

Riikliku programmi „Põllumajanduslikud
rakendusuringud ja arendustegevus
aastatel 2009-2014” lisa 4

Eesti Maaülikool
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut
Taimkasvatuse ja rohumaaviljeluse osakond

**KOHALIKE VÄETISTE EFEKTIIVSEM KASUTAMINE JA ROHUSÖÖTADE
TOOTMISE MAJANDUSLIK HINNANG KOHAPEALSE SÖÖDATOOTMISE
ARENDAMISEL**

Projekti juht: Rein Viiralt

Projekti põhitäitjad: Rein Viiralt
Mailis Tampere
Rando Värnik
Katri Kall
Ülle Roosmaa
Katseagronoomid: Niina Kabanen
Merike Kissa

Tartu 2015

SISUKORD

1. Projekti taust	3
2. Projekti eesmärk, katsete kirjeldus, tingimused ja meetodika	3
3. Uurimistöö tulemused	6
3.1. Rohumaa saak sõltuvalt seemnesegust ja väetamisest	6
3.2. Vedelsõnniku ja biogaasijaama kääritusjäägi (digestaadi) võrdlev toime rohumaal	14
3.3. Rohu liigilise koosseisu, väetiste ja silokindlustuslisandi mõju rohusilo kvaliteedile	14
3.4. Vedelsõnniku ja digestaadi vegetatsioonivälise laotamise toime rohumaal	23
3.5. Majandusliku hinnangu andmine rohusöötade tootmisele	30
4. Põhilised järeldused uurimistööst ja ettepanekud projekti tulemuste kasutamiseks praktikas	39
5. Kasutatud kirjandus	41
6. Lõpparuande lisad 1-4	42

1. PROJEKTI TAUST

Praegustes keerukates ja tugevasti muutunud/muutuvates tootmis- ja turundustingimustes on põllumajandustootja jaoks esmajärgulise tähtsusega toodangu omahinna alandamine või vähemalt selle tõusu pidurdamine. Piima omahinna kulude jaotus on uute lautadega suuremate tootjate puhul valdavalt järgmine: söödad 40-45%, lehmade pidamiskulud 25-40%, tööjõud 15-20%, veterinaarkulud 5-10%. Tootja saab säästa eeskätt söödakulusid (nende osakaal võib olenevalt ettevõttest olla ka suurem – üle 50%), tootes kohapealseid söötasid odavamalt ja kasutades vähem ostusöötasid. Veiste põhisoötade (haljasrohi, silo, hein, söödateravili) kuludest moodustavad suure osa mineraalväetised, milliste olulist odavnemist ei ole lähitulevikus ette näha, kuigi paaril viimasel aastal on selles osas ilmnunud teatud langustrend. Seetõttu tuleb efektiivsemalt ära kasutada orgaanilise päritoluga väetisi, eeskätt sõnnikut ja haljasväetisi. Järjest olulisemaks muutub tootmissuund *kohalikud väetised* → *kohalikud söödad*.

Kohalikest väetistest on kõige olulisem sõnnik, kusjuures vedelsõnniku e. läga keskkonnahoidlik käitlemine on tunduvalt probleemsem (kuivainet enamasti 7-9%) kui tahkesõnniku (KA üle 17%) ja poolvedela sõnniku (KA 10-17%) puhul. Samas kasutab lägasüsteemi enamus suuri farme.

Teistest orgaanilistest substraatidest on muutunud aktuaalseks eeskätt biogaasi kääritusjäägi ehk digestaadi toime väetisena, kuna digestaat sisaldab lisaks mineraalainetele ka metaankäärimisest (ca 60% CH₄ ja 40% CO₂) järele jäänud orgaanilist ainet, sealh. lämmastikku. Projekti alustamisel 2010. aastal vastavad usaldatavad katseandmed Eestis praktiliselt puudusid, kuid vajadus nende järele pidevalt suureneb, sest praegu on Eestis 5 põllumajanduslikel biojäätmetel töötavat biogaasijaama (Jööri, Aravete, Oisu, Ilmatsalu, Vinni) ning lähitulevikus nende arv tõenäoliselt suureneb koos taastuvenergeetika arenguga.

Energiamajanduse riiklikus arengukavas aastani 2020 on seatud eesmärgiks vähendada Eesti sõltuvust imporditavatest ressurssidest, mille üheks võimaluseks on biomassi ja biolagunevate jäätmete kasutamisel baseeruvate tehnoloogiate arendamine. Biogaasist toodetavat biometaani peetakse heaks taastuvenergia kasutamise suurendamise võimaluseks transpordis.

Biogaasi tootmismahu suurendamiseks rohtsest massist ja biogaasijaamade tootmisefektiivsuse tõstmiseks on vaja täiendava sisendina kasutada loomakasvatusest saadavat tahket või vedelsõnnikut.

Samuti suurendab teiste põllumajanduslikust tootmisest pärinevate sisendite (silo, põhu) lisamine digestaadi kuivainesisaldust ning väetisväärtust mulla huumustekkeprotsessi seisukohalt.

Biogaasitootmise tooraine kättesaadavus ja hind sõltuvad paljudest asjaoludest, sh loomade arvust, sõnnikumajandusest ja selle käitlemise tehnikast, kasvatatavatest kultuuridest, põldude asukohast, kaugusest, omandisuhetest jne. Võimalike uute biogaasijaamade rajamine sõltub põllumajandustootjate valmisolekust ja teadlikkusest digestaadi kasutamiseks ning ettevõtjatevahelisest koostööst.

Digestaadi laiemat kasutust takistavateks teguriteks võib pidada tootjate teadmatust kääritusjäägi väärtuse kohta põllukultuuride väetisena, digestaadi vähest kättesaadavust ning kasutuskogemust, väljakujunemata hinnasuhteid põllumajandustootja ja biogaasi tootja vahel, transpordikuludega seotud küsimusi jms.

Käesoleva projekti kavandamisel võeti arvesse eeltooduga haakuvate PM rakendusuringute (sealh. 2010. aastal lõppenute) tulemusi ja ka uuringute vajalikku järjepidevust.

2. PROJEKTI EESMÄRGID, KATSETE KIRJELDUS, TINGIMUSED JA METOODIKA

Projekti eesmärgiks püstitati aastail 2011-2014 välja selgitada:

- 1) Millises ulatuses on mineraalväetisi võimalik asendada sõnniku ja haljasväetisega rohumaal ja põllukülvikorras, lähtuvalt ettevõtte maakasutusest, eri kultuuride saagi taotletavast tasemest, kvaliteedist ja omahinnast (antakse agronoomiline ja ökonoomiline hinnang)
- 2) Vedelsõnniku ja digestaadi kasutamise võimalused, täiustatud tehnoloogia ja efektiivsus (agronoomiline, majanduslik) söödakultuuridel, eeskätt erineva kasutusviisiga rohumaal (karjamaa, niiteline)
- 3) Kuidas rohumaal vältida/minimeerida sileeritava materjali saastumist vedelsõnnikust ja digestaadist pärinevate mikroobidega, mis kahjustavad silo, toorpiima ja piimatoodete (eriti juust) kvaliteeti
- 4) Vedelsõnniku ja digestaadi keskkonnaohutu/keskkonnasäästlik kasutamine:
 - kas vedelsõnniku ja digestaadi laotamine aktiivse taimekasvu välisel perioodil võib olla ohtlik keskkonnale (toitainete leostumise ulatus).
 - ammoniaagi (NH₃) lendumine sõltuvalt vedelsõnniku ja digestaadi andmise viisist (mullapinnale või mulda), ajast, normist ja ilmast.

Projekti eesmärkide täitmiseks on perioodil 26.01.2011-1.12.2014 tehtud järgmised tööd ja uuringud.

Projekti tuumikuurimuseks 2011-2014 oli *põldkatse 1* „Mineraalväetise ja vedelsõnniku mõju erinevate seemnesegudega rajatud rohumaa saagile” (*läbiviija PKTM*)

Aastatel 2012-2014 korraldati uuring (*põldkatse 2*) „Biogaasi kääritusjäägi (digestaadi) efektiivsus kõrreliste rohumaal võrdlevalt mineraalväetise ja vedelsõnnikuga”. Katse 2 viidi läbi 2008.a. rajatud taimikul, kus valitsevad liigid rohusaagis olid 2012. aastal karjamaa raihein, aasurmikas ja punane aruhein, hiljem (2013-2014) aga punane aruhein ja aasurmikas.

Tootmiskatse 3 toimus ühisuurimusena AS Tartu Agro Ilmatsalu osakonnas 1. kasutusaasta punase ristiku ja kõrreliste (karjamaa raihein, harilik aruhein, timut) rohumaal pindalaga 20 ha, kust võeti 2014.a. 3 niidet siloks. Katse põhieesmärgiks on võrrelda vedelsõnniku, Ilmatsalu biogaasijaama digestaadi ja NP-mineraalväetise mõju taimiku koosseisule ja saagile, rohu sileeruvusele ning mulla omadustele ja elustikule. Tootmiskatse kavandamisel ja läbiviimisel olid partneriteks AS Tartu Agro, PM RUP projektid „Kohalike väetiste efektiivsem kasutamine ja rohusöötade tootmise majanduslik hinnang kohapealse söodatootmise arendamisel” (projekti juht R. Viiralt) ja „Alternatiivsete väetusainete keskkonnahoidliku kasutuse võimalused ja efektiivsus tava- ja maheviljeluses võrdlevalt traditsiooniliste orgaaniliste ja mineraalväetistega” (projekti juht H. Raave) ning TTÜ Keemiateaduskonna (Peep Pitk, PhD). Lähem info tootmiskatse kohta vt. jaotis 3.2.

Uuring „Väetiste, rohu liigilise koosseisu ja silokindlustuslisandi mõju rohusilo mikroobikooslusele ja kvaliteedile” toimus põldkatsete baasil kogu projektiperioodi (2011-2014) jooksul.

Katsesilod tehti 2011.a. 2,5 l klaaspurkidesse ja 2012-2014.a. hermeetilistesse kilekottidesse kahes korduses (kanaliga vaakumkotid 250x350 mm), kuhu pandi 750 g eelnevalt närvutatud ja hekseldatud rohtu. Pärast kaalumist suleti kotid vaakummasinaga keevituse teel, imiteerides õhu väljasurumist sileeritavast massist silovirna tallamise või ruloopressi abil. Enne kotti panekut lisati rohule silokindlustuslisandi SIL-ALL lahust (arvestusega preparaati 2 g/tonn), kui katseplaan seda ette nägi.

Mikroobianalüüsid tehti 90 päeva valminud silodest või värskest rohust OÜ TPTAK Tartu laboris (mikrobioloog Kristiina Kokk).

2014. aastal pöörati rohkem tähelepanu vedelsõnniku ja digestaadi kui väetiste keskkonnamõjude uurimisele. Selleks korraldati alates 30.10.2013 uuring „Vedelsõnniku ja digestaadi rohumaa vegetatsioonivälise laotamise mõju toitainete migratsioonile mullas ja taimiku talvitumisele”, mis toimus *põldkatse 1* variant 5 (lutsern ‘Derby’) ja var. 10 (lutsern ‘Karlu’) lappidel. Selleks võeti toitainete (eeskätt NO₃-N, NH₄-N) allapoole liikumise määramiseks mullaproovid kihtidest 0-10, 10-20, 20-40 ja 40-60 cm enne ja pärast väetamist eraldi väetamata ja väetatud (vedelsõnnik, digestaat) lappidelt. Mullaproovidest määrati kuivaine, orgaaniline aine, pH_{KCl}, üld-N, NO₃-N, NH₄-N, liikuv P, K, Ca ja Mg. Vedelsõnnik ja digestaat anti 7.11.2013 (vastavalt ‘Derby’ ja ‘Karlu’ taimikule), kumbagit 30 t/ha. Edasi võeti mullaproovid igal nädalal eelnimetatud kihtidest kuni mulla külmumiseni (s.o. 4. nov., 11. nov., 25. nov. ja 5. det. 2013.a.). Kevadel 2014.a. võeti mullaproovid kohe pärast mulla sulamist (21. aprill) ja rohukasvu algul (7. mail), hinnati (20.05.14) lutserni talvitumist väetatud ja väetamata alal.

Kõik rohu, silo ja mulla keemilised analüüsid tehti EMÜ Taimebiokeemia laboris. Katsete saagiandmed töödeldi paketi Statistica 9-12, tulemuste usaldusväärsust hinnati Fischer LSD testiga (P<0,05), vt. ülaindeksid vastavates tabelites.

MSI töögrupi ülesandeks projekti täitmisel oli majandusliku hinnangu andmine rohusöötade tootmisele, kasutades PKTM poolt 2011-2014.a. ja varem korraldatud katsete andmeid ning täiustades projekti käigus arvutuste metoodikat (vt. lähemalt jaotis 3.5).

Edasi lähemalt põldkatsete läbiviimise tingimustest ja metoodikast.

Põldkatse 1 on jätkuks aastail 2008-2010 Enterprise Barenbrug Holland BV tellimisel PKTM poolt (R. Viiralt) läbi viidud uurimusele teemal „Eesti ja Hollandi heintaimesortide ja rohumaa-seemnesegude võrdlus“.

Algselt oli selles katses 5 hollandi ja 7 eesti heintaimesortide (kõrrelised, liblikõielised) segu niiteliseks kasutuseks ja karjatamiseks. Alates 2011.a. jätkus uurimus modifitseeritud katsevariantidega (tabel 4) käesoleva rakendusuuringu raames, kuna:

- võimaldab võrrelda erinevate väetusainete efektiivsust rohumaal, sealh. hinnata liblikõieliste poolt sümbiootiliselt seotud õhu-N, mineraalväetise N ja vedelsõnnikus oleva N (üld-N, NH₄-N) mõju
- selgub vedelsõnniku agronoomiline ja majanduslik efektiivsus eri segudel
- saab uurida vedelsõnniku pindlaotamise mõju rohusilo mikroobikooslusele ja kvaliteedile
- annab alusandmed söodatootmise majanduslikeks arvutusteks, sealh. erinevate segude saagivõime ja taimikute majanduslikult põhjendatud kasutuskestuse kohta.

Põldkatsed 1 ja 2 asuvad EMÜ Rõhu katsejaama Eerika katsepõllul. Taimikud rajati (s.o. külvati heinaseemned) 12. mail 2008.a. Katsed paiknevad näivleetunud mullal, mille huumushorisoni lõimis on saviliiva ja kerge liivsavi vahepealne. Huumushorisoni keskmine tusedus on 26 cm. Enne katse 1

Tabel 1. Väetiste jaotatud kasutamine vegetatsiooniperioodil Eerika põldkatses 1 2011-2014.a.

Aasta	Katse variandid (vt. tabel 4)	Kevadel		Pärast 1. niidet		Pärast 2. niidet		Kokku aastas t/ha
		kuupäev	t/ha	kuupäev	t/ha	kuupäev	t/ha	
<u>Vedelsõnnik</u>								
2011	3b;11b	2.5.	35	17.6.	35	27.7.	30	100
	8b;12b	2.5.	30	17.6.	30	x	x	60
2012	3b;11b	24.4.	35	11.6.	22	3.8.	13	70
	8b;12b	24.4.	30	11.6.	22	x	x	52
2013	3b;11b	26.4.	32	11.6.	25	30.7.	20	77
	8b;12b	26.4.	31	11.6.	31	x	x	62
2014	3b;11b	22.4.	26	17.6.	24	29.7.	19	69
	8b;12b	22.4.	26	17.6.	24	x	x	50
<u>Ammooniumnitraat (NH₄NO₃)</u>								
2011	3a;11a	29.4.	0,177	16.6.	0,176	27.7	0,176	0,529
2012	3a;11a	3.5.	0,177	12.6	0,176	3.8.	0,176	0,529
2013	3a;11a	7.5.	0,177	11.6.	0,176	30.7.	0,176	0,529
2014	3a;11a	21.4.	0,177	17.6.	0,176	30.7.	0,176	0,529

Tabel 2. . Väetiste jaotatud kasutamine vegetatsiooniperioodil Eerika põldkatses 2 2011-2014.a.

Aasta	Katse variandid (vt. tabel 4)	Kevadel		Pärast 1. niidet		Pärast 2. niidet		Kokku aastas t/ha
		kuupäev	t/ha	kuupäev	t/ha	kuupäev	t/ha	
<u>Vedelsõnnik</u>								
2012	4	3.5.	23	12.6.	22	3.8.	22	67
2013	4	3.5.	25	11.6.	29	30.7.	22	76
2014	4	22.4.	26	17.6.	24	29.7.	18	68
<u>Digestaat</u>								
2012	3	3.5.	19	12.6.	19	3.8.	19	57
2013	3	3.5.	19	11.6.	29	30.7.	24	72
2014	3	22.4.	23	17.6.	22	29.7.	23	68
<u>Ammooniumnitraat (NH₄NO₃)</u>								
2012	2	3.5.	0,177	12.6.	0,176	3.8.	0,176	0,529
2013	2	7.5.	0,177	11.6.	0,176	30.7.	0,176	0,529
2014	2	21.4.	0,177	17.6.	0,176	30.7.	0,176	0,529

rajamist 2008.a. mais võetud mullaproovide andmetel oli huumushorisondis (pindmine 0-20 cm kiht) orgaanilise aine sisaldus keskmiselt 2,9%, üldlämmastikku oli 0,14%, mulla pH_{KCl} 6,3. Taimedele omastatavat fosforit (P; määratud AL meetodil) oli 128 mg/kg, omastatavat kaaliumi (K; Al meetod) 102 mg/kg, magneesiumi (Mg) 79 mg/kg ja kaltsiumi (Ca) 1010 mg/kg. Mullaandmete põhjal võib öelda, et omastatava P sisaldus oli kõrge; K - keskpärane ja Mg - madal kuni keskpärane, pH – soodne, ka lutsernile. Toiteelementide suhe (Ca: Mg: K) oli 13: 1,0: 1,3, mida võib lugeda rahuldavaks.

Kokkuvõtvalt on katsete 1 ja 2 muld suhteliselt viljakas ja hästi kultuuristatud, sest orgaanilise aine (millest 85-95% on huumus) sisaldus on näivleeturunud mulla kohta suhteliselt kõrge (2,9%) ning süsiniku ja üldlämmastiku koguste suhe (C : N) mullas oli lähedane optimaalsele, olles keskmiselt 11,9.

Katsevariantid on katsetes 1 kolmes ja katsetes 2 neljas korduses, katselapi suurus vastavalt 7x2,2m ja 4x2,2m. Rohusaak määrati katsetes (3 niidet) lapikombainiga Haldrup (varustatud elektroonilise kaaluseadmega).

Kõikidest katsevariantidest tehti niidete kaupa rohusaagi liigiline botaaniline kaalanalüüs. PK-väetis (granuleeritud superfosfaat, KCl) anti vastavalt katseplaanile kevadel, mineraallämmastiku aastanorm N180 kg/ha (ammooniumnitraat) katse 1 variantidele 3a ja 11a ning katse 2 variantile 2 külvati 3 võrdse annusena (N60 kg/ha) kevadel rohukasvu algul ning pärast esimest ja teist niidet. Vedelsõnniku ning digestaadi normid ja andmisajad katsetes on toodud tabelis 1 ja 2, koostis vt. tabel 3 ja lisa 1-4.

