottom: 5px;"><u>Liik</u></th><th style="text-align: left; padding-bottom: 5px;"><u>Karja suurus</u></th></tr><tr><td>☐ veised</td><td></td></tr><tr><td>☐ sead</td><td></td></tr><tr><td>☐ lambad</td><td></td></tr><tr><td>☐ kitsed</td><td></td></tr><tr><td>☐ linnud</td><td></td></tr><tr><td>☐ muud</td><td></td></tr></table>	<u>Liik</u>	<u>Karja suurus</u>	☐ veised		☐ sead		☐ lambad		☐ kitsed		☐ linnud		☐ muud	
<u>Liik</u>	<u>Karja suurus</u>													
☐ veised														
☐ sead														
☐ lambad														
☐ kitsed														
☐ linnud														
☐ muud														
7. Kui suur on ettevõtte põllukultuuride aluse maa pindala kokku, ha? (sellest rendimaa)														
8. Milline on kasutatava põllumaa mullastiku raskusaste (võimalusel osakaal % või pindala ha)? <table style="width: 100%; margin-top: 10px;"><tr><td>☐ kerged</td><td>% või</td><td>ha</td></tr><tr><td>☐ keskmised</td><td>% või</td><td>ha</td></tr><tr><td>☐ rasked</td><td>% või</td><td>ha</td></tr><tr><td>☐ ei oska öelda</td><td></td><td></td></tr></table>	☐ kerged	% või	ha	☐ keskmised	% või	ha	☐ rasked	% või	ha	☐ ei oska öelda				
☐ kerged	% või	ha												
☐ keskmised	% või	ha												
☐ rasked	% või	ha												
☐ ei oska öelda														

9. Millist järgmistest viljelustehnoloogiatest Teie ettevõttes kasutatakse?				
Viljelus- tehnoloogia	Kui suur oli selle tehnoloogiaga ettevalmistatud põllumaa	Mis aastast see tehnoloogia on olnud kasutuses?	Millist tehnoloogiat kasutati varem?	Mullastik

	pindala 2013. saagiaastal, ha?			
Künnipõhine mullaharimine			☐ künd ☐ miniharimine ☐ otsekülv ☐ ribasharimine ☐ ei oska öelda	☐ kerged ☐ keskmised ☐ rasked ☐ ei oska öelda
Miniharimine			☐ künd ☐ miniharimine ☐ otsekülv ☐ ribasharimine ☐ ei oska öelda	☐ kerged ☐ keskmised ☐ rasked ☐ ei oska öelda
Otsekülv			☐ künd ☐ miniharimine ☐ otsekülv ☐ ribasharimine ☐ ei oska öelda	☐ kerged ☐ keskmised ☐ rasked ☐ ei oska öelda
Ribasharimine			☐ künd ☐ miniharimine ☐ otsekülv ☐ ribasharimine ☐ ei oska öelda	☐ kerged ☐ keskmised ☐ rasked ☐ ei oska öelda

Künnipõhine mullaharimine – küntakse, kobestatakse ja seejärel külvatakse seeme külviks ettevalmistatud mulda.

Miniharimine – mullaharimine tehakse pindmiselt moodsate kombineeritud mullaharimisseadmetega. Vajadusel haritakse sügavamalt rullkäprandaaliga või sügavkobestiga.

Otsekülv – seeme külvatakse mulda eelnevalt ega külvi ajal harimata.

Ribasharimine – mulda haritakse 30–50% põllu pinnast, haritud ribad vahelduvad harimata ribadega.

10. Millised probleemid tekkisid uuele tehnoloogiale üleminekul? Kui kiiresti ilmnesid?

Kommentaar:

11. Millest tuleks kindlasti hoiduda?

Kommentaar:

12. Millised olid positiivsed efektid ülemineku järel? Kui kiiresti ilmnesid?

Kommentaar:

13. Mida tuleks silmas pidada positiivsete efektide saavutamiseks?

Kommentaar:

14. Millise viljelustehnoloogiaga 2013. aastal kultuure harisite?

Märkige kultuurid vastavalt kasutatud tehnoloogiale.

Kultuur	Künnipõhine mullaharimine	Miniharimine	Otsekülv	Ribasharimine
oder	☐	☐	☐	☐
nisu	☐	☐	☐	☐
taliniisu	☐	☐	☐	☐
rukis	☐	☐	☐	☐

kaer	☐	☐	☐	☐
suviraps	☐	☐	☐	☐
taliraps	☐	☐	☐	☐
rüps	☐	☐	☐	☐
hernes	☐	☐	☐	☐
mais	☐	☐	☐	☐
kartul	☐	☐	☐	☐
põldhein	☐	☐	☐	☐
vahekultuur (<i>liik</i>)				
muud kultuurid (<i>liik</i>)				

15. Kas viljelustehnoloogia valikul on Teie jaoks olulised järgmised tegurid?					
Tegur	Jah, väga	Küllaltki	Mitte eriti	Üldse mitte	Ei oska öelda
Mulla omadused	☐	☐	☐	☐	☐
Masinate omadused	☐	☐	☐	☐	☐
Teadmised tehnoloogia rakendamise alal	☐	☐	☐	☐	☐
Põldude umbrohtumus	☐	☐	☐	☐	☐
Taimahaigustega seotud riskid	☐	☐	☐	☐	☐
Kahjuritega seotud riskid	☐	☐	☐	☐	☐
Kasutatavad väetised	☐	☐	☐	☐	☐
Mis veel?	☐	☐	☐	☐	☐

16. Milline on Teie arvamus, kas viljelustehnoloogia ...

Märkige iga vastuse järel iga tehnoloogia all üks vastusevariant.