Tabel 3. EMÜ põldkatsetes 2011-2014.a. kasutatud piimakarja vedelsõnniku ja biogaasi kääritusjäägi (digestaadi) keskmine keemiline koostis

Faktor	Ühik	Aastad				Keskmine 2011-2014
		2011	2012	2013	2014	
Vedelsõnnik						
pH		7,2	7,2	7,1	6,8	7,1
Kuivaine	%	7,9	8,3	8,2	8,8	8,3
üld-N	kg/tonn	3,75	4,60	3,93	4,30	4,14
NH ₄ -N	kg/tonn	2,06	2,68	2,36	2,63	2,43
NO ₃ -N	kg/tonn	0	0	0,00	0,00	0,00
üld-P	kg/tonn	0,74	0,83	0,68	0,79	0,76
üld-K	kg/tonn	2,39	2,23	2,60	2,37	2,40
üld-Ca	kg/tonn	1,36	1,35	0,91	1,47	1,27
üld-Mg	kg/tonn	0,62	0,67	0,72	0,65	0,66
NH ₄ -N osakaal üld-N-st	%	55	58	60	61	59
Orgaanilise aine osakaal kuivaines	%	69	70	68	67	68,5
Digestaat						
pH		x	8,1	8,0	7,9	8,0
Kuivaine	%	x	3,5	8,1	6,8	6,1
üld-N	kg/tonn	x	4,31	4,32	4,23	4,29
NH ₄ -N	kg/tonn	x	3,20	2,51	2,68	2,80
NO ₃ -N	kg/tonn	x	0	0,00	0,00	0,00
üld-P	kg/tonn	x	0,76	0,79	0,76	0,77
üld-K	kg/tonn	x	2,28	3,48	2,59	2,78
üld-Ca	kg/tonn	x	0,98	1,26	1,60	1,28
üld-Mg	kg/tonn	x	0,56	0,85	0,58	0,66
NH ₄ -N osakaal üld-N-st	%	x	74	58	63	65
Orgaanilise aine osakaal kuivaines	%	x	56	63	62	60

3. UURIMISTÖÖ TULEMUSED

3.1. Rohumaa saak sõltuvalt seemnesevast ja väetamisest

Põldkatse 1 „Mineraalväetiste ja vedelsõnniku mõju erinevate seemnesevudega rajatud rohumaa saagile” 2011-2014.a. tulemuste paremaks mõistmiseks esitame siinkohal ka selle uurimuse nn. Barenbrugi perioodi põhitulemused (s.o. enne katsevariantide modifitseerimist vastavalt käesoleva projekti vajadustele). Aastail 2008-2010 said kõik 10 varianti P35 K100 kg/ha aastas, N-väetist sai ainult kõrreliste segu (var. 3; N180 kg/ha).

Barenbrugi liikidest/segudest olid 2008.-2010.a. keskmisena suurima produktiivsusega harilik lutsern `Derby`, kõrreliste segu (var. 3; N180 kg/ha) ning tavapärase timuti ja ristiku segu (var. 4), mis andsid kuivainet vastavalt 10,2; 9,53 ja 8,84 t/ha, seeduvat kuivainet 6,25; 6,16 ja 5,84 t/ha ning toorproteiini 1,84; 1,13 ja 1,46 t/ha. Metaboliseeruva energia keskmine aastatoodang samadelt rohukamaratelt oli vastavalt 71,1; 68,9 ja 65,0 GJ/ha. Eesti segudest näitasid suurimat saagivõimet põldraihein `Molisto` segus varase punase ristikuga `Varte` (var.9), hübriidlutsern `Karlu` ning tavapärase põldheinasegu (punane ristik, timut; var. 8): seeduva kuivaine saak 5,32-6,01 t/ha, toorproteiini saak 1,58-1,62 t/ha ja metaboliseeruvat energiat saagis 56,6-65,8 GJ/ha.

Kolme aasta keskmisena ületas Barenbrugi lutsernisort `Derby` mõnevõrra Eesti sordi `Karlu` produktiivsust: KA saagilt 21,6%, seeduva KA koguselt 17,4%, TP saagilt 13,6% ja saagis akumulunud N koguse poolest 13,9%.

Selgus ka, et karmil 2009/2010.a. talvel Barenbrugi karjamaa raiheina sordid ja hübriidne põldraihein `Molisto` talvitusid kehvalt, mistõttu nende osakaal kõnealuste segude KA saagis oli 2010.a. vastavalt ainult 0,3-1,8% ja 2,8-10,6%.

2011. aasta oli soodne lutserni kasvuks, mistõttu sordid `Derby` ja `Karl` ületasid teiste taimikute keskmist KA aastasaaki tervenisti 84-108% (tabel 4). Seejuures oli `Derby` KA saak `Karl` omast usutavalt ($p < 0,05$) 13% suurem. Vedelsõnniku mõju uuriti 4 rohukamaral (segud nr. 3; 8; 11 ja 12). Suurima KA enamsaagi (1,47 t/ha e. 28%) andis norm 30+30 t/ha segul nr. 12 (aru-raihein ja punane ristik), segudel nr. 8 ja 11 oli usutav KA saagi tõus vastavalt 19 ja 9% (viimasel võrreldes N180-ga). Hollandi kõrreliste segul nr. 3 (harilik ja roog-aruhein, timut) jäi vedelsõnnikut 35+35+30 t/ha (kokku 207 kg/ha $\text{NH}_4\text{-N}$) saanud taimiku KA saak usutavalt 11% väiksemaks kui mineraalväetise N180 kg/ha puhul, põhjuseks tõenäoliselt NH_3 lendumiskaod vedelsõnniku pindlaotusel katselapile.

2012. aasta oli rohukasvuks üldiselt soodne, mistõttu kuivaine saagi tase (kuid mitte selle kvaliteet) kujunes 2011.a.-ga võrreldes tunduvalt kõrgemaks (tabel 5). Katses 1 saadi kõigi variantide (16) keskmisena KA 11,2 t/ha ehk 41% enam kui 2011.a. Seejuures oli aga KA saagi jaotus niidete vahel 2012.a (vastavalt 46; 30 ja 24%) sama kui eelmisel aastal (46; 31 ja 23%). Vedelsõnnikuta variantidest andsid ka 2012.a. suurima KA saagi lutsernisortide `Derby` ja `Karl` 2008 a. puhaskülvid ning Barenbrugi kõrreliste segu (harilik- ja roogaruhein, timut; N180) – vastavalt 14,10; 11,85 ja 12,73 t/ha. Lutsern `Derby` ületas `Karl` aastasaaki 19% ja 3. niite saaki isegi 66%.

Vedelsõnniku mõju uuriti katses 1 jätkuvalt neljal rohukamaral (segud nr. 3; 8; 11 ja 12). Suurima KA enamsaagi (4,20 t/ha e. 52%) andis VS norm 30+22 t/ha segul nr.8 (punane ristik ja põldtimut), järgnesid segud nr.11 (aru-raiheina puhaskylv) ja nr.12 (aru-raihein ja punane ristik) usutava saagitõusuga vastavalt KA 3,32 t/ha (35%) ja 3,25 t/ha (39%). VS norm segul nr.11 oli 35+22+13 t/ha ja segul 12 30+22 t/ha. Hollandi kõrreliste segul nr.3 (vt. tabel 5) ületas VS 35+22+13 t/ha (kokku 186 kg/ha $\text{NH}_4\text{-N}$) saanud taimiku KA saak usutavalt NH_4NO_3 -ga N180 kg/ha saanud rohukamara saagi (2,26 t/ha võrra e. 18%), hoolimata tõenäolistest NH_3 lendumiskadudest vedelsõnniku pindlaotusel katselapile. Ilmselt oli siin põhjuseks 2011.a. antud VS sama aastanormi järelmõju (VS orgaanilise osa mineraliseerumise tulemusena).

2013. aasta oli Tartu ümbruses meteotingimustelt rohukasvuks keskpärane, mistõttu taimikute kuivaine saagi tase kujunes 2012.a.-ga võrreldes tunduvalt madalamaks (tabel 6). Katses 1 saadi kõigi variantide (16) keskmisena KA 7,64 t/ha ehk 32% vähem kui 2012.a. (11,16 t/ha). Seejuures oli aga KA saagi jaotus niidete vahel 2013.a. (vastavalt 40; 33 ja 27%) ühtlasem kui eelmisel aastal (46; 30 ja 24%), eeskätt hilisemast kevadest tingitud väiksema I niite arvel (KA vastavalt 5,10 ja 3,05 t/ha). Vedelsõnnikuta variantidest andsid ka 2013.a. suurima KA saagi lutsernisortide `Derby` ja `Karl` 2008.a. puhaskülvid ning Barenbrugi kõrreliste segu (harilik ja roogaruhein, timut; N180 kg/ha) – vastavalt 12,58; 12,28 ja 8,89 t/ha. Seega andsid `Derby` ja `Karl` 2013.a. (erinevalt eelmistest katseaastatest) võrdse KA aastasaagi, kusjuures I ja II niite summana ületas `Karl` `Derby` KA saagilt 18% (`Derby` kehvema talvitumise tõttu). Aastasaak võrdsustus alles III niite arvel (vastavalt `Derby` 4,70 ja `Karl` 3,02 t/ha).

Vedelsõnniku (VS) mõju näitasid katses 1 neli rohukamarat – segud 3; 8; 11 ja 12 (tabel 6). Nende taimikute KA aastasaagis oli liblikõielisi vastavalt (VS-ta/Vs-ga) 0/0,1; 53/13; 16/8 ja 54/8 kaalu-%. VS mõju sõltus oluliselt veel rohundite (põhiliselt võilill) osakaalust taimikus ehk umbrohtumuse astmest. Eelnimetatud variantide (segud 3; 8; 11 ja 12) KA aastasaak sisaldas rohundeid vastavalt (VS-ta/Vs-ga) 9/13; 20/37; 50/68 ja 9/28 kaalu-%. Tingituna just rohundite suurenenu levikust segudes 8 ja 11 kujunes VS efektiivsus 2013.a. katses 1 oluliselt madalamaks kui 2012.a. Suurima statistiliselt usutava KA enamsaagi (2,48 t/ha e. 40%) andis VS norm 31+31 t/ha segul nr. 12 (aru-raihein ja punane ristik), segul nr. 8 (punane ristik ja põldtimut) VS normiga 31+31 t/ha saadud KA enamsaak 0,36 t/ha (6%) ei olnud usutav. Barenbrugi kõrreliste segul nr. 3 (vt tabel 6) ületas VS 32+25+20 t/ha (kokku 182 kg/ha $\text{NH}_4\text{-N}$) saanud taimiku KA saak usutavalt NH_4NO_3 -ga N180 kg/ha saanud rohukamara saagi (2,09 t/ha e. 24%), hoolimata tõenäolistest NH_3 lendumiskadudest VS pindlaotusel katselapile. Teisel analoogiliselt seguga 3 väetatud kõrreliste taimikul (aru-raiheina 2008.a. puhaskylv, tugevasti umbrohtunud) andis VS norm 31+26+20 t/ha (kokku 182 kg/ha $\text{NH}_4\text{-N}$) tinglikult usutava KA enamsaagi 0,76 t/ha (12%).

2014.a. kujunes rohumaade kuivaine saagi tase Tartu ümbruses eelmise (2013) aastaga võrreldes suhteliselt sarnaseks, kusjuures põuatundlikel muldadel vähendas II niite suurust sellele eelnenud sademetevaene periood. Katses 1 (tabel 7) saadi kõigi variantide (16) keskmisena KA 8,08 t/ha ehk 6% rohkem kui 2013.a. (7,64 t/ha). Seejuures oli KA saagi jaotus niidete vahel 2014.a. (vastavalt 41; 27 ja 32%) mõnevõrra ebahõltsam kui eelmisel aastal (vastavalt 40; 33 ja 27%), eeskätt põuast tingitud väiksema II niite arvel (KA vastavalt 2,53 ja 2,15 t/ha). Vedelsõnnikuta variantidest andsid 2014.a. jätkuvalt suurima KA saagi lutsernisortide `Derby` ja `Karl` 2008.a. puhaskülvid (vastavalt 13,11 ja 11,18 t/ha). Erinevalt 2013. aastast, millal lutserni puhaskülvidele järgnes saagi suuruselt Barenbrugi kõrreliste segu (harilik ja roog-aruhein, timut; N 180 kg/ha), jäi 2014.a. kolmandale kohale var. 4 – Barenbrugi põldheinasegu (9,06 t/ha).

Tabel 4. Rohumaa saak sõltuvalt seemnese gust ja väetamisest 2011.a. (katse 1)

Variant		Toiteelemente aastas kokku, kg/ha			Kuivaine tonni/ha			kokku
nr	külvatud seemnese gusti koostis, kaalu-%	mineraalväetisega/ vedelsõnnikuga			niited			
		N	P	K	9.6.11	20.7.11	22.9.11	
1	Karjamaa raihein `Mara` - 30 kaalu - %, harilik aruhein sort `Pradel` - 30%, timut `Tapio` - 30%, valge ristik `Alice` - 6%, valge ristik `Barbian` - 4% (kokku 35 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	3,61 ^{5,6A}	1,93 ^{1:2}	1,94 ⁵	7,48 ^{4:5}
2	Harilik aruhein `Pradel` - 40%, põldtimut `Tapio` - 40%, valge ristik `Alice` - 10%, karjamaa raihein `Barsprinter` - 10% (35 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	3,58 ^{5:6}	1,92 ^{1:2}	1,88 ^{4:5}	7,38 ^{4:5}
3a	Harilik aruhein `Pradel` - 30%, roog - aruhein `Karolina` - 60%, põldtimut `Tapio` - 10% (39 kg/ha).	180/0	0/0	0/0	4,85 ⁷	2,84 ⁴	2,96 ^{6:7}	10,65 ⁷
3b	nagu 3	0/207*	0/75	0/236	4,13 ⁶	2,80 ^{3:4}	2,50 ⁶	9,43 ⁶
4	Põldtimut `Tapio` - 35%, põldtimut `Bor9911` - 35%, punane ristik `Astur` (varane, tetraploidne) - 30% (25 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	2,93 ²⁻⁴	1,83 ¹	1,90 ^{4:5}	6,66 ^{3:4}
5	Harilik (sinine) lutsern `Derby` - 100% (30 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	6,54 ⁹	5,04 ⁵	3,13 ⁷	14,71 ⁹
6	Karjamaa raihein `Raidi` (diploidne) - 20%, karjamaa raihein `Raite` (tetraploidne) - 20%, põldtimut `Tia` - 40%, valge ristik `Tooma` - 20% (18 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	2,08 ¹	1,90 ^{1:2}	1,04 ¹	5,02 ¹
7	Harilik aruhein `Arni` - 40%, põldtimut `Tia` - 30%, aasnurmikas `Esto` - 15%, valge ristik `Tooma` - 15% (23 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	2,80 ²⁻⁴	1,92 ^{1:2}	1,29 ¹⁻³	6,01 ^{2:3}
8a	Punane ristik `Varte` (varajane, tetraploidne) - 55%, põldtimut `Tia` - 45% (20 kg/ha).	0/0	0/0	0/0	2,61 ¹⁻³	1,98 ^{1:2}	1,43 ¹⁻⁴	6,02 ^{2:3}
8b	nagu 8a	0/128*	0/46	0/134	3,12 ³⁻⁵	2,34 ^{2:3}	1,70 ³⁻⁵	7,16 ^{4:5}
9	Põldraihein (on karjamaa raiheina ja itaalia raiheina hübriid) `Molisto` - 70%, punane ristik `Varte` - 30% (31 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	3,19 ³⁻⁵	1,80 ¹	1,19 ^{1:2}	6,18 ³
10	Hübriidlutsern `Karlu` - 100% (25 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	5,70 ⁸	5,31 ⁵	1,99 ⁵	13,00 ⁸
11a	Aru-raihein (ehk festulolium, karjamaa raiheina ja hariliku aruheina hübriid) `Barfest` puhaskülv - 100%. (30 kg/ha).	180/0	0/0	0/0	3,35 ^{4:5}	2,07 ^{1:2}	1,69 ³⁻⁵	7,11 ^{4:5}
11b	nagu 11a	0/207*	0/75	0/236	4,05 ⁶	2,19 ^{1:2}	1,53 ²⁻⁵	7,77 ⁵
12a	Aru-raihein `Barfest` - 70%, punane ristik `Mars` - 30% (25 kg/ha).	0/0	0/0	0/0	2,39 ^{1:2}	1,86 ¹	0,97 ¹	5,22 ^{1:2}
12b	nagu 12a	0/128*	0/46	0/134	3,32 ^{4:5}	2,17 ^{1:2}	1,20 ^{1:2}	6,69 ^{3:4}

* Vedelsõnnikuga antud NH₄-N (ammooniumlämmastiku) kogus

^A Erinevate numbritage väärtused samas veerus on usutavalt erinevad (P < 0,05).

Tabel 5. Rohumaa saak sõltuvalt seemnese gust ja väetamisest Eerikal 2012.a. (katse 1)

Variant		Toiteelemente aastas kokku, kg/ha			Kuivaine tonni/ha			
nr	külvatud seemnese gu koostis, kaalu-%	Mineraalväetisega/ vedelsõnnikuga			niited			kokku
		N	P	K	5.6.12	23.7.12	25.9.12	
1	Karjamaa raihein `Mara` 30 kaalu - %, harilik aruhein sort `Pradel` 30%, timut `Tapio` 30%, valge ristik `Alice` 6%, valge ristik `Barbian` 4% (kokku 35 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	6,0 ^{6-9A}	3,84 ^{5:6}	2,43 ^{3:4}	12,27 ^{6:7}
2	Harilik aruhein `Pradel` 40%, põldtimut `Tapio` 40%, valge ristik `Alice` 10%, karjamaa raihein `Barsprinter` -10% (35 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	4,52 ¹⁻³	3,36 ^{4:5}	2,14 ¹⁻³	10,02 ^{3:4}
3a	Harilik aruhein `Pradel` - 30%, roog aruhein `Karolina` -60%, põldtimut `Tapio` 10% (39 kg/ha).	180/0	0/0	0/0	5,35 ⁴⁻⁷	3,49 ^{4:5}	3,89 ⁶	12,73 ⁷
3b	nagu 3a	0/186*	0/58	0/158	6,24 ⁹	4,26 ^{6:7}	4,49 ⁷	14,99 ⁹
4	Põldtimut `Tapio` 35%, põldtimut `Bor9911` 35%, punane ristik `Astur` (varane, tetraploidne) 30% (25 kg/ha)	0/0	35/0	100/0	4,74 ²⁻⁵	3,33 ^{4:5}	3,29 ⁵	11,36 ⁴⁻⁶
5	Harilik (sinine) lutsern `Derby` 100% (30 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	5,40 ⁵⁻⁸	4,67 ⁷	4,03 ^{6:7}	14,10 ^{8:9}
6	Karjamaa raihein `Raidi` (diploidne) 20%, karjamaa raihein `Raite` (tetraploidne) 20%, põldtimut `Tia` 40%, valge ristik `Tooma` -20% (18kg/ha).	0/0	35/0	100/0	4,05 ^{1:2}	3,21 ⁴	2,11 ¹⁻³	9,37 ¹⁻³
7	Harilik aruhein `Arni` 40%, põldtimut `Tia` 30%, aasnumikas `Esto` 15%, valge ristik `Tooma` 15% (23 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	5,25 ³⁻⁶	3,10 ^{3:4}	2,23 ^{2:3}	10,58 ³⁻⁵
8a	Punane ristik `Varte` (varajane, tetraploidne) 55%, põldtimut `Tia` 45% (20 kg/ha).	0/0	0/0	0/0	4,49 ¹⁻³	1,61 ¹	1,92 ^{1:2}	8,02 ¹
8b	nagu 8a	0/137*	0/43	0/118	6,09 ⁷⁻⁹	3,84 ^{5:6}	2,29 ^{2:3}	12,22 ^{6:7}
9	Põldraihein (on karjamaa raiheina ja itaalia raiheina hübriid) `Molisto` 70%, punane ristik `Varte` 30% (31 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	4,54 ¹⁻⁴	2,40 ²	1,66 ¹	8,60 ^{1:2}
10	Hübriidlutsern `Karlu` 100% (25kg/ha).	0/0	35/0	100/0	4,86 ²⁻⁵	4,56 ⁷	2,43 ^{3:4}	11,85 ³⁻⁷
11a	Aru-raihein (ehk festulolium, karjamaa raiheina ja hariliku aruheina hübriid) `Barfest` puhaskülv 100% (30 kg/ha).	180/0	0/0	0/0	4,73 ²⁻⁵	2,55 ^{2:3}	2,28 ^{2:3}	9,56 ^{2:3}
11b	nagu 11a	0/186*	0/58	0/158	6,19 ^{8:9}	4,15 ^{6:7}	2,54 ^{3:4}	12,88 ^{7:8}
12a	Aru-raihein `Barfest` 70%, punane ristik `Mars` 30% (25 kg/ha).	0/0	0/0	0/0	3,78 ¹	2,20 ²	2,45 ^{3:4}	8,43 ^{1:2}
12b	nagu 12a	0/137*	0/43	0/118	5,37 ⁵⁻⁸	3,44 ^{4:5}	2,87 ^{4:5}	11,68 ⁵⁻⁷

* Vedelsõnnikuga antud NH₄-N (ammooniumlämmastiku) kogus

^A Erinevate numbritega väärtused samas veerus on usutavalt erinevad (P < 0,05).

Tabel 6. Rohumaa saak sõltuvalt seemnese gust ja väetamisest Eerikal 2013.a. (katse 1)

Variant		Toiteelemente aastas kokku, kg/ha			Kuivaine tonni/ha			
nr	külvatud seemnese gusti koostis, kaalu-%	mineraalväetisega/ vedelsõnnikuga			niited			kokku
		N	P	K	4.6.13	23.7.13	23.9.13	
1	Karjamaa raihein `Mara` 30 kaalu - %, harilik aruhein sort `Pradel` 30%, timut `Tapio` 30%, valge ristik `Alice` 6%, valge ristik `Barbian` 4% (kokku 35 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	3,08 ³⁻⁶	2,07 ²⁻⁴	1,85 ^{3:4}	7,00 ^{3:4}
2	Harilik aruhein `Pradel` 40%, põldtimut `Tapio` 40%, valge ristik `Alice` 10%, karjamaa raihein `Barsprinter` -10% (35 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	3,22 ⁴⁻⁶	2,16 ²⁻⁴	1,80 ^{3:4}	7,18 ⁴
3a	Harilik aruhein `Pradel` - 30%, roog aruhein `Karolina` -60%, põldtimut `Tapio` 10% (39 kg/ha).	180/0	0/0	0/0	2,85 ³⁻⁵	3,17 ^{5:6}	2,87 ⁵	8,89 ⁵
3b	nagu 3a	0/182*	0/53	0/199	4,47 ⁷	3,57 ⁶	2,94 ⁵	10,98 ⁶
4	Põldtimut `Tapio` 35%, põldtimut `Bor9911` 35%, punane ristik `Astur` (varane, tetraploidne) 30% (25 kg/ha)	0/0	35/0	100/0	2,85 ³⁻⁵	1,80 ¹⁻³	2,00 ^{3:4}	6,65 ²⁻⁴
5	Harilik (sinine) lutsern `Derby` 100% (30 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	3,48 ⁶	4,40 ⁷	4,70 ⁶	12,58 ⁷
6	Karjamaa raihein `Raidi` (diploidne) 20%, karjamaa raihein `Raite` (tetraploidne) 20%, põldtimut `Tia` 40%, valge ristik `Tooma` -20% (18kg/ha).	0/0	35/0	100/0	3,29 ^{5:6}	1,56 ^{1:2}	1,20 ^{1:2}	6,05 ¹⁻⁴
7	Harilik aruhein `Arni` 40%, põldtimut `Tia` 30%, aasnumikas `Esto` 15%, valge ristik `Tooma` 15% (23 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	3,11 ³⁻⁶	1,70 ¹⁻³	0,99 ¹	5,80 ¹⁻³
8a	Punane ristik `Varte` (varajane, tetraploidne) 55%, põldtimut `Tia` 45% (20 kg/ha).	0/0	0/0	0/0	2,22 ^{1:2}	1,85 ^{2:3}	1,54 ^{2:3}	5,61 ^{1:2}
8b	nagu 8a	0/150*	0/41	0/164	1,87 ¹	2,56 ^{4:5}	1,54 ^{2:3}	5,97 ¹⁻⁴
9	Põldraihein (on karjamaa raiheina ja itaalia raiheina hübriid) `Molisto` 70%, punane ristik `Varte` 30% (31 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	2,64 ²⁻⁴	1,21 ¹	1,02 ¹	4,87 ¹
10	Hübriidlutsern `Karlu` 100% (25kg/ha).	0/0	35/0	100/0	4,27 ⁷	4,99 ⁷	3,02 ⁵	12,28 ^{6:7}
11a	Aru-raihein (ehk festulolium, karjamaa raiheina ja hariliku aruheina hübriid) `Barfest` puhaskülv 100% (30 kg/ha).	180/0	0/0	0/0	2,54 ^{2:3}	2,14 ²⁻⁴	1,63 ^{2:3}	6,31 ²⁻⁴
11b	nagu 11a	0/182*	0/53	0/200	3,15 ³⁻⁶	2,01 ²⁻⁴	1,91 ^{3:4}	7,07 ^{3:4}
12a	Aru-raihein `Barfest` 70%, punane ristik `Mars` 30% (25 kg/ha).	0/0	0/0	0/0	2,16 ^{1:2}	2,26 ^{3:4}	1,85 ^{3:4}	6,27 ²⁻⁴
12b	nagu 12a	0/150*	0/41	0/164	3,55 ⁶	3,08 ^{5:6}	2,12 ⁴	8,75 ⁵

* Vedelsõnnikuga antud NH₄-N (ammooniumlämmastiku) kogus

Tabel 7. Rohumaa saak sõltuvalt seemnese gust ja väetamisest Eerikal 2014.a. (katse 1)

Variant		Toiteelemente aastas kokku, kg/ha			Kuivaine tonni/ha			
nr	külvatud seemnese gu koostis, kaalu-%	Mineraalväetisega/ vedelsõnnikuga			niited			kokku
		N	P	K	10.6.14	24.7.14	24.9.14	
1	Karjamaa raihein `Mara` 30 kaalu - %, harilik aruhein sort `Pradel` 30%, timut `Tapio` 30%, valge ristik `Alice` 6%, valge ristik `Barbian` 4% (kokku 35 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	2,74 ¹⁻⁴	2,87 ⁸	1,89 ¹⁻⁴	7,50 ^{3;4}
2	Harilik aruhein `Pradel` 40%, põldtimut `Tapio` 40%, valge ristik `Alice` 10%, karjamaa raihein `Barsprinter` -10% (35 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	2,96 ¹⁻⁶	2,67 ^{7;8}	2,30 ³⁻⁵	7,93 ^{4;5}
3a	Harilik aruhein `Pradel` - 30%, roog aruhein `Karolina` -60%, põldtimut `Tapio` 10% (39 kg/ha).	180/0	0/0	0/0	3,70 ⁴⁻⁷	1,41 ^{2;3}	3,15 ⁶⁻⁸	8,26 ^{4;5}
3b	nagu 3a	0/180*	0/54	0/165	4,78 ^{7;8}	2,03 ³⁻⁷	3,24 ^{7;8}	10,05 ^{6;7}
4	Põldtimut `Tapio` 35%, põldtimut `Bor9911` 35%, punane ristik `Astur` (varane, tetraploidne) 30% (25 kg/ha)	0/0	35/0	100/0	4,03 ⁴⁻⁸	2,35 ⁵⁻⁸	2,68 ^{3;6}	9,06 ^{5;6}
5	Harilik (sinine) lutsern `Derby` 100% (30 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	3,25 ²⁻⁶	4,25 ⁹	5,61 ¹⁰	13,11 ⁹
6	Karjamaa raihein `Raidi` (diploidne) 20%, karjamaa raihein `Raite` (tetraploidne) 20%, põldtimut `Tia` 40%, valge ristik `Tooma` -20% (18kg/ha).	0/0	35/0	100/0	2,18 ^{1;2}	2,38 ⁶⁻⁸	1,38 ¹	5,94 ²
7	Harilik aruhein `Arni` 40%, põldtimut `Tia` 30%, aasnurmikas `Čsto` 15%, valge ristik `Tooma` 15% (23 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	2,59 ¹⁻³	1,87 ³⁻⁶	1,70 ^{1;2}	6,16 ^{2;3}
8a	Punane ristik `Varte` (varajane, tetraploidne) 55%, põldtimut `Tia` 45% (20 kg/ha).	0/0	0/0	0/0	1,95 ¹	0,77 ¹	1,83 ¹⁻³	4,55 ¹
8b	nagu 8a	0/131*	0/40	0/123	3,72 ⁴⁻⁷	1,61 ^{3;4}	2,07 ²⁻⁴	7,40 ²⁻⁴
9	Põldraihein (on karjamaa raiheina ja itaalia raiheina hübriid) `Molisto` 70%, punane ristik `Varte` 30% (31 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	3,03 ¹⁻⁶	1,70 ^{3;4}	1,36 ¹	6,09 ^{2;3}
10	Hübriidlutsern `Karlu` 100% (25kg/ha).	0/0	35/0	100/0	3,79 ⁴⁻⁷	3,81 ⁹	3,58 ⁸	11,18 ^{7;8}
11a	Aru-raihein (ehk festulolium, karjamaa raiheina ja hariliku aruheina hübriid) `Barfest` puhaskülv 100% (30 kg/ha).	180/0	0/0	0/0	3,39 ³⁻⁶	1,55 ^{3;4}	2,39 ^{4;5}	7,33 ²⁻⁴
11b	nagu 11a	0/180*	0/54	0/165	3,19 ²⁻⁶	2,18 ⁴⁻⁷	2,80 ⁵⁻⁷	8,17 ^{4;5}
12a	Aru-raihein `Barfest` 70%, punane ristik `Mars` 30% (25 kg/ha).	0/0	0/0	0/0	2,78 ¹⁻⁵	0,86 ^{1;2}	2,73 ^{3;6}	6,37 ^{2;3}
12b	nagu 12a	0/131*	0/40	0/123	4,87 ⁸	2,08 ³⁻⁷	3,16 ⁶⁻⁸	10,11 ^{6;7}

* Vedelsõnnikuga antud NH₄-N (ammooniumlämmastiku) kogus

Tabel . 8 Rohumaa saak sõltuvalt seemnesegust ja väetamisest Eerikal 2011-2014.a. keskmisena (katse 1)

Variant		Toiteelemente aastas kokku, kg/ha			Kuivaine tonni/ha			
nr	külvatud seemnesegu koostis, kaalu-%	Mineraalväetisega/ vedelsõnnikuga			Niited (keskmine niite aeg)			kokku
		N	P	K	7.06.	23.07.	24.09.	
1	Karjamaa raihein `Mara` 30 kaalu - %, harilik aruhein sort `Pradel` 30%, timut `Tapio` 30%, valge ristik `Alice` 6%, valge ristik `Barbian` 4% (kokku 35 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	3,85 ³⁻⁵	2,68 ⁴⁻⁶	2,03 ³⁻⁵	8,56 ³⁻⁵
2	Harilik aruhein `Pradel` 40%, põldtimut `Tapio` 40%, valge ristik `Alice` 10%, karjamaa raihein `Barsprinter` -10% (35 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	3,57 ¹⁻⁴	2,53 ³⁻⁵	2,03 ³⁻⁵	8,13 ³⁻⁵
3a	Harilik aruhein `Pradel` - 30%, roog aruhein `Karolina` -60%, põldtimut `Tapio` 10% (39 kg/ha).	180/0	0/0	0/0	4,18 ³⁻⁶	2,73 ^{5:6}	3,22 ^{7:8}	10,13 ^{6:7}
3b	nagu 3a	0/180*	0/60	0/189	4,91 ⁶	3,16 ⁶	3,29 ⁸	11,36 ^{7:8}
4	Põldtimut `Tapio` 35%, põldtimut `Bor9911` 35%, punane ristik `Astur` (varane, tetraploidne) 30% (25 kg/ha)	0/0	35/0	100/0	3,64 ¹⁻⁴	2,32 ²⁻⁵	2,47 ^{5:6}	8,43 ³⁻⁵
5	Harilik (sinine) lutsern `Derby` 100% (30 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	4,67 ^{5:6}	4,59 ⁷	4,37 ⁹	13,63 ⁹
6	Karjamaa raihein `Raidi` (diploidne) 20%, karjamaa raihein `Raite` (tetraploidne) 20%, põldtimut `Tia` 40%, valge ristik `Tooma` -20% (18kg/ha).	0/0	35/0	100/0	2,90 ^{1:2}	2,26 ²⁻⁵	1,43 ^{1:2}	6,59 ^{1:2}
7	Harilik aruhein `Arni` 40%, põldtimut `Tia` 30%, aasnurmikas `Čsto` 15%, valge ristik `Tooma` 15% (23 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	3,44 ¹⁻⁴	2,15 ²⁻⁴	1,55 ¹⁻³	7,14 ¹⁻³
8a	Punane ristik `Varte` (varajane, tetraploidne) 55%, põldtimut `Tia` 45% (20 kg/ha).	0/0	0/0	0/0	2,82 ^{1:2}	1,55 ¹	1,68 ¹⁻³	6,05 ¹
8b	nagu 8a	0/136*	0/42	0/135	3,70 ²⁻⁴	2,59 ³⁻⁶	1,90 ²⁻⁴	8,19 ¹⁻⁵
9	Põldraihein (on karjamaa raiheina ja itaalia raiheina hübriid) `Molisto` 70%, punane ristik `Varte` 30% (31 kg/ha).	0/0	35/0	100/0	3,35 ¹⁻³	1,78 ^{1:2}	1,31 ¹	6,44 ^{1:2}
10	Hübriidlutsern `Karlu` 100% (25kg/ha).	0/0	35/0	100/0	4,65 ^{5:6}	4,67 ⁷	2,76 ^{6:7}	12,08 ⁸
11a	Aru-raihein (ehk festulolium, karjamaa raiheina ja hariliku aruheina hübriid) `Barfest` puhaskülv 100% (30 kg/ha).	180/0	0/0	0/0	3,50 ¹⁻⁴	2,08 ¹⁻³	2,00 ³⁻⁵	7,58 ²⁻⁴
11b	nagu 11a	0/189*	0/80	0/190	4,14 ³⁻⁶	2,63 ³⁻⁶	2,20 ^{4:5}	8,97 ⁴⁻⁶
12a	Aru-raihein `Barfest` 70%, punane ristik `Mars` 30% (25 kg/ha).	0/0	0/0	0/0	2,78 ¹	1,79 ^{1:2}	2,00 ^{3:4}	6,57 ^{1:2}
12b	nagu 12a	0/136*	0/42	0/137	4,28 ⁴⁻⁶	2,69 ⁴⁻⁶	2,34 ⁴⁻⁶	9,31 ^{5:6}

* Vedelsõnnikuga antud NH₄-N (ammooniumlämmastiku) kogus
Ülaindeksite erinevad väärtused samas veerus on usutavalt erinevad (P<0,05).

Tabel 9. Erinevate väetiste mõju kõrreliste rohumaa saagile Eerikal. (katse 2)

Väetusvariant		Toiteelemente aastas kokku, kg/ha			Kuivaine tonni/ha				väetise enam- saak aastas
nr.	väetise liik	üld-N NH ₄ -N	P	K	saak niidete kaupa			aasta- saak	
		1.	2.	3.					
<u>2012.a. (niited 5.6.; 23.7.; 25..9.)</u>									
1.	Väetamata	0	0	0	4,47 ^{1A}	1,13 ²	1,92 ²	7,52 ²	0
2.	Lämmastik- mineraalväetis (NH ₄ NO ₃)	180*	0	0	4,59 ¹	1,60 ³	2,57 ³	8,76 ³	1,24
3.	Veise-vedelsõnniku digestaat (kääritusjääk) biogaasiseadmest	<u>247</u> 183	44	131	4,93 ^{1:2}	2,28 ¹	3,38 ¹	10,59 ¹	3,07
4.	Veise-vedelsõnnik	<u>308</u> 180	55	149	5,84 ²	2,31 ¹	3,46 ¹	11,61 ¹	4,09
<u>2013.a. (niited 4.6.; 23.7.; 23.9.)</u>									
1.	Väetamata	0	0	0	1,00 ¹	2,17 ¹	1,53 ²	4,70 ¹	0
2.	Lämmastik- mineraalväetis (NH ₄ NO ₃)	180*	0	0	1,46 ²	2,20 ¹	1,86 ³	5,52 ²	0,82
3.	Veise-vedelsõnniku digestaat (kääritusjääk) biogaasiseadmest	<u>312</u> 181	57	252	1,81 ³	2,43 ¹	2,20 ¹	6,44 ³	1,74
4.	Veise-vedelsõnnik	<u>299</u> 180	51	199	2,15 ⁴	2,83 ²	2,10 ¹	7,08 ⁴	2,38
<u>2014.a. (niited 10.6.; 24.7.; 24.9.)</u>									
1.	Väetamata	0	0	0	1,98 ²	1,03 ¹	2,08 ¹	5,09 ¹	0
2.	Lämmastik- mineraalväetis (NH ₄ NO ₃)	180*	0	0	4,11 ³	1,18 ¹	2,93 ²	8,22 ²	3,13
3.	Veise-vedelsõnniku digestaat (kääritusjääk) biogaasiseadmest	<u>288</u> 182	51	176	5,71 ¹	2,30 ³	3,19 ²	11,20 ³	6,11
4.	Veise-vedelsõnnik	<u>294</u> 180	53	162	5,93 ¹	1,99 ²	3,13 ²	11,05 ³	5,96
<u>2012-2014.a. keskmine</u>									
1.	Väetamata	0	0	0	2,48 ²	1,44 ¹	1,84 ²	5,76 ²	0
2.	Lämmastik- mineraalväetis (NH ₄ NO ₃)	180*	0	0	3,39 ^{1:2}	1,66 ¹	2,45 ³	7,50 ³	1,74
3.	Veise-vedelsõnniku digestaat (kääritusjääk) biogaasiseadmest	<u>312</u> 181	57	252	4,15 ¹	2,34 ²	2,92 ¹	9,41 ¹	3,65
4.	Veise-vedelsõnnik	<u>299</u> 180	51	199	4,64 ¹	2,38 ²	2,90 ¹	9,92 ¹	4,16

*Sisaldab 90 kg NH₄-N ja 90 kg NO₃-N

^A Erinevate numbritega väärtused samas veerus on usutavalt erinevad (P < 0,05).