	Künnipõhine	Miniharimine	Otsekülv	Ribasharimine
16.1....soodustab mulla erosiooni?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.2....soodustab toiteainete leostumist mullast?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.3....soodustab bioloogilist aktiivsust mullas?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.4....parandab mulla orgaanilise aine sisaldust?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.5....soodustab tiheste teket mullas?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.6....soodustab liigniiskete alade teket põllul?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.7....soodustab mulla põuakartlikkust?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.8....soodustab toiteainete omastamist taimede poolt?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.9....soodustab mulla õhustatust?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.10....soodustab umbrohtude levikut põllul?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.11....aitab tõrjuda umbrohtusid?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.12....soodustab	☐ jah, väga	☐ jah, väga	☐ jah, väga	☐ jah, väga

taimehaiguste levikut põllul?	☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.13....aitab tõrjuda taimehaiguseid?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.14....soodustab kahjurite levikut põllul?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.15....aitab tõrjuda kahjureid?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.16....soodustab taliviljade talvitumist	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.17....soodustab kütusesäästu?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.18....soodustab tööaja kokkuhoidu?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.19.... soodustab masinate investeerimiskulude vähenemist?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda
16.20....soodustab põllu pinna kivisust?	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda	☐ jah, väga ☐ küllaltki ☐ pigem mitte ☐ üldse mitte ☐ ei oska öelda

17. Kas olete mõelnud mõne teise viljelustehnoloogia kasutusele võtmisele? ☐ JAH ☐ EI

17.1. kui olete, siis millise?

17.2. millises mahus plaanitakse üle minna?

- ☐ 100-75%
☐ 74-50%
☐ 50-25%
☐ alla 25%

17.3. mis takistab tehnoloogia vahetust?

- ☐ vajaliku teabe puudumine
☐ liiga suur investeerimuvajadus
☐ ei sobi sõnnikulaotusega kokku
☐ ei sobi söödatootmisega kokku
☐ ei sobi õlikultuuride tootmiseks
☐ mullad ei ole sobivad
☐ liiga palju probleeme kahjustajate tõrjega
☐ muu

18. Kas arvestate viljelustehnoloogia eripäraga oma igapäevatöö planeerimisel ja plaanitu elluviimisel? ☐ JAH ☐ EI

19. Millistest teabeallikatest olete seni saanud infot viljelustehnoloogiate kohta ja kas see on teid rahuldanud?

- ☐ nõustajatelt
☐ Maaülikooli (EMÜ) teadurilt või kodulehelt
☐ Eesti Taimekasvatuse Instituudi (ETKI) teadurilt või kodulehelt
☐ Põllumajandusuuringute Keskuse (PMK) spetsialistidelt või kodulehelt
☐ erialakirjandusest
☐ teistelt tootjatelt
☐ tootmisvahendite müüjatelt
☐ koolitustelt
☐ mujalt

Kommentaar

20. Kas olete teadlik, et 2012. aasta kevadel käivitus Eesti Taimekasvatuse Instituudi poolt juhitud koostööprojekt Eesti Maaülikooli ja Põllumajandusuuringute Keskusega teemal „Erinevate viljelusmeetodite (sh. otsekülv) rakendusteaduslik kompleksuuring“?

☐ JAH ☐ EI

21. Millist teavet Te viljelustehnoloogiate kohta rohkem vajaksite?

22. Mida tuleks Teie arvates mullaharimise osas uurida?

23. Ettevõtte masinapargi iseloomustus

Traktori võimsus, kW	Traktori vanus, aastat	Kasutuskooormus, tundi/aastas

24. Kas traktorite võimsus piirab tehnoloogia kasutamist? ☐ JAH ☐ EI

25. Kui tihti esineb rikkeid mullaharimis- ja külviseadmetega?

- ☐ rohkem kui 1 kord päevas
☐ 1 kord päevas
☐ 1 kord 5 päeva jooksul
☐ 1 kord hooajal
☐ vähem kui 1 kord hooajal
☐ ei oska öelda

Kommentaar:

26. Millised sõlmed tõrguvad enim (*loetleda*)?

27. Ettevõtte seadmete loetelu

Seade	Arv, tk	Haardelaius, m	Seade	Arv, tk	Haardelaius, m
Ader			Min.väetiselaotur		
Kultivaator			Sõnnikulaotur		
Rullrandaal			Kombain		
Kobesti					
Külvik					
Põllurull					
Vedrupiiäke					
Taimekaitseprits					

28. Kas ettevõttes tagastatakse põhk koristamise käigus põllule?

☐ JAH ☐ EI

29. Kas tagastatav põhk purustatakse kombainiga?

☐ JAH ☐ EI

Kommentaar (*kui vastasite ei, siis milliseks hindate põhu mõju mullaharimisele?*):

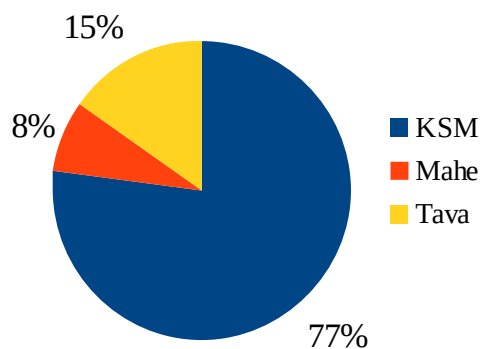
Küsimuste korral palun pöörduge: Raivo Vettik, raivo.vettik@etki.ee, 5191 5947.

Palju tänu vastamast!

Lisa 18. Küsitluse tulemused

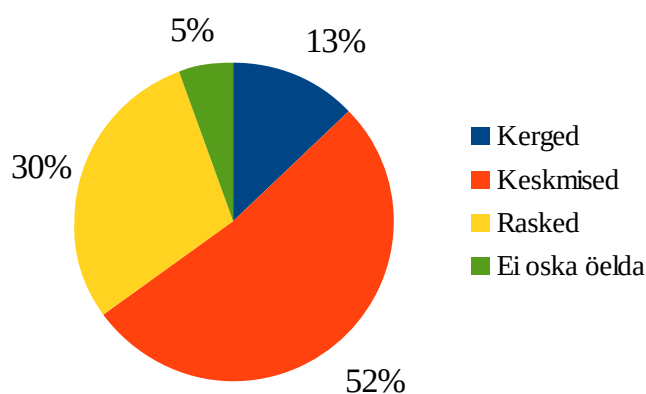
Viljelustehnoloogiate küsitluse kokkuvõte (41 vastust)

Tootmisviiside maht ettevõtetes

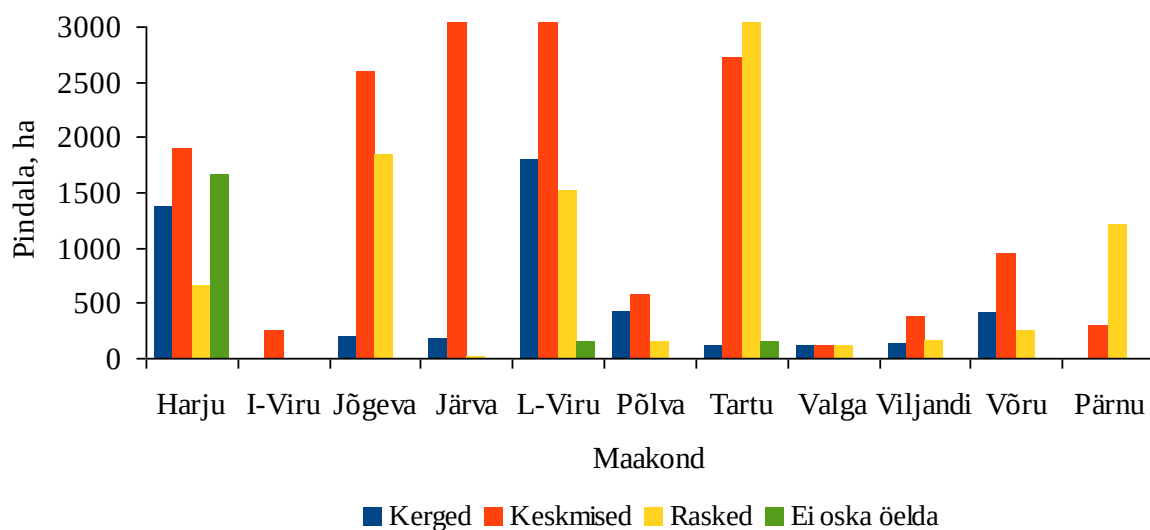


Põllumaa

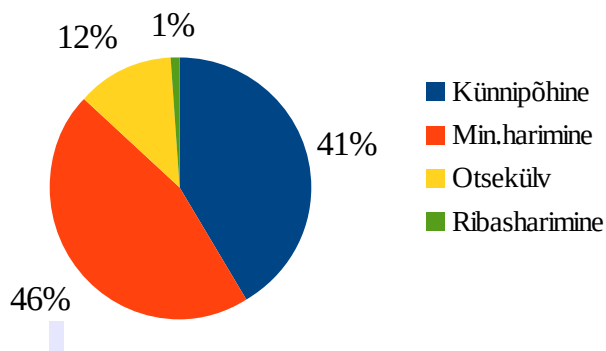
Põllumaa jagunemine mullastiku raskusastme alusel



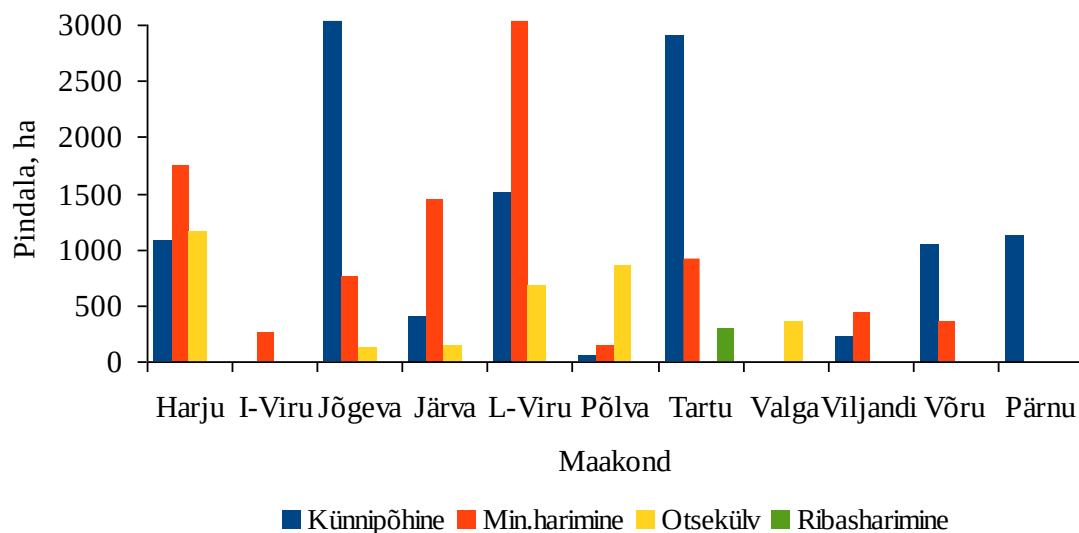
Põllumaa jagunemine mullastiku raskusastme alusel