Vedelsõnniku (VS) mõju mõõdeti katses 1 ka 2014.a. neljal rohukamaral – segud 3; 8; 11 ja 12 (tabel 7). Nende taimikute aastasaagis oli liblikõielisi 2014.a. vastavalt (VS-ta/Vs-ga) 0/0,1; 50/10; 11/7 ja 46/8 kaalu-%. VS mõju saagile sõltus oluliselt veel rohundite (peamiselt võilill) osakaalust taimikus ehk umbrohtumuse astmest. Eelnimetatud variantide (segud 3; 8; 11;12) KA aastasaak sisaldas rohundeid vastavalt (VS-ta/Vs-ga) 33/29; 29/40; 50/43 ja 12/19 kaalu%. Võrreldes 2013. aastaga oli rohundeid segudes 3 ja 8 rohkem, segudes 11 ja 12 aga vähem kui eelmisel aastal. Suurima statistiliselt usutava KA enamsaagi

(3,74 t/ha ehk 59%) andis 2014.a. VS norm 26+24 t/ha segul nr.12 (aru-raihein ja punane ristik). Sellele järgnes eesti segu nr. 8 (punane ristik ja põldtimut), kus sama VS normiga 26+24 t/ha saadi KA enamsaaki 2,85 t/ha. Barenbrugi segul nr. 3 (vt. tabel 7) ületas VS 26+24+19 t/ha (kokku 180 kg/ha NH₄- N) saanud taimiku KA saak usutavalt NH₄NO₃-ga N180 kg/ha saanud rohukamara saagi (1,79 t/ha võrra ehk 22%), hoolimata tõenäostest NH₃ lendumiskadudest VS pindlaotusel. Teisel analoogiliselt seguga 3 väetatud kõrreliste taimikul (var. 11 – aru-raiheina 2008.a. puhaskülv, tugevasti umbrohtunud võilillega) andis VS norm 26+24+19 t/ha (kokku 180 kg/ha NH₄- N) napilt usutava KA enamsaagi 0,84 t/ha (11%).

3.2 Vedelsõnniku ja biogaasijaama kääritusjäägi (digestaadi) võrdlev toime rohumaal

2012.a. selgus katsest 2 (tabel 9), et NH₄-N (ammooniumlämmastiku) võrdse aastanormi korral saadi veise vedelsõnniku ja sellest biogaasi tootmisel tekkiva kääritusjäägi e. digestaadi toimele lähedase suurusega enamsaagid (nende erinevus ei olnud statistiliselt usutav) võrreldes väetamata alaga. Seejuures ületas nii VS kui digestaadi variantide saak usutavalt mineraal-N 180 kg/ha saanud taimiku KA saagi (vastavalt 32 ja 21%). Seejuures anti *katses 2* VS 3 annusega kokku 67 t/ha, kuid digestaati 57 t/ha, sest NH₄-N osakaal üld-N-st oli digestaadis suurem (73-76%) kui VS-s (55-62%).

Katse 2 2013. aasta andmed näitasid (tabel 9), et kõikide väetusvariantide KA aastasaagid erinesid tüksteisest statistiliselt usutavalt, seega on ka väetiste enamsaagid väetamata taimiku suhtes usutavad. VS ületas digestaadi enamsaagi väetamata rohukamara suhtes 37% (aastanormid vastavalt 25+29+22=76 t/ha ja 19+29+24= 72 t/ha). Tingituna sellest, et taimikus olid valdavalt karjamaale tüüpilised aluskõrrelised aasnurmikas ja punane aruhein, jäi KA saagi tase katse 2 2013.a. väetatud rohukamarate keskmisena (6,3 t/ha) 17% madalamaks kui katse 1 (7,6 t/ha). KA saakide hindamisel tuleb arvestada, et 2013.a. katse 2 kasutatud biogaasi digestaat oli (hoolimata KA kaost käärimisel) koostiselt lähedane lüpsikarja vedelsõnnikuga (vt. tabel 3), sest Oisu biogaasijaamas lisati kääritisse VS kõrval ka tahket sõnnikut, mis suurendas digestaadi KA sisaldust.

2014.a. selgus katsest 2 (tabel 9), et töötlemata VS ja biogaasijaama digestaat andsid statistiliselt võrdse enamsaagi võrreldes väetamata taimikuga (vastavalt 5,96 ja 6,11 t/ha ehk 117 ja 120%). Seejuures oli VS aastanormiks 26+24+18 t/ha ja digestaadil 23+22+23 t/ha, millelega anti NH₄- N vastavalt 180 ja 182 kg/ha. Kuivaine saakide hindamisel tuleb arvestada, et ka 2014.a. katse 2 kasutatud biogaasi digestaat oli koostiselt suhteliselt lähedane vedelsõnnikuga (vt. tabel 1), sest Ilmatsalus lisati kääritisse VS kõrval ka tahket sõnnikut, heina jms, mis suurendas digestaadi KA sisaldust. Katse 2 olid rohukamaras põhiliikideks aasnurmikas ja punane aruhein.

Tootmiskatse 3 korraldati 2014.a. AS Tartu Agro, PM RUP kahe projekti (projektijuhid R. Viiralt ja H. Raave, vt. lk. 4) ning TTÜ Keemiainstituudi (Peep Pitk, PhD) koostööna. Rohumaa rajati 2013.a. kevadel (2. mail) allakülvina (varane oder 'Jyvä'), seemnesegus varane punane ristik 'Jõgeva 433', karjamaa raihein 'Raite', harilik aruhein 'Arni' ja põldtimut 'Tia' (kokku 25 kg/ha). Väetusvariandid (tabel 4) on neljas korduses, väetiste normid määrati lähtuvalt fosfori lubatavast piinormist (25 kg/ha/aastas P). Vastavalt sellele anti mineraalväetisega aastas N 80 kg/ha ning vedelsõnnikuga (VS) 81 ja digestaadiga 64 kg/ha NH₄- N. VS ja digestaat anti avalõhe-sisestuslaoturiga vähemalt 6 cm sügavusele rohumaa mulda. Saagitase oli sellel noorel rohukamaral kõrge (9,4 – 10,3 t/ha KA). Põhiosa KA saagist andsid punane ristik (50 – 79 kaalu%) ja karjamaa raihein (11 – 31%), timuti osakaal oli 3 -18% ja harilikul aruheinal 2 – 12%. Kuna punane ristik sidus oma suure osakaalu tõttu piisavalt õhulämmastikku (N) , siis sõltumata väetamisest taimikutes olulist N puudust ei olnud. Seetõttu andsid väetusvariandid lähedase saagi (erinevus ei olnud statistiliselt usutav) ning saagi tõus võrreldes 2014. aastal väetamata alaga oli väike (vt. tabel 10). Usutav oli vaid erinevus orgaaniliste väetiste ja NP- mineraalväetise efekti vahel.

3.3. Rohu liigilise koosseisu, väetiste ja silokindlustuslisandi mõju rohusilo kvaliteedile

Nimetatud probleemiga tegeldi selle olulisuse tõttu projekti kõigil neljal aastal. Seejuures katsevariandid ja niited, kust sileeritav materjal koguti, erinesid aastati, mis võimaldas saada piiratud vahenditega mitmekülgsema andmestiku.

Väetamise ja rohu koosseisu mõju uurimiseks rohusilo mikroobikooslusele ja kvaliteedile kasutati 2011. aastal *põldkatse 1* esimese niite materjali (tabelid 11 ja 12) . Arvestades 2010.a. korraldatud ühise pilootuuringu (osalesid EMÜ PKI ja VLI ning AS Baltic Agro) tulemusi, kus AS Tartu Agro-st läga pindlaotuse alalt kogutud tugevasti närvutatud (KA 43%) kõrreliste ja punase ristiku (osakaal ca 55 kaalu-%) I niite rohi sileerus edukalt ka ilma konservantideta (silo pH 4,7, KA 39%, NH₃/üld-N 2,9%), otsustati 2011. aastal imiteerida raskemaid ilmastiku- ja käärimistingimusi. Selleks närvutati vastavatest katsevariantidest kogutud rohtu vaid kergelt (keskmine KA sisaldus 23%), konservanti ei lisatud.

Tabel 10. Veiste vedelsõnniku ja biogaasijaama digestaadi (kääritusjäägi) efektiivsus 1. kasutusaasta punase ristiku ja kõrreliste silorohumaal 2014.a. (tootmiskatse Ilmatsalus, AS Tartu Agro)

Väetamine (katsevariandid)	Kuivaine saak t/ha				Kuivaine enamsaak	
	niited siloks			kokku	t/ha	%
	I	II	III			
Väetamata	3,93 ^{a1}	3,98 ^a	2,17 ^a	10,08 ^{ab}	-	-
NP-mineraalväetis	4,45 ^b	3,77 ^b	2,11 ^b	10,33 ^b	0,25	2,4
Vedelsõnnik	3,86 ^a	3,67 ^a	1,88 ^{ab}	9,41 ^a	0,67	6,6
Digestaat	3,87 ^a	3,85 ^a	1,82 ^a	9,54 ^a	0,54	5,4

¹ Samas veerus erineva tähega märgitud saigid on statistiliselt erinevad (P<0,05).

Tabelist 11 on näha, et selline madal KA sisaldus ei taganud sobivat mikroobikooslust ja optimaalset käärimist. Katsesilodes (2,5-liitrilised purgid) oli piimhappebaktereid piisavalt (enamasti 10⁷ PMÜ/g) ja nad alustasid edukalt „tööd“, kuid materjali madala KA- sisalduse tõttu aktiveerusid ja „töötasid vastu“ piimhappebakteritele klostriidid (peamiselt võihappebakterid), mis kääritavad suhkruid, orgaanilisi happeid (sealh. piimhapet) võihappeks, CO₂-ks ja vesinikuks ning lagundavad ka valke NH₃-ks ja amiinideks. Klostriidide mõjul tõusis silo pH ja suurenesid toitainete kaod (keskmine KA sisaldus sileeritud materjalis oli 22,8% ja silos 20,1%) (tabel 12).

Enamikul silodel domineeris mõõdukalt ebameeldiv lõhn, kuid materjali nähtavat lagunemist hindamisel ei leitud. Teistest mõnevõrra paremini õnnestusid var. 3a ja 12a purgisilod (pH 5,2-5,3). Vedelsõnniku pindlaotamise tugevat negatiivset mõju sileerimisprotsessile antud katses usutavalt ei ilmnenud, kuid märkida tuleb siiski sellesuunalist tendentsi – kevadel vedelsõnnikut saanud variantide silodes oli klostriidide 1 või 2 suurusjärgu võrra rohkem ja piimhappebaktereid enamasti 1 suurusjärgu võrra vähem (vt. tabel 11), KA käärimiskadu oli vedelsõnnikut saanud variantide silodes keskmiselt 14,1% ja ilma vedelsõnnikut 9,2% (tabel 12).

Järeldus: silo õnnestumise aspektist on kõige olulisemaks faktoriks sileeritava materjali piisav KA sisaldus (mitte alla 30-35%), mis takistab klostriidide ja teiste segakäärimist põhjustavate bakterite tegevust. Kui pole võimalik piisavalt närvutada, tuleb tingimata kasutada silokindlustuslisandit.

2012. aastal süvendati väetamise ja rohu koosseisu mõju uurimist rohusilo mikroobikooslusele ja kvaliteedile, milleks kasutati põldkatsete 1 ja 2 põhiliselt esimese niite materjali (tabelid 13 ja 15).

Katsesilod tehti hermeetilistesse kilekottidesse kahes korduses (kanaliga vaakumkotid 250x350 mm), kuhu pandi 750g eelnevalt närvutatud ja hekseldatud rohtu. Pärast kaalumist suleti kotid vaakummasinaga keevituse teel, imiteerides õhu väljasurumist sileeritavast massist silovirna tallamise või ruloonpressi abil. Enne kotti panekut lisati 1. niite kõikide variantide rohule silokindlustuslisandi SIL-ALL FVA lahust (arvestusega preparaati 2 g/tonn). Mikroobianalüüsid (2x14 proovi vt. p. 9) tehti kilekottidesse pandud 1. niite rohust ja samade variantide silodest 90 päeva möödumisel OÜ TPTAK laboris. Silosäilituslisandi SIL-ALL FVA toime uurimiseks sileeriti ka 2. ja 3. niite rohtu: a) a) lisandita; b) lisandiga (katsest 1 var. 3a; 3b; 5 ja katsest 2 var. 3; 4).

Mikroobikooslused. Esimese niite närvutatud rohu mikroobikooslus 2012.a. katses 1 ja 2 kujunes enne sileerimist kokkuvõtvalt järgmiseks (PMÜ 1 g-s materjalis keskmiselt):

	väetamata NOPOKO (katse 2)	N180 (NH ₄ NO ₃) (katse 2)	Vedel- sõnnikuta (katse 1)	Vedel- sõnnikuga (katse 1)	Diges- taadiga (katse 2)
1)piimhappebakterid (laktobatsillid ja –kokid) kokku	7x10 ⁵	2,0x10 ⁶	2,9x10 ⁴	3,9x10 ⁵	2,0x10 ⁵
2)võihappebakterid	<10 ²	<10 ³	2,2x10 ³	5x10 ³	<10 ²
3) võihappebakterite eosed	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
4)Coli-laadsed	2,1x10 ⁵	4,5x10 ⁵	1,0x10 ⁶	1,7x10 ⁵	4,4x10 ⁵
5)enterobakterid	ei määratud	2,8x10 ⁶	2,3x10 ⁵	1,1x10 ⁶	3,6x10 ⁶

Tabel 11. Väetamise ja rohu koosseisu mõju rohusilo mikroobikooslusele **2011.a.** (1. niide, sileeritud 10.6.2011)

Variant (vt. tabel 4)	Liblikõieliste osakaal, kaalu- %	Väetamine (elemendina), kg/ha		Määratud parameetrite PMÜ** 1 g-s materjalis			
		mineraal- väetis	vedel- sõnnik	piimhappe- bakterid	klostriidid	klostrii- dide spoorid	Coli- laadsed
3a	0	N60 P0 K0	N0 P0 K0	2,767x10 ⁷	10 ⁵	10 ²	3,38x10 ⁴
3b	0	N0 P0 K0	N138/76* P28 K78	2,967x10 ⁶	10 ⁶	10 ³	1,03x10 ⁴
8a	54	N0 P0 K0	N0 P0 K0	1,200x10 ⁷	10 ³	0	0,91x10 ³
8b	34	N0 P0 K0	N118/65* P24 K67	1,583x10 ⁷	10 ⁴	10 ³	0,87x10 ³
11a	3	N60 P0 K0	N0 P0 K0	1,517x10 ⁷	10 ⁴	10 ³	0,67x10 ²
11b	<1	N0 P0 K0	N138/76* P28 K78	2,017x10 ⁶	10 ⁶	10 ⁴	2,00x10 ²
12a	6	N0 P0 K0	N0 P0 K0	3,030x10 ⁷	10 ⁴	10 ²	7,08x10 ³
12b	9,5	N0 P0 K0	N118/65* P24 K67	2,333x10 ⁵	10 ⁵	10 ³	0

* Vedelsõnnikuga antud üld-N/ sealh. NH₄ -N k

** PMÜ – pesa moodustav ühik (määramispiir 10²)

Tabel 12. Väetamise ja taimiku koosseisu mõju rohusilo kvaliteedile **2011.a.**
(1. niide, sileeritud 10.6.2011)

Variant (vt. tabel 4)	Rohi enne sileerimist (kergelt närvutatud)				Silo				
	kuivaine %	kuivaines			pH	kuivaine %	kuivaines		
		TP %	DDM %	ME MJ/kg			TP %	DDM %	ME MJ/kg
3a	24,9	13,3	63,3	9,92	5,3	22,8	11,7	58,6	9,05
3b	25,0	11,3	63,2	9,90	5,5	21,3	10,2	56,7	8,69
8a	22,1	13,4	63,4	9,95	5,6	19,9	15,7	61,3	9,55
8b	25,3	14,5	63,6	9,96	5,6	21,1	14,7	59,7	9,24
11a	20,0	16,2	65,9	10,40	5,5	17,6	16,1	61,5	9,58
11b	20,4	12,2	61,3	9,55	5,6	17,1	11,5	57,2	8,78
12a	24,7	11,2	63,5	9,95	5,2	22,7	12,6	59,9	9,28
12b	19,7	11,3	62,9	9,84	5,7	18,2	11,3	56,7	8,68
keskmine	22,8	12,9	63,4	9,93	x	20,1	13,0	59,0	9,11

TP - toorproteiin

DDM - seeduv kuivaine

ME - metaboliseeruv energia

E.coli esines ainult katses 1 var. 8b (vedelsõnnikuga) – $8,3 \times 10^3$ PMÜ/g. Andmetest on näha, et põhilised mikroobid sileeritavas rohus olid piimhappebakterid, *Coli*-laadsed ja enterobakterid, mida esines rohkesti kõikidel väetusfoonidel ja samas suurusjärgus (10^5 - 10^6 PMÜ/g). Vähe oli võihappebaktereid ja nende eoseid. Silode mikroobikooslust ja toiteväärtust 2012.a. kajastavad tabelid 13-15, mille põhjal võib kõikide variantide silosid lugeda õnnestunuks, tänu soodsatele käärimistingimustele (õhu O₂ ligipääs peaaegu välistatud, kasutati silokindlustuslisandit). Seetõttu saavutas piimhappeline käärimine ülekaalu hoolimata materjali suhteliselt madalast KA sisaldusest (18,5-24,6%) liblikõieliste ja kõrreliste segude ning lutserni puhaskülvide puhul katses 1. Silo happesuse suurenedes pH näiduni 4,0 lõpetasid piimhappebakterid enamasti tegevuse, sest nad olid oma töö juba teinud (vt. tabel 13).

2013. aastal jätkati väetiste, rohu liigilise koosseisu ja silokindlustuslisandi mõju uurimist rohusilo mikroobikooslusele ja kvaliteedile, milleks kasutati põldkatsete 1 ja 2 I, II ja III niite materjali (tabelid 6 ja 9).

Katsesilod tehti hermeetilistesse kilekottidesse meetoodika nagu 2012.a. Enne kotti panekut lisati 1. niite kõikide variantide rohule silokindlustuslisandi SIL-ALL lahust (arvestusega preparaati 2 g/tonn).