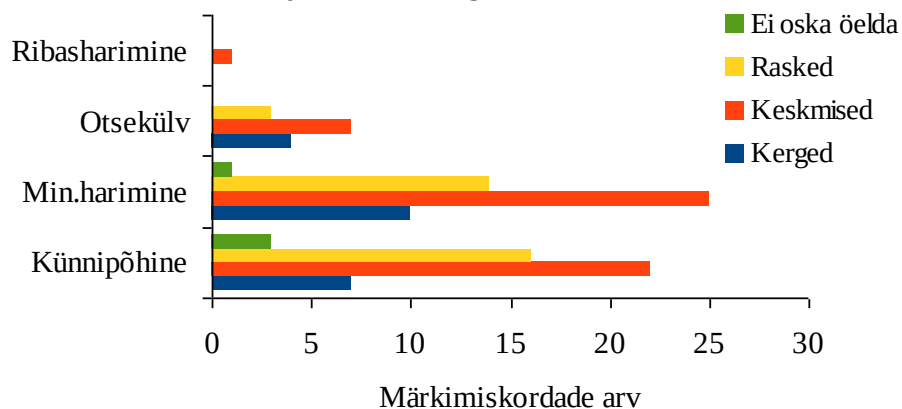
Põllumajandukultuuride aluse maa pindala jagunemine 2013. aastal viljelustehnoloogia alusel



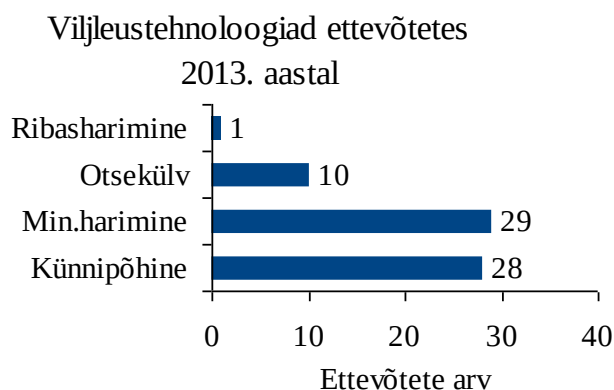
Põllumajandukultuuride aluse maa pindala jagunemine 2013. aastal viljelustehnoloogia alusel



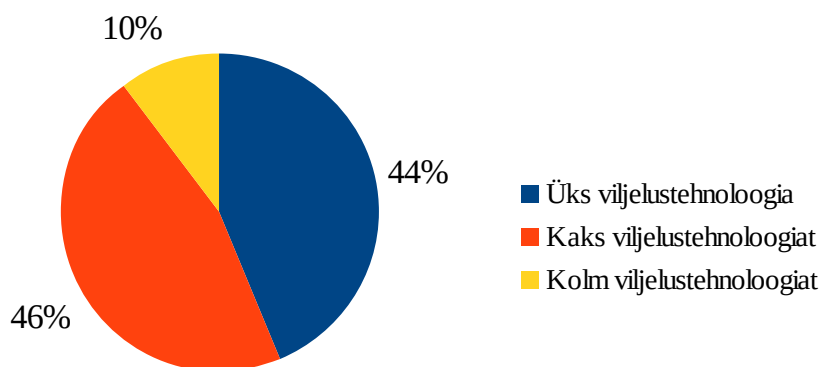
Mullastiku raskusastmete esinemissagedus sõltuvalt viljelustehnoloogiast