Mikroobianalüüsid (2x8 proovi) tehti kilekottidesse pandud katse 2 1. niite rohust ja samade variantide silodest 90 päeva möödumisel OÜ TPTAK laboris. Silosäilituslisandi SIL-ALL FVA toime uurimiseks sileeriti ka 2. ja 3. niite rohtu: a) lisandita; b) lisandiga (katsest 1 var. 5 ja katsest 2 var. 3; 4).

Mikroobikooslused. Andmetest (tabel 16) on näha, et põhilised mikroobid katses 2 I niite rohus vahetult enne sileerimist olid piimhappebakterid, *Coli*- laadsed (sealh. ka *E.coli*) ja enterobakterid, mida esines rohkesti kõikidel väetusfoonidel (väetamata, mineraal - N180, biogaasi digestaat, vedelsõnnik) ja lähedases suurusjärgus (enamasti 10^6 – 10^8 PMÜ/g). Vähe oli võihappebaktereid ja nende eoseid (alla 10^2). Silode mikroobikooslust ja toiteväärtust kajastavate tabelite 16 ja 17 põhjal võib kõikide katsevariantide silosid lugeda õnnestunuks tänu soodsatele käärimistingimustele (õhu O₂ ligipääs peaaegu välistatud, kasutati silokindlustusvahendit – sealh. I niite kõikidel silodel). Seetõttu saavutas piimhappeline käärimine ülekaalu hoolimata sileeritud rohul rohkesti esinenud kahjulikest *Coli*-laadsetest ja enterobakteritest (valminud I niite silodes oli neid alla määramispiiri 10^2 PMÜ/g) ning materjali suhtelisest madalast KA sisaldusest (katse 1 I niitel keskmiselt 22,8%, kõikumine 16,3 - 25,7%). Silokindlustuslisandi SIL-ALL FVA kasutamisel oli II niite silode (tabel 17) pH madalam (keskmiselt 0,33 ühikut) ja KA sisaldus kõrgem (5,3 ühik-%), kui lisandita silodel.

2014. aastal sileeriti (meetoodika sama nagu 2012. ja 2013.a.) põldkatse 1 ja Ilmatsalu tootmiskatse 3 esimese, teise ja kolmanda niite materjali (tabel 18).

Siloproovide pH suhteliselt madal tase tõendab, et kõikide variantide närvutatud rohi sileerus üsna hästi sellest hoolimata, et materjalis oli liblikõielisi vähemalt 50-60% (erandiks olid katse 1 kõrreliste segud 3a ja 3b). Ilmatsalu tootmiskatses oli I niite silodes metaboliseeruvat energiat (ME MJ/kg KA) mõnevõrra rohkem (keskmiselt 6%) kui II niites. Kuivaine arvutuslik seeduvus oli tootmiskatse I niite silodel veidi kõrgem kui II niite puhul (keskmiselt vastavalt 63,1 ja 60,3%). Kolmanda niite puhul näitavad analüüsid, et nii närvutatud rohu kui sellest valmistatud silo toiteväärtus ületab niite vastavaid näitajaid ja on lähedane esimese niite silodele.

Tabel 13. Väetamise ja rohu liigilise koosseisu mõju rohusilo mikroobikooslusele 2012.a. (1. niide, sileeritud 7.6.2012)

Variant (vt. tabel 5 ja 9)	LÕ* KA- s, kaalu -%	Väetamine, kg/ha		Määratud parameetrite PMÜ*** 1 g-s materjalis					
				piimhappebakterid		võihappe- bakterid	võihappe- bakterite eosed	Coli- laadsed, E-coli	entero- bakterid
		min.- väetis	VS** või DIG	lakto- batsillid	lakto- kokid				
<u>Katse 1</u> (erinevad seemnesead)									
3a	0	N60 P0 K0	N0 P0 K0	1,6x10 ⁵	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
3b	0	N0 P0 K0	N165/91 P30 K81	7,0x10 ⁶	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
5	82	N0 P35 K100	N0 P0 K0	4,0x10 ⁵	1,6x10 ⁶	<10 ²	3,7x10 ²	<10 ²	****
8a	28	N0 P0 K0	N0 P0 K0	1,0x10 ²	<10 ²	3,7x10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
8b	6	N0 P0 K0	N141/77 P26 K69	8,3x10 ⁴	1,4x10 ⁵	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
10	80	N0 P35 K100	N0 P0 K0	2,5x10 ⁶	2,5x10 ⁶	<10 ²	<10 ²	<10 ²	****
11a	3	N60 P0 K0	N0 P0 K0	4,0x10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	****
11b	0	N0 P0 K0	N165/91 P30 K81	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	****
12a	35	N0 P0 K0	N0 P0 K0	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	****
12b	31	N0 P0 K0	N141/77 P26 K69	1,0x10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	****
<u>Katse 2</u> (erinevad väetised kõrreliste rohumaal)									
1	1,8	N0 P0 K0	N0 P0 K0	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	****
2	0,6	N60 P0 K0	N0 P0 K0	1,2x10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
3	1,2	N0 P0 K0	N82/60 P15 K42	3,0x10 ⁴	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
4	1,5	N0 P0 K0	N109/60 P20 K53	6,3x10 ⁴	3,7x10 ³	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²

* Liblikõielisi kuivaine saagis kaalu- %

** Vedelsõnniku (VS) või digestaadiga (DIG) antud üld-N/ sealh. NH₄ -N kogused

*** PMÜ – pesa moodustav ühik (määramispiir 10²)

**** enterobaktereid ei määratud

Tabel 14. Väetamise ja rohu liigilise koosseisu mõju rohusilo mikroobikooslusele **2012.a.** (3. niide, sileeritud 29.9.2012)

Variant (vt. tabel 5 ja 9)	LÕ* KA- s, kaalu -%	Väetamine, kg/ha		Määratud parameetrite PMÜ*** 1 g-s materjalis					
				piimhappebakterid		Või- happe- bakterid	Või- happe- bakterite eosed	Coli- laadsed, <i>E-coli</i>	entero- bakterid
		min.- väetis	VS** või DIG	lakto- batsillid	Lakto- kokid				
III niide (katse 1* ja 2; sileeritud 27.9.2012)									
*5	96	N0 P10K30	0 0	8,9x10 ⁶	6,0x10 ⁷	<10 ²	7,6x10 ²	<10 ²	<10 ²
*5; SIL- ALL	96	N0 P10K30	0 0	1,6x10 ⁷	1,7x10 ⁷	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
4	0	0	N94/ 60 P18K 48	3,1x10 ⁴	5,5x10 ³	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
4;SIL- ALL	0	0	N94/ 60 P18K 48	1,7x10 ⁶	1,3x10 ⁷	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²

* Katse 1 variandid

** Liblikõielisi kuivaine saagis kaalu- %

*** Vedelsõnniku (VS) või digestaadiga (DIG) antud üld-N/ sealh. NH₄ -N kogused

**** PMÜ – pesa moodustav ühik (määramispiir 10²)

Tabel 15. Väetamise ja taimiku liigilise koosseisu mõju rohusilo kvaliteedile **2012.a.** (1. niide, sileeritud 7.6.2012)

Variant (vt. tabel 5 ja 9)	Rohi enne sileerimist (kergelt närvutatud)				Silo				
	kuivaine %	kuivaines			pH	kuivaine %	kuivaines		
		TP %	DDM %	ME MJ/kg			TP %	DDM %	ME MJ/kg
<u>Katse 1</u> (erinevad seemnesevad)									
3a	28,0	10,6	60,4	9,37	3,91	25,4	13,0	60,3	9,35
3b	26,9	10,8	59,1	9,14	3,95	24,8	12,5	59,1	9,13
5	19,9	19,0	60,3	9,36	4,71	18,5	20,9	59,8	9,26
8a	24,6	11,9	65,9	10,41	3,92	23,5	13,3	63,4	9,94
8b	21,3	10,7	62,2	9,71	3,89	20,4	12,2	61,3	9,54
10	18,5	21,5	63,9	10,04	4,56	17,6	22,6	61,4	9,57
11a	25,0	12,9	64,8	10,20	3,87	22,5	14,5	62,8	9,82
11b	21,0	11,0	63,2	9,89	3,81	19,2	12,2	61,4	9,55
12a	23,3	9,4	64,5	10,14	3,89	22,8	11,0	61,7	9,61
12b	22,0	10,3	63,1	9,87	3,84	19,9	11,1	59,3	9,17
keskmine	23,0	12,8	62,7	9,81	x	21,5	14,3	61,1	9,49
<u>Katse 2</u> (erinevad väetised kõrreliste rohumaal)									
1	34,0	8,9	65,1	10,26	3,89	29,5	10,3	62,3	9,83
2	31,8	11,5	64,1	10,07	3,92	28,8	13,2	62,3	9,72
3	31,4	10,4	64,3	10,10	3,86	27,5	12,1	61,6	9,60
4	32,5	9,9	62,9	9,84	3,90	29,5	12,1	61,1	9,51
keskmine	32,4	10,2	64,1	10,07	3,89	28,8	11,9	61,8	9,67

TP - toorproteiin

DDM - seeduv kuivaine

ME - metaboliseeruv energia

Tabel 16. Väetamise, rohu liigilise koosseisu ja kindlustuslisandi mõju rohusilo mikroobikooslusele **2013.a.**

Variant (vt. tabel 6 ja 9)	LÕ** KA-s, kaalu -%	Väetamine niiteks, kg/ha		Määratud parameetrite PMÜ****					
				1 g-s materjalis		võihappe- bakterid	võihappe- bakterite eosed	Coli- laadsed/ E-coli	entero- bakterid
				piimhappebakterid					
min.- väetis	VS*** või DIG	lakto- batsillid	laktokokid						
<u>Väetiste mõju rohu ja silo mikroobikooslusele</u> (I niide 2013.a.; katse 2)									
A. Kergelt närvutatud rohi enne sileerimist									
1	3	0	0	5,2x10 ⁷	5,3x10 ⁶	<10 ²	<10 ²	3,6x10 ⁸ / 2,3x10 ⁶	4,4x10 ⁸
2	0	N60	0	4,7x10 ⁷	<10 ²	<10 ²	<10 ²	3,0x10 ⁸ / 1,8x10 ⁵	4,7x10 ⁸
3	0	0	N77/48 P13 K65	1,4x10 ⁷	8,0x10 ⁶	<10 ²	<10 ²	2,8x10 ⁸ / 4,1x10 ⁴	3,8x10 ⁸
4	0	0	N98/56 P20K59	3,6x10 ⁷	2,0x10 ⁵	<10 ²	<10 ²	2,4x10 ⁸ / 2,2x10 ⁵	5,0x10 ⁸
B. Rohusilo kindlustuslisandiga SIL-ALL (sileeritud 6.6.2013)									
1	3	0	0	3,3x10 ⁵	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
2	0	N60	0	1,7x10 ⁷	1,4x10 ⁷	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
3	0	0	N77/48 P13 K65	1,4x10 ⁷	1,3x10 ⁶	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
4	0	0	N98/56 P20 K59	7,3x10 ⁷	1,9x10 ⁷	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
<u>Taimiku, väetiste ja kindlustuslisandi SIL-ALL mõju silo mikroobikooslusele</u> 2013.a. II niide (katse 1* ja 2; sileeritud 25.7.2013)									
*5	93	N0 P12K35	0 0	1,1x10 ⁶	4,8x10 ⁸	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
*5 SIL- ALL	93	N0 P12K35	0 0	1,9x10 ⁸	1,1x10 ⁸	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
3	0	0	N128/74 P22K107	2,0x10 ⁷	1,0x10 ⁷	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
3; SIL- ALL	0	0	N128/74 P22K107	1,2x10 ⁸	<10 ³	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
4	0	0	N146/74 P15K84	1,1x10 ⁸	1,1x10 ⁷	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
4; SIL- ALL	0	0	N146/74 P15K84	1,6x10 ⁷	<10 ³	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
2013.a. III niide (katse 1* ja 2; sileeritud 25.9.2013)									
*5	96	N0 P12K35	0 0	2,0x10 ⁸	6,7x10 ⁷	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
*5; SIL- ALL	99	N0 P12K35	0 0	4,0x10 ⁷	1,4x10 ⁸	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
3	0	0	N107/59 P22K79	1,4x10 ⁷	4,1x10 ⁷	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
3; SIL- ALL	0	0	N107/59 P22K79		<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²
4	0	0	N94/60 P18K48	3,1x10 ⁷	6,2x10 ⁷	<10 ²	<10 ²	7,0x10 ²	3,0x10 ³
4; SIL- ALL	0	0	N94/60 P18K48	3,5x10 ⁶	2,8x10 ⁶	<10 ²	1,0x10 ²	<10 ²	<10 ²

* Katse 1 variandid

** Liblikõielisi kuivaine saagis kaalu- %

*** Vedelsõnniku (VS) või digestaadiga (DIG) antud üld-N/ sealh. NH₄ -N kogused

**** PMÜ – pesa moodustav ühik (määramispiir 10²)

Tabel 17. Väetamise, taimiku liigilise koosseisu ja kindlustuslisandi mõju rohusilo kvaliteedile 2013.a.

Variant (vt.tabel 6 ja 9)	Rohi enne sileerimist (kergelt närvutatud)				Silo				
	kuivaine %	kuivaines			pH	kuivaine %	kuivaines		
		TP %	DDM %	ME MJ/kg			TP %	DDM %	ME MJ/kg
I niide (sileeritud 6.6.2013) +SIL-ALL									
Katse 1 (erinevad seemnesead)									
3a	25,7	15,7	65,0	10,24	4,90	24,8	18,6	57,8	8,89
3b	23,5	15,0	62,6	9,79	4,82	22,7	16,0	57,5	8,84
5	16,3	20,1	66,1	10,44	4,21	15,8	21,3	61,9	9,66
8a	22,3	13,8	62,4	9,74	4,16	20,4	15,3	60,9	9,47
8b	23,9	15,2	63,6	9,98	4,14	24,3	16,2	59,6	9,22
10	23,6	22,1	65,2	10,27	4,92	20,7	22,7	60,1	9,31
11a	22,6	17,5	66,0	10,42	4,30	24,3	20,6	61,2	9,53
11b	19,1	16,9	64,6	10,16	4,04	20,7	17,2	62,6	9,78
12a	25,7	13,2	61,2	9,53	4,42	28,3	15,7	60,0	9,30
12b	25,1	14,1	62,9	9,85	4,24	24,1	15,3	60,0	9,30
keskmine	22,8	16,4	64,0	10,04	4,42	22,6	17,9	60,2	9,33
Katse 2 (erinevad väetised aluskõrreliste rohumaal)									
1	38,9	14,2	64,2	10,08	4,20	36,1	15,4	61,9	9,65
2	35,6	17,6	65,5	10,32	4,62	34,6	20,0	61,9	9,66
3	33,1	16,9	63,5	9,95	4,42	32,7	18,3	61,2	9,53
4	31,5	16,4	62,3	9,72	4,67	31,6	16,8	58,8	9,08
keskmine	34,8	16,3	63,9	10,02	4,48	33,7	17,6	61,0	9,48
II niide (sileeritud 25.7.2013)									
Katse 1									
5	38,7	20,2	62,9	9,84	5,53	33,9	18,2	52,8	7,97
5; SIL-ALL	38,7	20,2	62,9	9,84	5,47	36,3	17,4	51,5	7,72
Katse 2									
3	46,9	11,4	64,8	10,19	4,79	40,6	12,2	64,0	10,06
3; SIL-ALL	46,9	11,4	64,8	10,19	4,18	47,4	12,0	64,3	10,10
4	37,5	11,6	65,3	10,29	4,40	32,5	12,5	63,2	9,90
4; SIL-ALL	37,5	11,6	65,3	10,29	4,10	39,4	12,2	64,0	10,04
II niite keskmine (katse 1+2): 1) kõik var-d	41,0	14,4	64,3	10,11	4,74	38,4	14,1	60,0	9,30
2) kons-ta	41,0	14,4	64,3	10,11	4,91	35,7	14,3	60,0	9,31
3) SIL-ALL	41,0	14,4	64,3	10,11	4,58	41,0	13,9	59,9	9,29
III niide (sileeritud 25.9.2013)									
Katse 1									
5	41,6	20,1	63,6	9,98	5,61	32,6	20,5	59,1	9,14
5+SIL-ALL	41,6	20,1	63,6	9,98	5,40	34,5	20,2	58,2	8,97
Katse 2									
3	37,9	14,7	64,7	10,18	4,95	32,2	15,9	63,6	9,98
3+SIL-ALL	37,9	14,7	64,7	10,18	4,23	34,5	16,5	63,2	9,90
4	45,6	13,7	65,0	10,23	5,28	41,3	13,7	64,5	10,14
4+SIL-ALL	45,6	13,7	65,0	10,23	4,24	43,0	14,3	64,3	10,10
III niite keskmine (katse 1+2): 1) kõik var-d	41,7	16,2	64,4	10,13	4,95	36,4	16,8	62,2	9,70
2) kons-ta	41,7	16,2	64,4	10,13	5,28	35,4	16,7	62,3	9,75
3) SIL-ALL	41,7	16,2	64,4	10,13	4,62	37,3	17,0	61,9	9,66

TP - toorproteiin DDM - seeduv kuivaine ME - metaboliseeruv energia kons-ta - kindlustuslisandita

Tabel 18. Väetamise, taimiku liigilise koosseisu ja kindlustuslisandi mõju rohusilo kvaliteedile 2014.a.