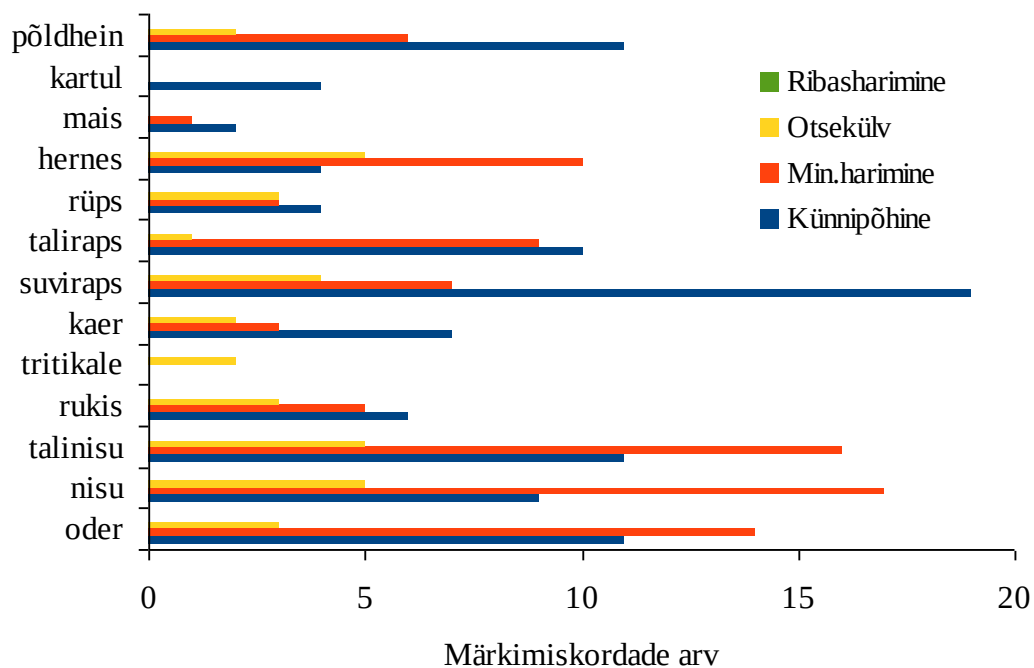
Viljelustehnoloogia



Erinevate viljelustehnoloogiate arv ettevõttes

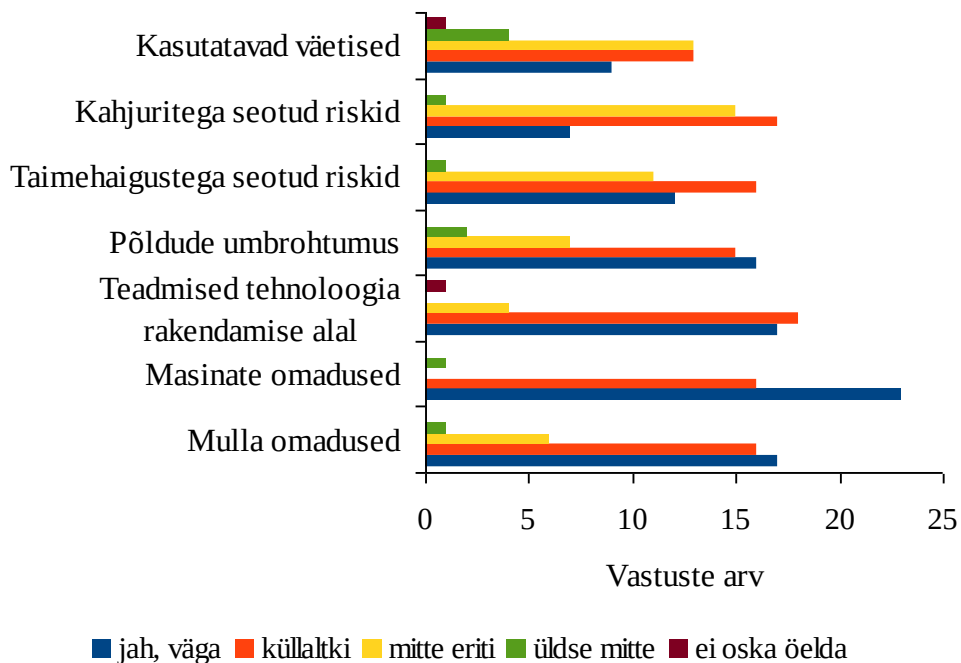


Viljelustehnoloogiate esinemissagedus põllukultuuride kasvatamisel 2013. aastal

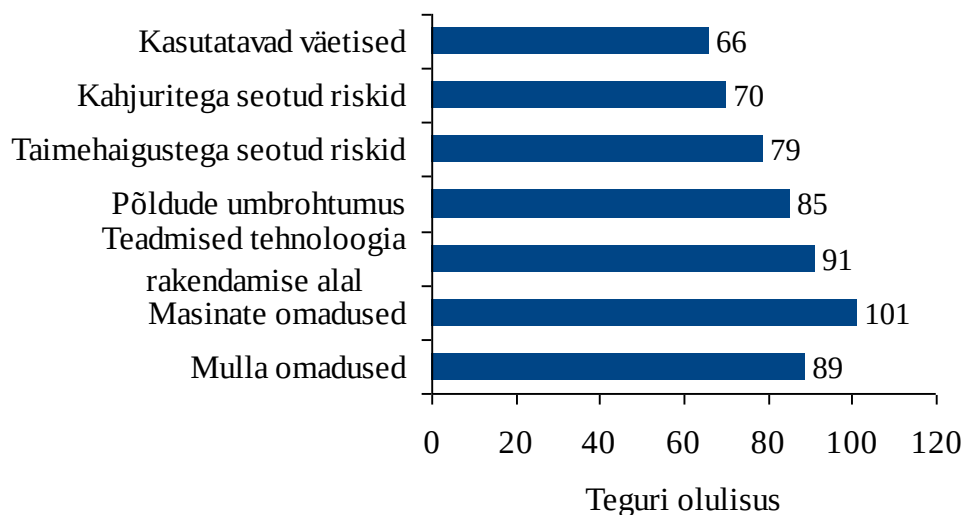


Viljelustehnoloogia valik

Viljelustehnoloogia valikul on olulised järgmised tegurid



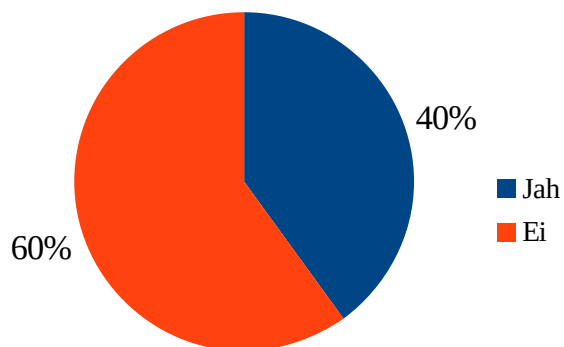
Viljelustehnoloogia valikut mõjutavate tegurite olulisus



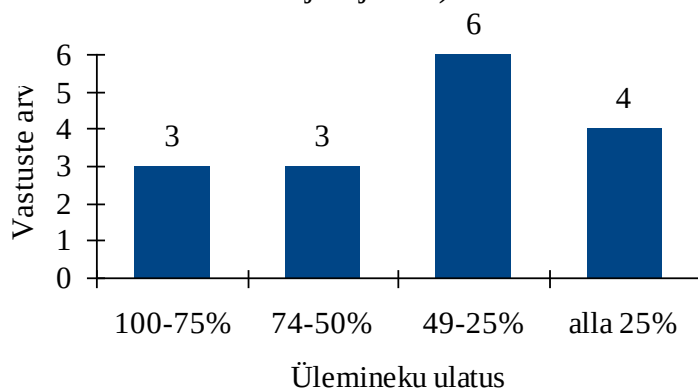
(Teguri olulisuse leidmisel on antud olulisusele arvuline väärtus (väga oluline 3, küllaltki oluline 2, mitte eriti oluline 1, mitteoluline 0) ja seejärel summeeritud tegurite kaupa.)

Viljelustehnoloogia vahetus

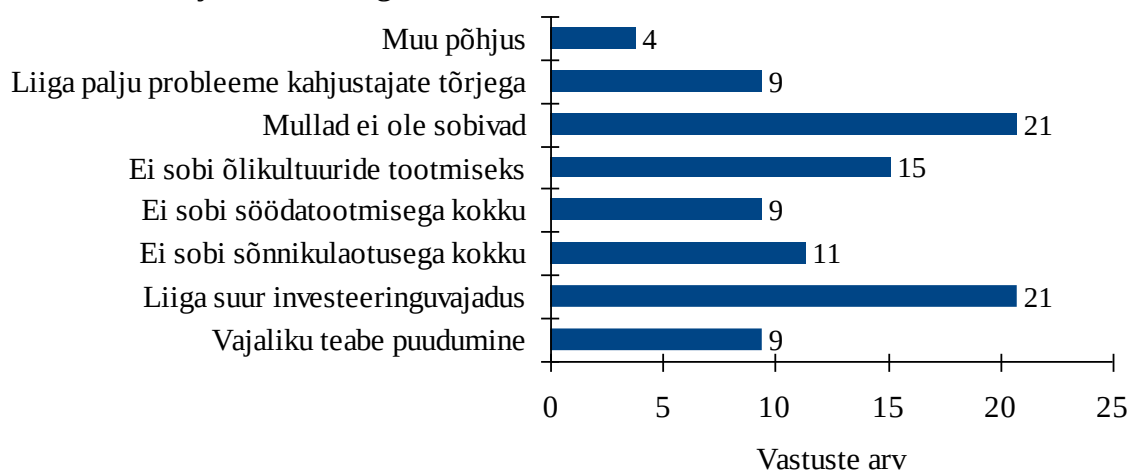
Kas olete mõelnud mõne teise viljelustehnoloogia kasutusele võtmisele?



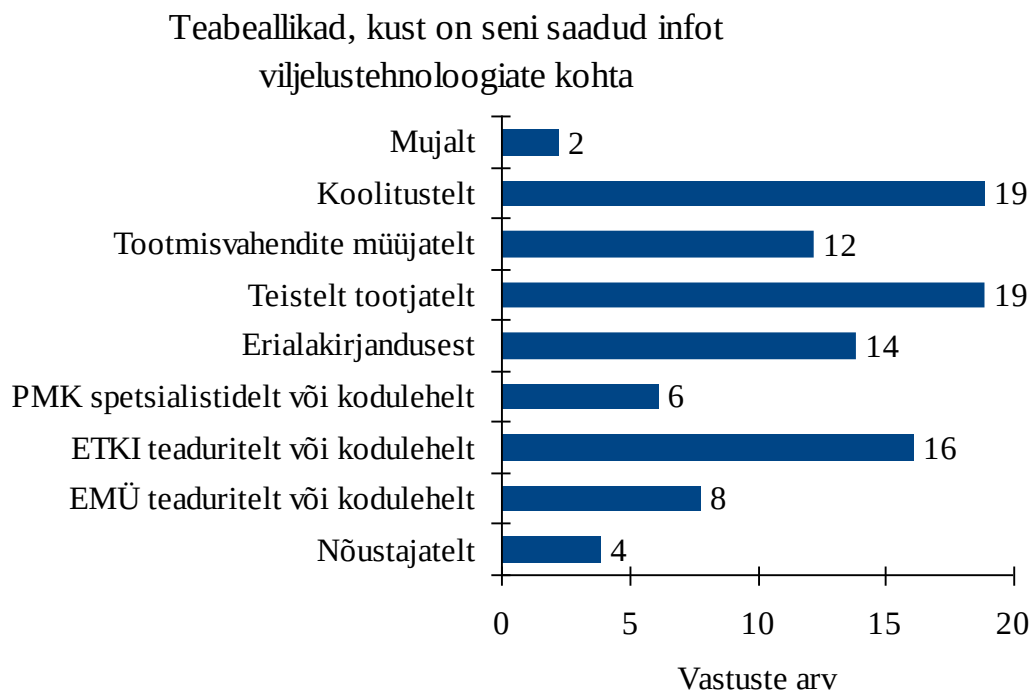
Millises mahus plaanite üle minna (tehnoloogia muutjate jaotus)?