Variant (vt.tabel 7 ja 10)	Rohi enne sileerimist (närvutatud)				Silo				
	kuivaine %	kuivaines			pH	kuivaine %	kuivaines		
		TP %	DDM %	ME MJ/kg			TP %	DDM %	ME MJ/kg
I niide (lisatud SIL-ALL)									
<u>Katse 1</u> (erinevad seemnesevad), sileeritud 12.6.2014									
3a	26,7	15,3	63,5	9,95	4,99	24,5	13,2	55,7	8,50
3b	33,2	12,4	60,7	9,44	4,32	27,9	12,6	57,9	8,92
5	39,6	22,6	65,5	10,32	4,64	37,5	23,5	59,6	9,24
10	24,2	25,5	65,6	10,40	5,41	18,2	22,8	55,5	8,46
keskmine	30,9	19,0	63,8	10,03	4,84	27,0	18,0	57,2	8,78
<u>Ilmatsalu tootmiskatse</u> , sileeritud 6.6.2014									
Väetamata	37,3	20,4	64,0	10,04	4,55	33,9	20,8	63,6	9,96
NP	35,7	19,9	63,8	10,01	4,52	33,8	20,1	62,9	9,85
VS	38,5	19,9	64,1	10,06	4,60	34,0	20,2	62,5	9,77
DIG	37,5	20,9	65,1	10,26	4,50	34,4	20,4	63,3	9,92
keskmine	37,2	20,3	64,2	10,09	4,54	34,0	20,4	63,1	9,88
II niide (lisatud SIL-ALL)									
<u>Katse 1</u> (erinevad seemnesevad), sileeritud 25.7.2014									
3a	30,7	20,0	66,3	10,48	5,10	27,1	20,6	62,3	9,73
3b	27,5	15,3	65,4	10,30	4,08	25,6	16,4	63,3	9,91
5	39,2	23,8	65,2	10,26	5,47	35,4	22,2	57,8	8,90
10	27,8	22,5	60,7	9,44	5,44	25,6	22,4	58,2	8,97
keskmine	31,3	20,4	64,4	10,12	5,02	28,4	20,4	60,4	9,38
<u>Ilmatsalu tootmiskatse</u> , sileeritud 23.7.2014									
Väetamata	32,4	17,9	61,0	9,49	4,69	31,1	18,6	61,3	9,54
NP	36,8	13,3	59,8	9,26	4,64	35,0	16,4	59,6	9,23
VS	38,9	18,5	61,5	9,58	4,69	33,8	18,1	60,5	9,39
DIG	35,7	17,2	60,9	9,47	4,86	32,2	17,5	59,8	9,28
keskmine	36,0	16,7	60,8	9,45	4,72	33,0	17,6	60,3	9,36
III niide (lisatud SIL-ALL)									
<u>Katse 1</u> (erinevad seemnesevad), sileeritud 24.9.2014									
3a	34,1	18,7	68,6	10,90	4,32	29,3	19,4	66,5	10,52
3b	25,8	16,7	68,0	10,80	4,07	23,9	16,5	65,8	10,38
5	28,6	23,2	67,5	10,70	5,33	28,4	20,9	60,2	9,34
10	28,7	23,9	67,5	10,70	5,59	26,0	23,1	63,4	9,93
keskmine	29,3	20,6	67,9	10,78	4,83	26,9	20,0	64,0	10,04
<u>Ilmatsalu tootmiskatse</u> , sileeritud 19.9.2014									
Väetamata	30,7	20,5	63,6	9,98	4,67	26,1	20,8	62,8	9,83
NP	32,4	20,5	64,6	10,16	4,60	30,8	19,5	62,3	9,73
VS	32,6	20,5	63,2	9,91	4,68	33,4	20,1	63,4	9,92
DIG	34,4	20,0	62,7	9,81	4,57	33,3	20,2	63,0	9,86
keskmine	32,5	20,4	63,5	9,96	4,63	30,9	20,2	62,9	9,84

3.4. Vedelsõnniku ja digestaadi vegetatsioonivälise laotamise toime rohumaal

Mitmed varasemad uurimistööd (Saarman, Viiralt, 10982; Kalmel et al., 1996; Decau et al., 2004; Viiralt et al., 2009) on näidanud, et vegetatsiooniperioodil sõltub taimetoitainete leostumine rohumaal peamiselt taimikualusest mullast läbinõrguvas veekogusest, mis on seda väiksem, mida suurem on taimiku saak. Andmeid toitainete leostumise ulatuse kohta rohumaal väljaspool vegetatsiooniperioodi ajal, millal taimekasv on peatunud kuid muld ei ole veel külmunud või on kevadel juba sulanud, on tunduvalt vähem. Tavaliselt on ka mulla veesisaldus taimekasvu välisel ajal tunduvalt suurem kui vegetatsiooniperioodil, mis soodustab toitainete liikumist laskuva veevooluga pindmisest mullakihist allapoole.

Eeltoodust tulenevalt uuriti käesoleva projekti raames küsimust, kuidas mõjutab veiste vedelsõnniku (VS) ja biogaasijaama digestaadi (DIG) laotamine novembri algul lutserni taimikule toitainete liikumist mullas ((töö põhimetoodika vt. lk. 4). Selleks poolitati *põldkatses I* variantide 5 (lutserni 'Derby') ja 10 (lutserni 'Karl') katselapid pärast III niidet, võeti 30. oktoobril 2013 mõlemalt variandilt mullaproovid (s.o. enne väetamist) kihtidest 0-10, 10-20, 20-40 ja 40-60 cm ning 7. novembril 2013.a. anti ühtedele lapipooltele orgaaniline väetis 30 t/ha (lutsernile 'Derby' vedelsõnnik ja lutsernile 'Karl' veise-vedelsõnniku digestaat).

Orgaaniliste väetiste koostis ja nendega vastava lutsernitaimiku pinnale antud toitainete kogused on esitatud tabelis 19. Taimetoiteelementide varude muutused mullakihi olenevalt orgaanilise väetise kasutamisest on näha tabeleist 20-27 ja nitraatlämmastiku osas ka jooniselt 1. Andmete parema ülevaatlikkuse huvides on tabelis esitatud toitainete keskmised varud kahe proovivõtuperioodi (I ja II) kohta. Esimene (sügisene) proovivõtuperiood hõlmab andmeid (vt. joonis 1) 5 kuupäeva (30. okt., 11. nov., 18. nov., 25. nov., 5. det. 2013.a.) kohta, teine e. kevadine periood kajastab aga 21. apr. ja 7. mai 2014.a. tulemusi. Algandmete analüüsist selgus, et üksikmääramised andsid suhteliselt kirju pildi toitainete varudest erinevates mullakihtides, seevastu proovivõtuperioodi keskmised andmed võimaldavad selgemalt hinnata toitainete liikumist mullas ja 7.11.2013.a. laotatud vedelsõnniku ja digestaadi mõju sellele.

Teadaolevalt on mullas kõige liikuvamaks taimetoitaineks nitraadid (NO_3). Kuna muld neid ei seo, seetõttu liiguvad nad koos mullaveega nii ülalt alla kui tõusva veevooluga ka alt üles pinna suunas, kust toimub aurumine. Vedelsõnnikus ja digestaadis nitraate praktiliselt ei olnud ja mineraalne osa üldlämmastikust oli ammooniumi (NH_4) vormis, mis mullas muutus bakterite toimel nitraatideks (NO_3). Tabelist 20 ja jooniselt 1 on näha, et nitraatlämmastiku varu oli kõikides mullakihtides suurem lappidel, mis said 7.11.2013.a. 30 t/ha vedelsõnnikut või digestaati. Kevadperioodil (21. apr.-7. mai 2014) oli see erinevus suhteliselt suurem sügavates mullakihtides (20-40cm ja 40-60cm).

Ammooniumlämmastikku oli mullas põhiliselt vaid pindmises (0-10cm) mullakihis, sügavamal leidus seda vaid üksikute proovivõtupäevadel (rohkem 5.12.13 ja 7.5.17). Kõige rohkem suurenes NH_4 -N sisaldus mullas (0-10cm kiht) digestaadi andmisel lutserni 'Karl' taimikule sügisel proovivõtuperioodil (tabel 21). Üldlämmastiku varude andmetest (tabel 22) ei saa välja lugeda vedelsõnniku ja digestaadi laotamise loogilist mõju üld-N varudele, kuna VS-ga ja DIG-ga antud üld-N kogus moodustas mulla üld-N varust 0-60cm kihis vaid 1,7-1,9%. Sama üldine järeldus kehtib ka mulla liikuva kaltsiumi (tabel 25) ja mulla orgaanilise aine (tabel 27) varude kohta, mida vedelsõnnikuga ja digestaadiga antud kaltsiumi ja orgaanilise aine kogused (vt. tabel 19) ei saanud erinevate suurusjärgude tõttu vastavate ainete varusid mullas loogiliselt ja usutavalt mõjutada. Siiski ilmnes, et nii vedelsõnniku kui digestaadi andmisel suurenes oluliselt liikuva Ca varu sügisese proovivõtuperioodi keskmisena 20-40cm ja 40-60cm mullakihtides – vastavalt 18-19% ja 24-46% (vt. tabel 25). Sellise nähtuse põhjused meie uurimusest ei selgunud. Seejuures jäi liikuva Ca varu künnikihis (0-20cm) praktiliselt samaks, sõltumata väetamisest.

Ka liikuva fosfori ja liikuva kaaliumi varude andmetest (tabel 23 ja 24) on raske selget järeldust teha.

Vedelsõnnikuga ja digestaadiga anti 7.11.13 fosforit (P) vastavalt 23 ja 20 kg/ha ning kaaliumit (K) vastavalt 74 ja 82 kg/ha. Mõlema elemendi puhul näeme eriti fosforil, et orgaanilist väetist saanud lappidel on liikuva P ja liikuva K varu mullas suurenenud pisut huumushorisoni all lasuvates mullakihtides (20-40cm ja 40-60cm), mis ei saa olla põhjustatud ainult orgaaniliste väetistega mullapinnale antud P ja K kogustest. Varem (alates 2008.a.) ei ole lutserni lappidele orgaanilist väetist antud. Küsimus vajab veel uurimist. Sama seos on tabelist 26 näha ka liikuva magneesiumi puhul, mida anti orgaanilise väetisega 7.11.13 18-20 kg/ha. Liikuva Mg keskmine varu 20-40cm ja 40-60cm mullakihtides sügisperioodil on aga suurenenud tunduvalt rohkem kui väetisega Mg anti. Siiski on Mg varude muutumine selles katses kvantitatiivselt loogilisem kui P ja K puhul.

Tabel 19. Veiste vedelsõnniku (VS) ja biogaasijaama digestaadi (DIG) vegetatsioonivälisel laotamisel 7.11.2013.a. rohumaa pinnale antud toitainete kogused

Komponent	Harilik lutsern 'Derby', VS 7.11.2013.a. 30 t/ha		Hübriidlutsern 'Karlu', DIG 7.11.2013.a. 30 t/ha	
	sisaldus väetises %	kogus kg/ha	sisaldus väetises %	kogus kg/ha
Kuivaine	7,77	2331	4,24	1272
NH ₄ -N	0,266	80	0,258	77
üld-N	0,429	129	0,402	121
üld-P	0,078	23	0,067	20
üld-K	0,247	74	0,274	82
üld-Ca	0,136	41	0,129	39
üld-Mg	0,066	20	0,061	18
Orgaaniline aine*	66,5	1550	57,8	735
pH	7,66	x	8,28	x

* sisaldus väetisega antud kuivaines

Tabel 20. Mulla nitraatlämmastiku (NO₃-N) varu muutumine põldkatse mullas veiste vedelsõnniku (VS) ja biogaasijaama digestaadi (DIG) vegetatsioonivälisel laotamise (7.11.2013) mõjul rohumaaale

Mullakiht cm	NO ₃ -N varu proovivõtuperioodi (I;II) keskmisena, tonni/ha			
	Hariliku lutserni 'Derby' taimik		Hübriidlutserni 'Karlu' taimik	
	VS-ta	VS-ga	DIG-ta	DIG-ga
<u>I perioodi (30.10.-5.12.2013) keskmine</u>				
0-10	4,3	9,5	5,4	16,0
10-20	4,2	6,7	5,2	8,8
20-40	6,5	10,8	6,6	8,8
40-60	2,4	7,2	2,9	4,2
0-20	8,5	16,2	10,6	24,8
20-60	9,0	19,2	9,2	13,0
<u>II perioodi (21.4.-7.5.2014) keskmine</u>				
0-10	3,0	3,2	4,0	4,2
10-20	2,6	3,1	3,9	5,0
20-40	4,6	10,8	7,2	13,0
40-60	2,8	10,0	4,4	11,8
0-20	5,6	6,3	7,9	9,2
20-60	7,4	20,8	11,6	24,8

Tabel 21. Ammooniumlämmastiku (NH₄-N) varu muutumine põldkatse mullas veiste vedelsõnniku (VS) ja biogaasijaama digestaadi (DIG) vegetatsioonivälise laotamise (7.11.2013) mõjul rohumaale

Mullakiht cm	NH ₄ -N varu proovivõtuperioodi (I;II) keskmisena, kg/ha			
	Hariliku lutserni 'Derby' taimik		Hübriidlutserni 'Karlu' taimik	
	VS-ta	VS-ga	DIG-ta	DIG-ga
<u>I perioodi (30.10.-5.12.2013) keskmine</u>				
0-10	3,0	3,4	0,3	13,6
10-20	0,2	1,2	0,1	0,6
20-40	0,9	10,6	0,4	0,5
40-60	0,6	0,9	0,3	1,3
0-20	3,2	4,6	0,4	14,2
20-60	1,5	11,5	0,7	1,8
<u>II perioodi (21.4.-7.5.2014) keskmine</u>				
0-10	1,9	1,7	2,6	2,1
10-20	0,2	0,3	1,0	1,3
20-40	0,8	0,3	0,8	0,6
40-60	0,05	0,2	0,4	0,4
0-20	2,2	2,0	3,6	3,4
20-60	0,8	0,5	1,2	1,0

Tabel 22. Üldlämmastiku (N üld) varu põldkatse mullas veiste vedelsõnniku (VS) ja biogaasijaama digestaadi (DIG) vegetatsioonivälisel laotamisel (7.11.2013) rohumaale

Mullakiht cm	Üld-N varu proovivõtuperioodi (I;II) keskmisena, kg/ha			
	Hariliku lutserni 'Derby' taimik		Hübriidlutserni 'Karlu' taimik	
	VS-ta	VS-ga	DIG-ta	DIG-ga
<u>I perioodi (30.10.-5.12.2013) keskmine</u>				
0-10	2016	2016	1949	1946
10-20	1841	1905	1885	1850
20-40	2344	2602	2209	2396
40-60	857	1235	966	1336
0-20	3857	3921	3834	3796
20-60	3201	3837	3175	3732
<u>II perioodi (21.4.-7.5.2014) keskmine</u>				
0-10	2024	2087	1988	1904
10-20	1813	1870	1805	1813
20-40	2528	2190	2142	2142
40-60	908	1109	1024	1109
0-20	3837	3957	3793	3717
20-60	3436	3299	3166	3251

Tabel 23. Liikuv fosfori (P_{AL}) varu muutumine põldkatse mullas veiste vedelsõnniku (VS) ja biogaasijaama digestaadi (DIG) vegetatsioonivälisel laotamisel (7.11.2013) rohumaale

Mullakiht cm	Liikuv P varu proovivõtuperioodi (I;II) keskmisena, kg/ha			
	Hariliku lutserni 'Derby' taimik		Hübriidlutserni 'Karlu' taimik	
	VS-ta	VS-ga	DIG-ta	DIG-ga
<u>I perioodi (30.10.-5.12.2013) keskmine</u>				
0-10	173	187	198	187
10-20	164	177	179	170
20-40	268	298	259	324
40-60	206	262	152	280
0-20	337	364	377	357
20-60	474	560	411	604
<u>II perioodi (21.4.-7.5.2014) keskmine</u>				
0-10	204	230	230	213
10-20	186	234	208	192
20-40	311	309	264	272
40-60	250	270	153	184
0-20	390	464	438	405
20-60	561	579	417	456

Tabel 24. Liikuv kaaliumi (K_{AL}) varu muutumine põldkatse mullas veiste vedelsõnniku (VS) ja biogaasijaama digestaadi (DIG) vegetatsioonivälisel laotamisel (7.11.2013) rohumaale

Mullakiht cm	Liikuv K varu proovivõtuperioodi (I;II) keskmisena, kg/ha			
	Hariliku lutserni 'Derby' taimik		Hübriidlutserni 'Karlu' taimik	
	VS-ta	VS-ga	DIG-ta	DIG-ga
<u>I perioodi (30.10.-5.12.2013) keskmine</u>				
0-10	118	119	102	133
10-20	83	88	75	82
20-40	211	226	194	209
40-60	259	247	295	308
0-20	201	207	177	215
20-60	470	473	489	517
<u>II perioodi (21.4.-7.5.2014) keskmine</u>				
0-10	116	124	114	114
10-20	73	77	76	78
20-40	168	184	161	218
40-60	275	276	260	344
0-20	189	201	190	192
20-60	443	460	421	562

Tabel 25. Liikuva kaltsiumi (Ca) varu muutumine põldkatse mullas veiste vedelsõnniku (VS) ja biogaasijaama digestaadi (DIG) vegetatsioonivälisel laotamisel (7.11.2013) rohumaale

Mullakiht cm	Ca varu proovivõtuperioodi (I;II) keskmisena, kg/ha			
	Hariliku lutserni 'Derby' taimik		Hübriidlutserni 'Karlu' taimik	
	VS-ta	VS-ga	DIG-ta	DIG-ga
<u>I perioodi (30.10.-5.12.2013) keskmine</u>				
0-10	976	980	1056	997
10-20	1046	1079	1105	1065
20-40	2173	2578	2160	2585
40-60	1998	2912	2328	2879
0-20	2022	2059	2161	2062
20-60	4171	5490	4488	5464
<u>II perioodi (21.4.-7.5.2014) keskmine</u>				
0-10	1092	1041	1112	1048
10-20	1142	1203	1200	1180
20-40	2106	2224	2171	2066
40-60	2270	2354	2072	2270
0-20	2234	2244	2312	2228
20-60	4376	4578	4243	4336

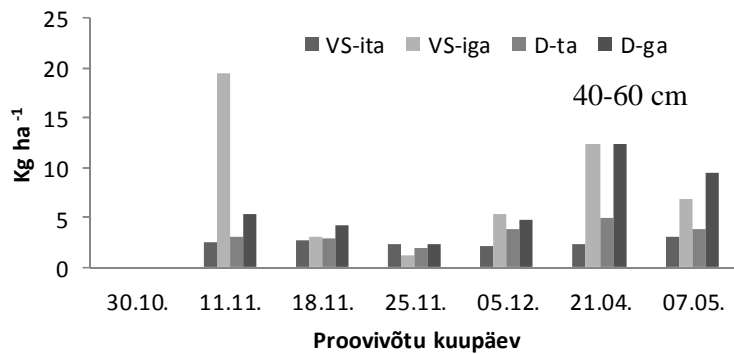
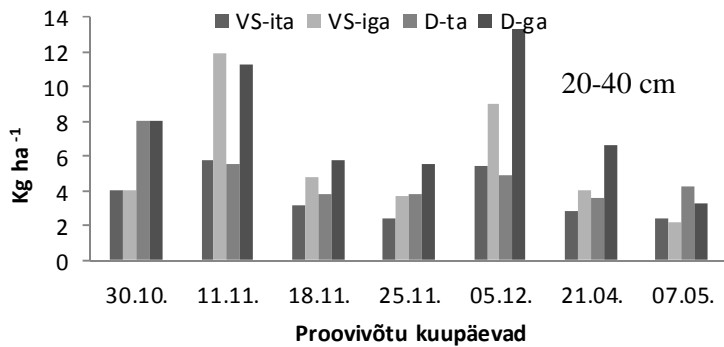
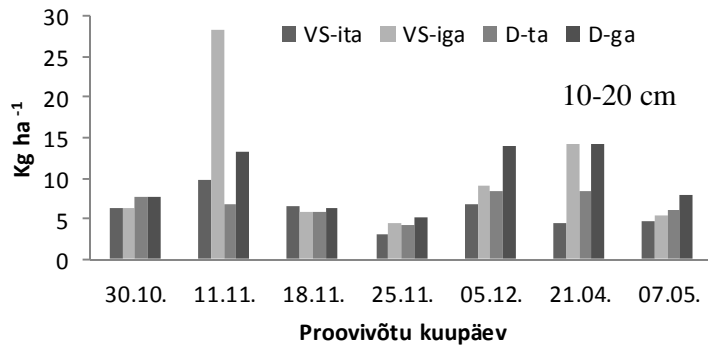
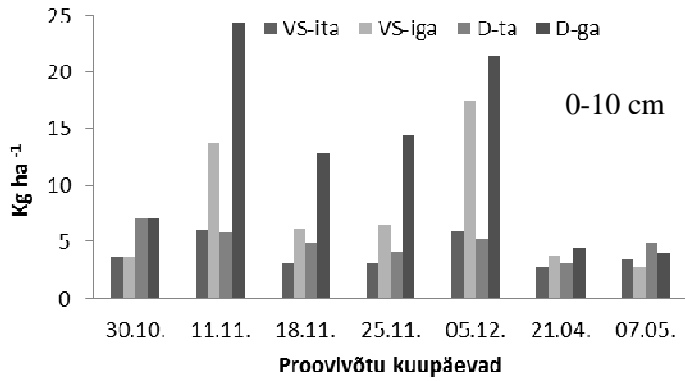
Tabel 26. Liikuva magneesiumi (Mg) varu muutumine põldkatse mullas veiste vedelsõnniku (VS) ja biogaasijaama digestaadi (DIG) vegetatsioonivälisel laotamisel (7.11.2013) rohumaale