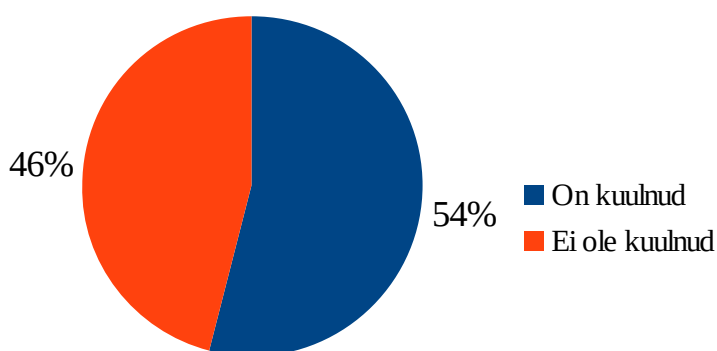
Mis takistab viljelustehnoloogia vahetust?



Teabeallikad ja projekti „Erinevate viljelusmeetodite (sh. otsekülv) rakendusteaduslik kompleksuuring“ tuntus

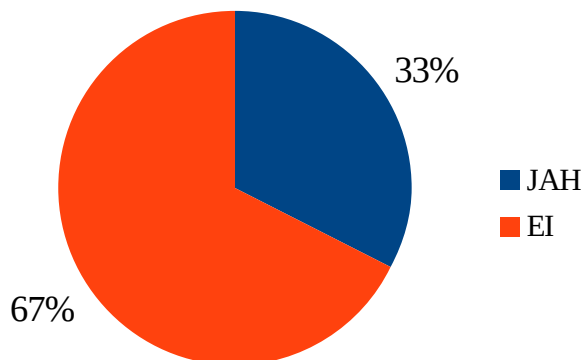


Projekti tuntus

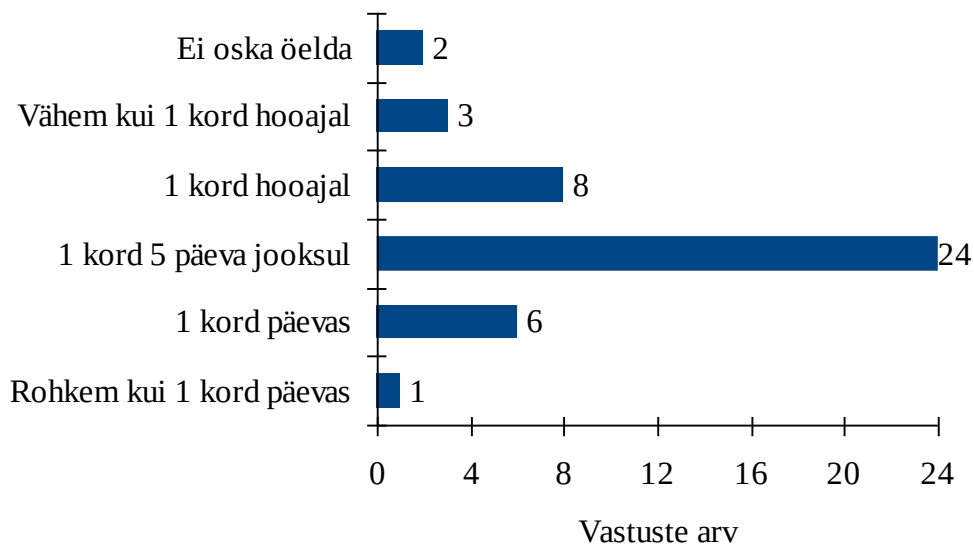


Kasutatav tehnika

Kas traktorite võimsus piirab olemasoleva tehnoloogia kasutamist?



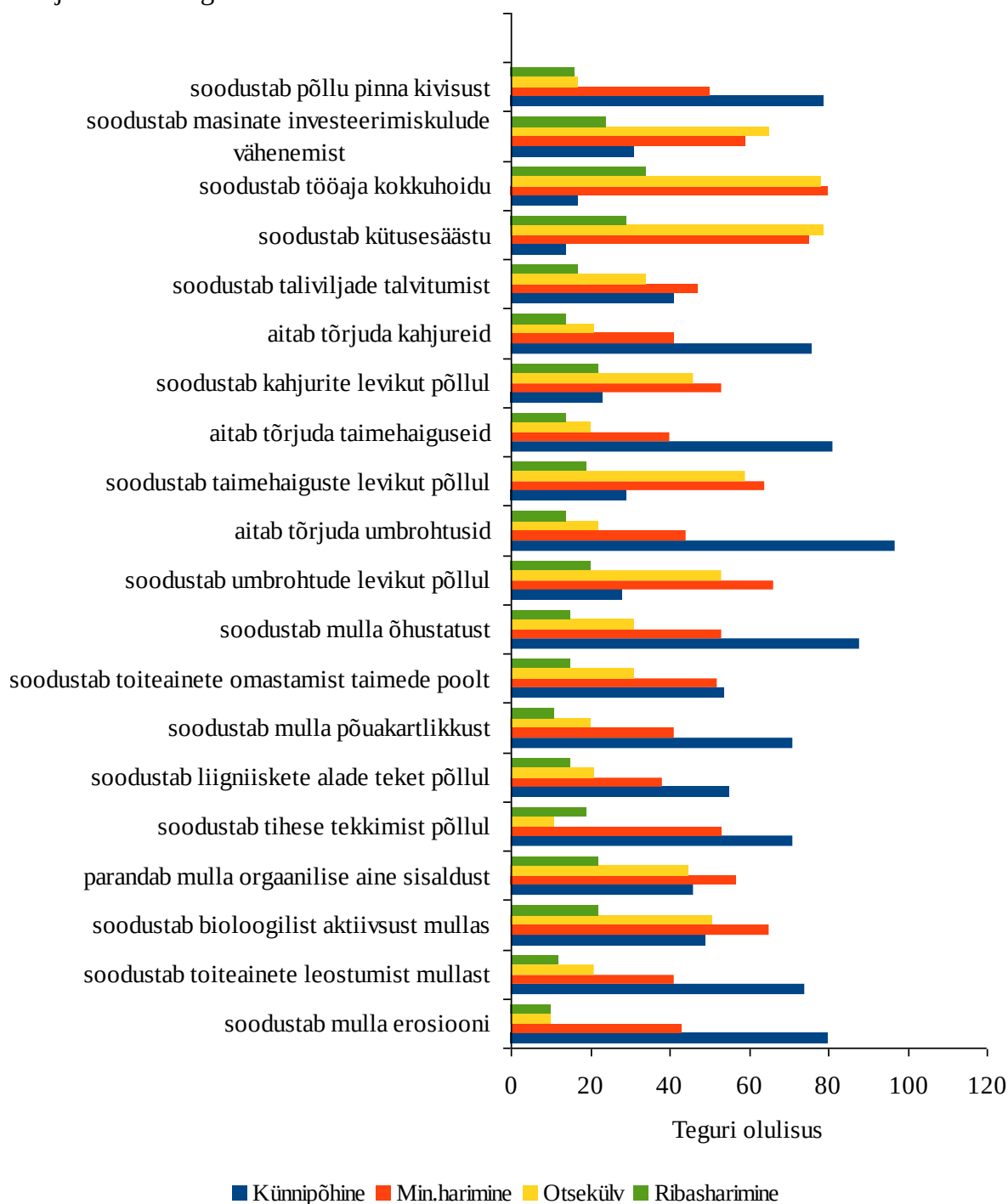
Kui tihti esineb rikkeid mullaharimis- ja külviseadmetega?



Enim tõrkuvate sõlmede loend: laagrid, vedrud, elektrisüsteem, automaatika, külvi sügavuse ja kinniajamise rattad, seemendi liikuvosad, seemendid, seemendi voolikud, elektroonika.

Hinnang viljelustehnoloogiatele

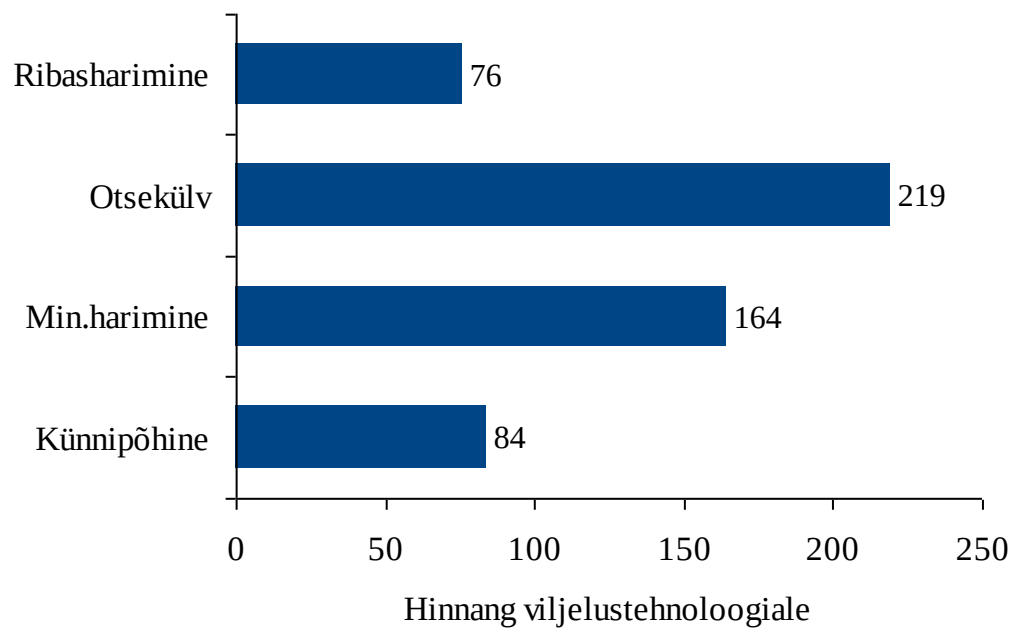
Viljelustehnoloogia ...



(Teguri olulisuse leidmisel on antud olulisusele arvuline väärtus (väga oluline 3, küllaltki oluline 2, mitte eriti oluline 1, mitteoluline 0) ja seejärel summeeritud tegurite kaupa.)

Üldhinnang viljelustehnoloogiatele

Graafik on koostatud eelmise graafiku andmete alusel.



(Viljelustehnoloogiale hinnangu leidmisel on antud tegurite olulisusele arvuline väärtus (väga oluline 3, küllaltki oluline 2, mitte eriti oluline 1, mitteoluline 0). Positiivsed tegurid „+“-märgiga ja negatiivsed tegurid „-“-märgiga ning seejärel on summeeritud tegurite kaupa.)