Mullakiht cm	Mg varu proovivõtuperioodi (I;II) keskmisena, kg/ha			
	Hariliku lutserni 'Derby' taimik		Hübriidlutserni 'Karlu' taimik	
	VS-ta	VS-ga	DIG-ta	DIG-ga
<u>I perioodi (30.10.-5.12.2013) keskmine</u>				
0-10	105	93	117	123
10-20	110	106	109	114
20-40	219	232	207	239
40-60	259	280	265	317
0-20	215	199	226	237
20-60	478	512	472	556
<u>II perioodi (21.4.-7.5.2014) keskmine</u>				
0-10	96	91	98	102
10-20	102	102	102	108
20-40	192	210	217	216
40-60	278	274	242	300
0-20	198	193	200	210
20-60	470	484	459	516

Tabel 27. Mulla orgaanilise aine (OA) varu põldkatse mullas veiste vedelsõnniku (VS) ja biogaasijaama digestaadi (DIG) vegetatsioonivälisel laotamisel (7.11.2013) rohumaale

Mullakiht cm	OA varu proovivõtuperioodi (I;II) keskmisena, tonni/ha			
	Hariliku lutserni 'Derby' taimik		Hübriidlutserni 'Karlu' taimik	
	VS-ta	VS-ga	DIG-ta	DIG-ga
<u>I perioodi (30.10.-5.12.2013) keskmine</u>				
0-10	42,9	38,4	37,6	36,7
10-20	35,2	35,2	35,3	34,1
20-40	48,4	51,2	44,8	49,0
40-60	23,4	28,6	24,6	30,1
0-20	78,1	73,6	72,9	70,8
20-60	71,8	79,8	69,4	79,1
<u>II perioodi (21.4.-7.5.2014) keskmine</u>				
0-10	40,0	40,9	39,8	36,9
10-20	37,2	37,2	36,3	35,4
20-40	54,2	45,9	47,0	46,0
40-60	28,0	32,0	27,0	31,0
0-20	77,2	78,1	76,1	72,3
20-60	82,2	77,9	74,0	77,0

Nitraatlämmastik N₀₃-N



Väetusvariandid (vasakult): 1 - lutsern 'Derby' VS-ita, 2- lutsern 'Derby' VS-iga, 3 -lutsern 'Karlu' D-ta, 4 - lutsern 'Karlu' D-ga

Joonis 1. Nitraatlämmastiku (NO₃-N) varu muutumine mullakihiti sõltuvalt vedelsõnniku (VS) ja biogaasijaama digestaadi (D) andmisest lutsernitaimikule vegetatsiooniväliselt

3.5. Majandusliku hinnangu andmine rohusöötade tootmisele

Metoodika

Majandusliku hinnangu andmisel rohumaasegudele (*katse 1*) on kalkuleeritud tootmiskulud toodangu naturaaluühiku ja toodangu kuivaineühiku kohta kahel tehnoloogilisel etapil: kasvava rohu ja hoidlasse viidud närvutatud rohumassi kohta. Kasvava rohu kuivaine omahinda on arvestatud rohumaa rajamiskulud saagiaasta kohta ning saagiaasta väetamise kulud. Silo tegemiseks sobivatele segudele on arvutatud omahind hoidlasse viidud närvutatud rohumassile, mis sisaldab niitmise, vaalutamise, hekseldamise, transpordi ja sileerimise kulusid. Närvutatud rohu omahinna leidmisel on arvestatud kümneprotsendilise saagikaoga võrreldes katseandmetes esitatud saagitasemetega. Hoidlas sileerimise käigus tekkivat kuivaine kadu kuluarvestuses arvesse võetud ei ole.

Katseaastatel kasutatud sisendite (väetised, kütus, silokonservant jm) hinnad ning masinatööde kulud, mis on vastavuses suurtootmise tehnoloogiaga, on koondaruandes esitatud 2014.a hinnatasemel, et elimineerida hinnangute andmisel aastaste hinnakõikumiste mõju tulemustele.

Rohumaasegude kasutusaastate kuluarvestuses kajastatakse vastavalt katsevariandile kas mineraal- või orgaanilise väetise maksumus, väetise laadimise, transpordi ja laotuskulud, samuti rohumassi koristamise ja sileerimise kulud. Veise vedelsõnniku ja veise vedelsõnniku digestaadi käitluskulude arvestamisel võeti masinatööde kuludes katsete 1 ja 2 puhul aluseks lohisvooliklaoturi kasutamine.

Veise-VS ja veise-VS digestaadi väärtuse (*katsed 2 ja 3*) arvutamise aluseks on uuringus võetud veisevedelsõnniku raamatupidamislik väärtus. Nimetatud orgaaniliste väetiste arvestuslik väärtus on võrdlevate majanduslike hinnangute andmiseks leitud kasutatavate mineraalväetiste toiteelementide 2014. aasta keskmiste hinnatasemete alusel.

Masinatööde kulukalkulatsioonide koostamisel saagikoristusele (hekseldamine, vedu hoidlasse, tallamine) on masinate komplektid valitud sõltuvalt ühe niite saagi mahust. Näiteks kui niite saak on alla 5 tonni hektari kohta (närvutatud rohuna) on kasutusel üks veok, suuremate saagikoguste korral on arvestatud kahe vedava masinaga. Kui kasutusele võetakse kolmas vedaja, väheneb tootlikkus keskmiselt ühe vedaja kohta, mistõttu vedamiskulud toodanguühiku kohta suurenevad, kuid lühem koristusaeg tagab kvaliteetsema silo.

Tulemused

Majanduslik hinnang katse 1 rohumaasegudele ja veise-vedelsõnniku kasutamisele

Majandusliku hinnangu andmisel tootmisele on üheks kriteeriumiks tootmiskulude tase toodangu ühiku kohta ehk (tootmis)omahind. Katse 1 kohta on tulemused tabelites 28 ja 29 välja toodud kasvava rohu ning hoidlasse viidud ja sileeritud närvutatud rohu omahinna kohta. Segude kohta, millest Eestis silo tavaliselt ei tehta (var 6, 7) ei ole ka kalkuleeritud hoidlasse viidud närvutatud rohu omahinda, kuid võrdluste tegemiseks on esitatud kasvava rohu omahind. Tabelis 28 on toodud rohumaasegude tootmiskulud toodanguühiku kohta kõigi katseaastate kohta eraldi ning perioodi 2011-2014 keskmisena. Taimiku kasutuskestus sellel kasvupinnal oli seitse aastat, millest tulenevalt on rohumaa rajamiskulud jagatud seitsmele saagiaastale (sh rajamisaasta saagile).

Toodanguühiku kohta tehtud kulude alusel eristub aasta 2012, kus kõrge saagitaseme tõttu kujunevad omahinnad püsivalt toodanguühiku kohta madalamaks võrreldes teiste vaadeldavate aastate näitajatega. Stabiilsemalt kõrgemate saakide ning madalamate omahinna tasemetega on läbi vaadeldud perioodi olnud lutsernisordid 'Derby' ja 'Karlu' (joonised 2 ja 3). Tootmiskulud närvutatud rohu toodanguühiku kohta perioodi keskmisena (tabel 28) on sordil 'Derby' (var 5) 19,24 €/t, sordil 'Karlu' (var 10) 20,36 €/t.

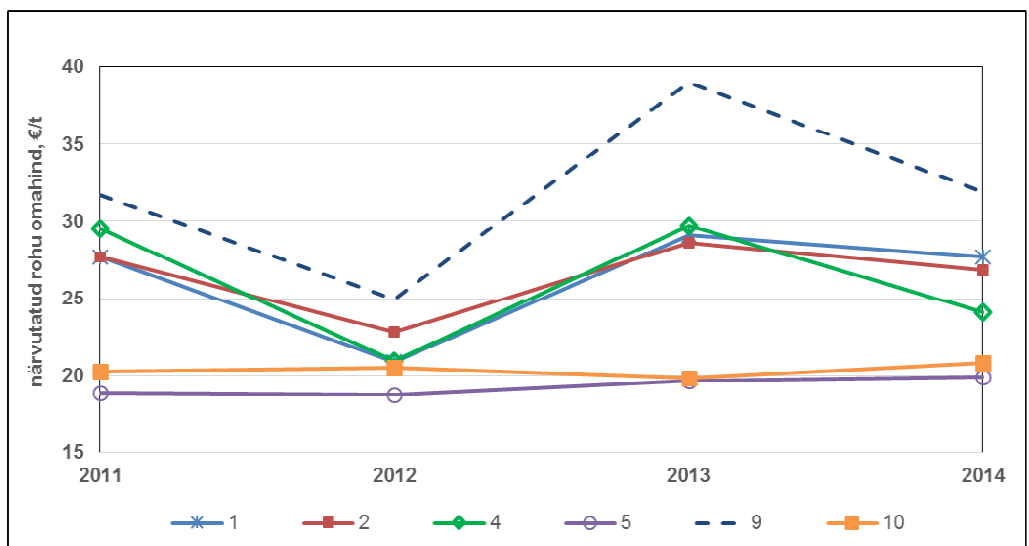
Üle vaadeldud aastate ja perioodi keskmisena on kulud toodanguühiku kohta kõrgeimad olnud põld-raiheina ja punase ristiku segul (var 9). Selle segu närvutatud rohu kõrge omahind kõigil vaadeldud aastatel (joonis 2) ja perioodi keskmisena (31,88 €/t), on ilmselt põhjustatud asjaolust, et analüüs hõlmab rohumaa 4.-7. kasutusaastat, mil taimik on juba vananemas. Võrreldes teiste variantidega tuleb majanduslikus mõttes ebasobivaks pidada ka varianti 11b, kus kasutati veise-vedelsõnnikut aru-raiheina puhaskülville.

Tabel 28. Kasvava rohu omahind (€/t) ja närvutatudrohu omahind hoidlas¹ (€/t) katse 1 rohumaasegude variantides 2011. – 2014.a

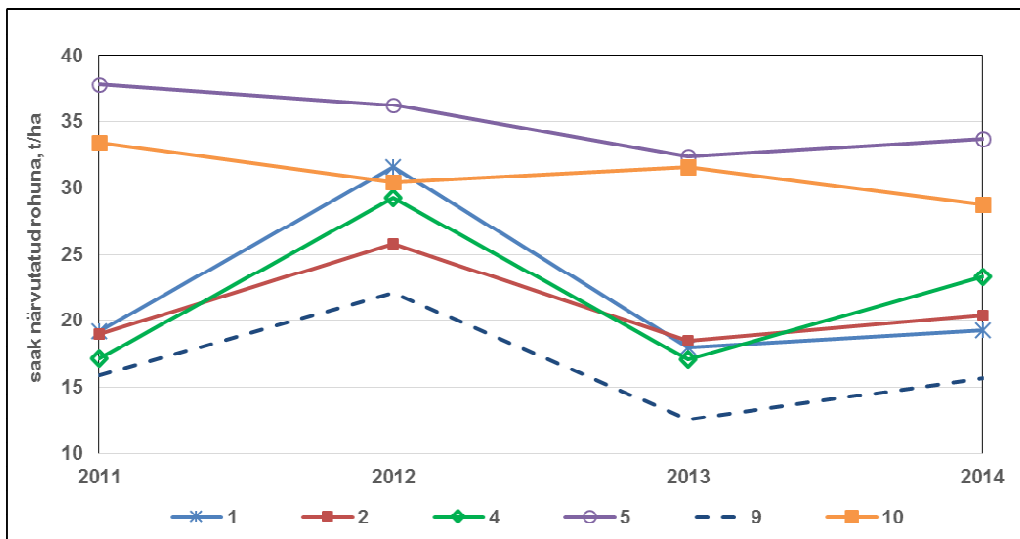
Segu nr 2	2011		2012		2013		2014		2011-2014	
	Kasvava rohu omahind (€/t)	Närvutatud rohu omahind hoidlas (€/t)	Kasvava rohu omahind (€/t)	Närvutatud rohu omahind hoidlas (€/t)	Kasvava rohu omahind (€/t)	Närvutatud rohu omahind hoidlas (€/t)	Kasvava rohu omahind (€/t)	Närvutatud rohu omahind hoidlas (€/t)	Kasvava rohu omahind (€/t)	Närvutatud rohu omahind hoidlas (€/t)
1	6,89	27,69	4,20	20,88	7,36	29,09	6,87	27,66	6,33	26,33
2	6,98	27,67	5,14	22,84	7,17	28,61	6,49	26,86	6,44	26,49
3a	4,41	21,04	3,69	19,03	5,28	23,57	5,69	24,84	4,77	22,12
3b	8,65	29,81	4,43	12,56	6,20	24,22	6,29	25,11	6,39	22,93
4	7,54	29,53	4,42	20,91	7,55	29,71	5,55	24,09	6,27	26,06
5	3,53	18,87	3,68	18,72	4,12	19,63	3,96	19,87	3,82	19,27
6	10,01	-	5,36	-	8,30	-	8,46	-	8,03	-
7	8,37	-	4,75	-	8,67	-	8,16	-	7,49	-
8a	1,20	18,52	0,90	15,50	1,29	19,07	1,59	22,48	1,24	18,89
8b	7,20	28,77	3,83	20,17	8,78	33,00	6,13	26,29	6,49	27,06
9	8,11	31,71	5,83	24,94	10,29	39,01	8,23	31,87	8,11	31,88
10	3,90	20,28	4,28	20,50	4,13	19,84	4,53	20,83	4,21	20,36
11a	6,33	27,08	4,71	22,36	7,14	29,55	6,14	26,77	6,08	26,44
11b	10,25	34,00	5,00	22,07	9,35	32,91	7,50	28,69	8,03	29,42
12a	1,50	20,90	0,93	15,71	1,25	18,26	1,23	18,79	1,23	18,41
12b	7,80	30,85	4,06	20,40	6,06	25,20	4,55	21,71	5,62	24,54

¹ arvestatud on 10% saagikadu

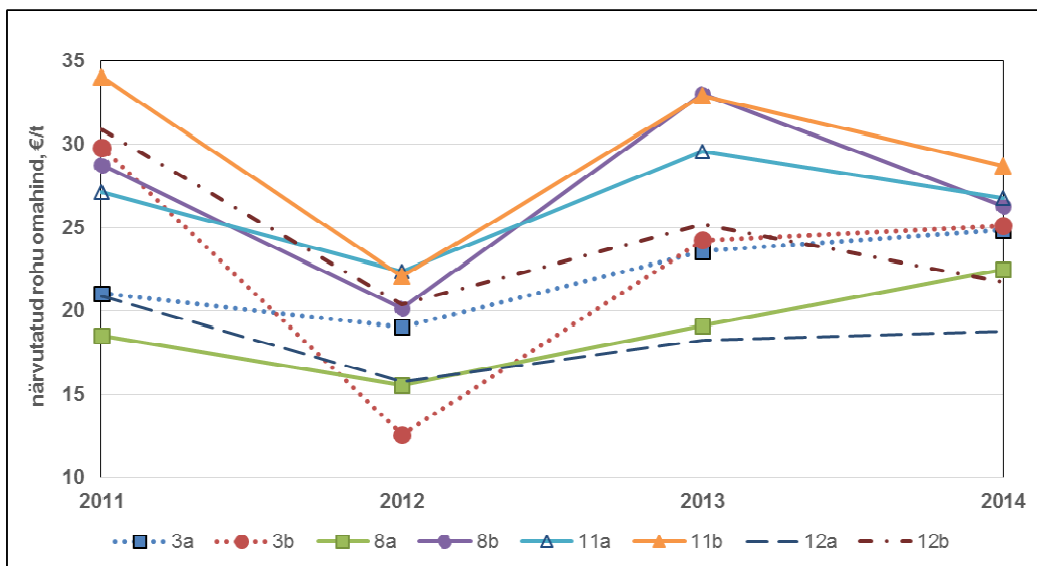
² seemnesegu liigiline koosseis ja väetamine vt. tabelid 4-8



Joonis 2. Rohumaasegude 1, 2, 4, 5, 9, 10 närvutatud rohu omahind hoidlas (€/t)



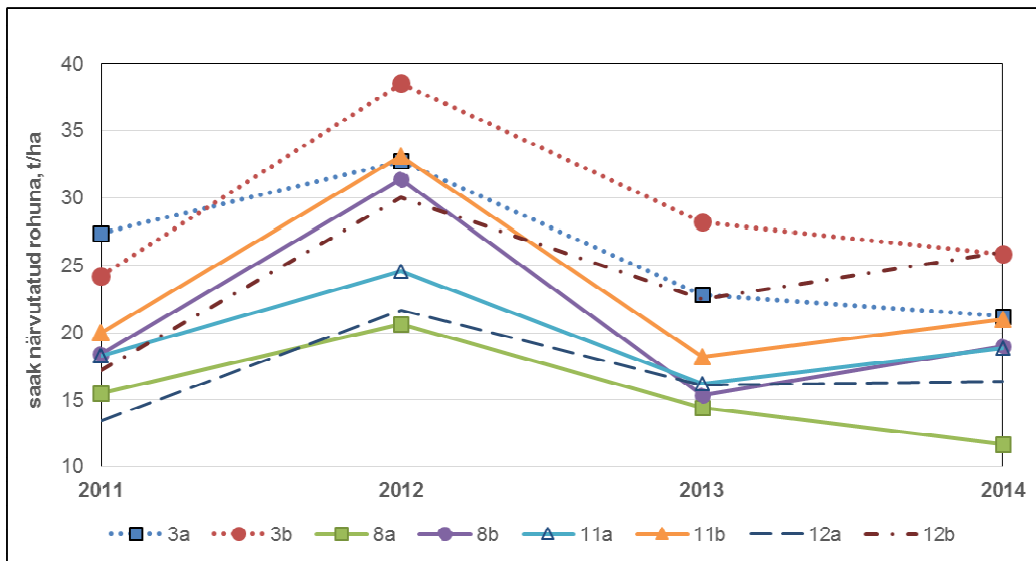
Joonis 3. Rohumaasegude 1, 2, 4, 5, 9, 10 saagitase närvutatud rohuna (t/ha)



Joonis 4. Rohumaasegude (paarisvariandid 3a, 3b, 8a, 8b, 11a, 11b, 12a, 12b) närvutatud rohu omahind hoidlas (€/t)

Karjatamiseks sobivate segude (var 6 ja 7) puhul on kasvava rohu omahinnad (tabel 28) kõigil katseaastatel küllalt kõrged ning perioodi keskmisena võrreldaval tasemel variantide 9 ja 11b kasvava rohu omahindadega.

Katse 1 teiseks eesmärgiks oli analüüsida veise-vedelsõnniku kasutamise efekti erinevatel rohumaasegudel (variandid 3a, 3b; 8a, 8b; 11a, 11b; 12a, 12b). Nimetatud paarisvariantide närvutatud rohu omahindasid ja saagitasemeid iseloomustavad andmed on toodud joonistel 4 ja 5.



Joonis 5. Rohumaasegude (paarisvariandid 3a, 3b, 8a, 8b, 11a, 11b, 12a, 12b) saagitase närvutatud rohuna (t/ha)

Perioodi keskmisena ja enamusel vaadeldavatel aastatel on variandid 8a ja 12a madala omahinna tasemega (tabel 28) nii kasvava rohu (vastavalt 1,24 €/t ja 1,23 €/t) kui närvutatud ja sileeritud rohu toodangühiku kohta (vastavalt 18,89 €/t ja 18,41 €/t). Madal omahind tuleneb väetamiskulude puudumisest, sest nendele segudele kõrge liblikõieliste osakaalu tõttu väetisi katses ei antud. Läga kasutamine suurendab kulusid, mis väljendub mineraalväetisi saanud a-variantidega võrreldes närvutatud rohu omahinna 43%-lises tõusus variandi 8b puhul (omahind 27,06 €/t) ja 33%-lises tõusus variandi 12b puhul (omahind 24,54 €/t), katseperioodi keskmisena.

Vedelsõnnikut saanud ala saagitase kõrreliste rohumaal variandis 3b on perioodi keskmisena olnud 12% kõrgem kui variandis 3a (N-180), kasvava rohu omahind samal ajal 34% kõrgem, sileeritud närvutatud rohu omahind 3,7% kõrgem. Sarnase väetamisskeemiga kõrrelise variantides 11a ja 11b (aru-raihein 'Barfest') on vedelsõnnikuga väetatud variandi saagitase 18% kõrgem, kasvava rohu omahind 32%, närvutatud rohu omahind 11,3% kõrgem kui mineraalse lämmastikuga väetatud alal. Tulemused on saadud olukorras, kus mõnede mineraalväetiste hinnad on püsinud stabiilselt mõõdukal tasemel.

Tabelis 29 on esitatud rohumaasegude tootmiskulud toodangu kuivaine ühiku kohta kõigi katseaastate kohta eraldi ning perioodi 2011-2014 keskmisena. Kuivaine maksumus on loomakasvatajatele oluline söödaratsioonide osas valiku tegemisel.

Tabeli 29 andmete põhjal tehtavad järeldused ühtivad tabelis 28 ja joonistel 2 - 5 tooduga, st madalaim närvutatud ja sileeritud rohu kuivaine tonni omahind on lutsernil 'Derby' (55,06 €/t, var 5) ja kõrgeimpõld-raiheina ja punase ristiku segul (91,10 €/t, var 9)

Katsetulemustele hinnangu andmisel tuleb arvestada asjaoluga, et veise-vedelsõnnikuga väetamisel anti hektari kohta fosforit kuni 54 kg. Kuna vastavalt veeseaduse muudatusele piiratakse fosfori andmist, kujunevad ka orgaanilise väetise normid hektari kohta madalamaks, mistõttu enamsaak jääb väiksemaks, suureneb toodangu omahind ning edukamaks osutuvad rohumaasegud, kus on rohkem liblikõielisi. Alternatiivina tuleb kõrreliste segudele lisaks vedelväetisele anda osa lämmastikust mineraalväetistega.

KATSE 2: Kohalike vedelväetiste kasutamise majanduslik efektiivsus kõrreliste rohumaal

Katses 2 on võrreldud erinevate väetiste efekti kõrreliste rohumaal saagile ja tootmiskuludele aastatel 2012-2014. Mineraalväetisega, veise-vedelsõnnikuga ja veise vedelsõnniku digestaadiga variantide kohta on esitatud enamsaagi saamiseks tehtud kulud närbsilo enamsaagi 1 tonni kohta võrreldes väetamata variandiga (tabelid 30 ja 30 järg). Real „väetiste hind“ on tabelites toodud

ammooniumsalpeetri ostuhind ja orgaaniliste väetiste puhul nende arvestuslik maksumus toiteelementide sisalduse alusel.

Tabel 29. Kasvava rohu kuivaine omahind (€/t) ja närvutatud rohu kuivaine omahind hoidlas¹ (€/t) katse 1 rohumaasegude variantides 2011. – 2014.a

Segu nr. ²	2011		2012		2013		2014		2011-2014	
	Kasvava rohu KA omahind (€/t)	Närvutatud rohu KA omahind (€/t)	Kasvava rohu KA omahind (€/t)	Närvutatud rohu KA omahind (€/t)	Kasvava rohu KA omahind (€/t)	Närvutatud rohu KA omahind (€/t)	Kasvava rohu KA omahind (€/t)	Närvutatud rohu KA omahind (€/t)	Kasvava rohu KA omahind (€/t)	Närvutatud rohu KA omahind (€/t)
1	34,45	79,12	21,00	59,66	36,81	83,11	34,36	79,04	31,66	75,23
2	34,88	79,05	25,69	65,26	35,85	81,75	32,46	76,73	32,22	75,70
3a	22,05	60,11	18,45	54,38	26,42	67,33	28,43	70,97	23,84	63,20
3b	43,24	85,17	22,14	35,89	31,00	69,19	31,47	71,75	31,96	65,50
4	37,72	84,38	22,11	59,74	37,77	84,89	27,73	68,83	31,33	74,46
5	17,63	53,92	18,40	53,48	20,62	56,08	19,79	56,76	19,11	55,06
6	50,04	-	26,81	-	41,52	-	42,29	-	40,17	-
7	41,83	-	23,76	-	43,34	-	40,81	-	37,44	-
8a	5,99	52,91	4,50	44,29	6,43	54,49	7,93	64,22	6,21	53,98
8b	36,02	82,21	19,15	57,62	43,92	94,28	30,66	75,11	32,44	77,31
9	40,54	90,61	29,13	71,27	51,44	111,44	41,14	91,07	40,56	91,10
10	19,50	57,93	21,39	58,57	20,64	56,68	22,67	59,51	21,05	58,17
11a	31,67	77,38	23,55	63,87	35,69	84,43	30,72	76,50	30,41	75,54
11b	51,24	97,14	25,01	63,06	46,75	94,04	37,52	81,97	40,13	84,05
12a	7,51	59,72	4,65	44,90	6,25	52,16	6,16	53,68	6,14	52,61
12b	39,02	88,13	20,31	58,29	30,32	72,01	22,75	62,02	28,10	70,11

¹ arvestatud on 10% saagikadu ² seemneseгу liigiline koostis ja väetamine vt. tabelid 4-8

Kulude arvestuste aluseks on võetud selline põllutöömasinate valik, tootlikkus ja aastane töömaht, et see vastaks sellise suurusgrupi ettevõtetele, kus kasutatakse vedelsõnniku käitlemiseks sobivat laudatehnoloogiat ning kõne alla võiks tulla biogaasijaama olemasolu või rajamine.

Katses kasutatud veise-VS digestaadi toiteelementide sisaldus oli kahel aastal (2013. ja 2014.a) kõrgem kui veise-vedelsõnnikus, samuti oli kõrgem komponentide hinna alusel arvatud digestaadi maksumus (tabelid 30 ja 30 järg). Erandiks oli aasta 2012, kui digestaadi kuivaine- ning toitainetesisaldused olid läga omast väiksemad.

Orgaaniliste väetistega väetatud ala enamsaagid närbsilona on perioodi keskmisena väetamata taimikuga võrreldes vastavalt 10,4 t/ha ja 11,8 t/ha (tabel 30 järg). Keskmist enamsaaki kujundasid kõrge lämmastiku foon 2012.aastal ja 2013. a põuane suvi. Ammooniumsalpeetriga väetatud ala enamsaak närbsilona oli perioodi keskmisena 4,94 t/ha.

Kõigi katseaastate jooksul on kulud enamsaagile kokku hektari kohta (€/ha) olnud orgaanilise väetisega väetatud variantides kõrgemad kui mineraalväetisega väetamisel. Perioodide keskmisena, kui kulud enamsaagile hektari kohta olid mineraalväetisega väetamisel 316,39 eurot, on kulud enamsaagile ha kohta veise-VS digestaadiga väetatud variandis 40,7% ja vedelsõnnikuga variandis 48,5% kõrgemad, olles vastavalt 445,08 eurot ja 469,90 eurot.

Kulud enamsaagi tonni kohta (€/t) jäid orgaanilistevedelväetiste kasutamisel perioodi keskmisena vastavalt 21,23 € (33%) ja 24,33 € (38%) võrra tonni kohta madalamaks kui ammooniumsalpeetriga väetatud variandis, kus kulud silo enamsaagile olid 64,03 €/t.

Soodsate ilmastikutingimustega 2014.aastal oli enamsaak orgaaniliste väetistega väetamisel küll kõrge, kuid võrreldes mineraalväetist saanud taimikuga olid kõrgemad ka enamsaagile tehtud kulud hektari kohta ning orgaaniliste väetiste efekt kuludele toodanguühiku kohta jäi suhteliselt väiksemaks.

Tabel 30. Enamsaagi kulud erinevate väetiste kasutamisel kõrreliste rohumaale 2012. – 2014.a , €/ha ja €/t (katse 2)

	2012				2013			
	Väetamata taimik	Ammoonium-salpeeter (N 34%)	Veisevedelsõnniku digestaat	Veisevedelsõnnik	Väetamata taimik	Ammoonium-salpeeter (N 34%)	Veisevedelsõnniku digestaat	Veisevedelsõnnik
Väetise kogus, t/ha	0	0,528	57,3	67,1	0	0,528	71,8	76,0
Väetise hind ¹ , €/t	0	300,00	0,8769	0,9500	0	300,00	1,1374	0,950
Kogusaak närbsilona ² , t/ha	21,49	25,03	30,26	33,17	13,43	15,77	18,40	20,23
Enamsaak närbsilona, t/ha	0	3,54	8,77	11,68	0	2,34	4,97	6,80
Väetamise ja enamsaagi koristamise ning sileerimise kulud, €/ha:								
Väetise kulud, €/ha	0	158,40	50,25	63,75	0	158,40	81,67	72,20
Masinatööd väetamisel, €/ha	0	28,39	180,08	200,03	0	28,39	208,41	216,37
Enamsaagi koristus- ja sileerimiskulud ³ , €/ha	0	187,86	243,80	271,95	0	138,08	155,81	176,09
Kulud enamsaagile kokku, €/ha	0	374,65	474,13	535,72	0	324,87	445,89	464,66
Kulud enamsaagile, €/t silo kohta	0	105,83	54,06	45,87	0	138,83	89,72	68,33
ME ⁴ enamsaagist, MJ	0	11226	27742	36490	0	7968	17403	21648
Kulud ME enamsaagile, €/100 MJ	0	3,337	1,709	1,468	0	4,077	2,562	2,146

¹ ammooniumsalpeetri ostuhind, orgaaniliste väetiste arvestuslik maksumus; ² Kuivainesisaldus 35%; ³ Materjalikulu (konservant, kile) ja masinatööd enamsaagi koristamisel; ⁴ ME - metabooliseeruv energia

Ka katse 2 andmete majandusliku analüüsi tulemusel võib välja tuua kohalike orgaaniliste väetiste kulueelise mineraalse lämmastiku kasutamise ees kõrreliste rohumaal (aasnurmikas ja punane aruhein). Tulemuste interpreteerimisel tuleb silmas pidada kasutatud ammooniumsalpeetri suhteliselt madalat hinda ehk kui mineraalväetiste hinnad tõusevad, suureneb orgaaniliste väetiste kulueelis veelgi.

Veise vedelsõnniku ja veise vedelsõnniku digestaadi kulud enamsaagi tonni kohta erinevad perioodi keskmiselt 7%. Kahel katseaastal kolmest ei erinenud nende väetiste enamsaagid usutavalt, seega on läga ja digestaadi lähedase koostise korral efekt sarnane. Digestaadi kasutamise efektiivsus võrreldes lägaga tuleks uurida pikema perioodi jooksul kui konkreetse katse kestuseks olnud kolm aastat ning võrrelda ka efekti erinevatel rohumaasegudel.

Vedelsõnniku ja digestaadi õiglase hinna alused

Nii nagu veise- ja sealäga on loomakasvatuse kõrvaltoodanguks, on digestaadi puhul tegemist biogaasi tootmise kõrvalsaadusega. Kõrvaltoodangule ei arvutata omahinda, vaid see võetakse arvele ligikaudses/hinnangulises turuväärtuses. Kui toodanguliigil aktiivne turg puudub, võetakse õiglase väärtuse määramise aluseks sarnaste varade turuhind, mida on korrigeeritud olemasolevate erinevuste mõjuga (Vooro, 2011).

Katsete kulude kalkuleerimisel on orgaaniliste väetiste maksumuseks võetud praktikas kasutatav hinnanguline veise-vedelsõnniku väärtus. Orgaaniliste väetiste (sh läga) arvele võtmise korras ja

raamatupidamisliku väärtuse kajastamises on ettevõtete vahel suured erinevused, mistõttu selle hinnanguline väärtus varieerub nullist kuni mõne euroni tonni kohta. Käesoleva uuringu läbiviijate arvates on põhjendatud orgaanilise väetise võrreldava väärtuse leidmine läbi toiteelementide maksumuse, lähtudes eelkõige väetise väärtusest toiteelementide allikana.

Tabel 30 järg Enamsaagi kulud erinevate väetiste kasutamisel kõrreliste rohumaale 2012. – 2014.a , €/ha ja €/t (katse 2)

	2014				2012-2014 keskmine			
	Väetamata taimik	Ammoonium-salpeeter (N 34%)	Veisevedel-sõnniku digestaat	Veisevedel-sõnnik	Väetamata taimik	Ammoonium-salpeeter (N 34%)	Veisevedel-sõnniku digestaat	Veisevedel-sõnnik
Väetise kogus, t/ha	0	0,528	68,2	68,3	0	0,528	65,8	70,5
Väetise hind ¹ , €/t	0	300,00	0,9626	0,950	0	300,00	1,001	0,950
Kogusaak närbsilona ² , t /ha	14,54	23,49	32,00	31,57	16,5	21,4	26,9	28,3
Enamsaak närbsilona, t /ha	0	8,94	17,46	17,03	0	4,94	10,40	11,84
Väetamise ja enamsaagi koristamise ning sileerimise kulud, €/ha:								
Väetise kulud, €/ha	0	158,40	65,65	64,89	0	158,40	65,86	66,94
Masinatööd väetamisel, €/ha	0	28,39	201,87	203,73	0	28,39	196,79	206,71
Enamsaagi koristus- ja sileerimiskulud ³ , €/ha	0	62,87	147,70	140,71	0	129,60	182,44	196,25
Kulud enamsaagile kokku, €/ha	0	249,66	415,23	409,32	0	316,39	445,08	469,90
Kulud enamsaagile, €/t silo kohta	0	27,92	23,79	24,04	0	64,03	42,80	39,70
ME ⁴ enamsaagist, MJ	0	30327	59748	55958	0	16507	34965	38032
Kulud ME enamsaagile, €/100 MJ	0	0,823	0,695	0,731	0	1,917	1,273	1,236

¹ ammooniumsalpeetri ostuhind, orgaaniliste väetiste arvestuslik maksumus; ² Kuivainesisaldus 35%; ³ Materjalikulu (konservant, kile) ja masinatööd enamsaagi koristamisel; ⁴ ME - metaboliseeruv energia

Tabel 31. Orgaaniliste väetiste arvestusliku väärtuse mõju katse 2 enamsaagi kuludele 2012. – 2014.a keskmistel andmetel, €/ha ja €/t

	Väetamata taimik	Ammoonium-salpeeter (N 34%)	Veisevedel-sõnniku digestaat	Veisevedel-sõnnik
Väetise kogus, t/ha	0	0,528	65,8	70,5
Väetise hind ¹ , €/t	0	300,00	8,52	8,14
Kogusaak närbsilona ² , t /ha	16,5	21,4	26,9	28,3
Enamsaak närbsilona, t /ha	0	4,94	10,40	11,84
Väetamise ja enamsaagi koristamise ning sileerimise kulud, €/ha:				
Väetise kulud, €/ha	0	158,40	560,62	573,44
Masinatööd väetamisel, €/ha	0	28,39	196,79	206,71
Enamsaagi koristus- ja sileerimiskulud ³ , €/ha	0	129,60	182,44	196,25
Kulud enamsaagile kokku, €/ha	0	316,39	939,85	976,40
Kulud enamsaagile, €/t silo kohta	0	64,03	90,38	82,49
ME ⁴ enamsaagist, MJ	0	16507	34964,67	38031,90
Kulud ME enamsaagile, €/100 MJ	0	1,917	2,688	2,567

¹ ammooniumsalpeetri ostuhind, orgaaniliste väetiste arvestuslik maksumus; ² Kuivainesisaldus 35%; ³ Materjalikulu (konservant, kile) ja masinatööd enamsaagi koristamisel; ⁴ ME - metaboliseeruv energia

Sarnast lähenemist on kasutatud ka teiste autorite poolt. Näiteks mitmetes Eesti (Kattetulu, 2000; Tamm, Vettik, 2011) ning teiste riikide (Massey 2007; Leibold, Olsen 2007) allikates on välja toodud nii tahke kui vedelsõnniku väärtuse leidmise võimalus lähtuvalt põhitoiteelementide (NPK) sisaldusest samas ettevõttes kasutatavate mineraalväetiste toiteelementide maksumuse alusel. Selliselt kujuneks *katses 2* kasutatud veiseläga arvestuslik väärtus olenevalt elementide sisaldusest aastatel 2012-2014 vahemikus 7,70€/t – 8,53€/t, veise-VS digestaadi väärtus 8,14 €/t – 9,13 €/t, vähes aluseks uuringus kasutatud mineraalväetiste hinnad 2014.aastal.

Katseperioodi (2012.-2014.a) keskmiste toiteelementide sisalduste alusel arvatud orgaaniliste väetiste maksumus (tabel 31) suurendab kulusid enamsaagi tonni kohta võrreldes tabelis 30 (järg) toodud andmetega rohkem kui kahekordseks

Käesoleva uuringu autorite hinnangul tuleb lisaks väetise maksumusele arvesse võtta ka väetise käitlemise kulu, mis on orgaaniliste väetiste kasutamisel oluliselt kõrgem kui mineraalväetiste puhul. Seega tuleb orgaaniliste väetistega väetamisel arvestada alternatiivkulusid, st taimede vajaliku koguse toiteelementidega varustamiseks vajalike mineraalväetiste maksumust, käitlemise ja mulda viimise kulusid. Sellise lähenemise korral mõjutab läga ja digestaadi õiglast hinnataset ka vedelväetise muldaviimise kulu, mis sõltub lisaks väetise laotusnormile veokaugusest, kasutatud tehnikast ja masinate koosseisust, kütuse hinnast jt teguritest. Sellist lähenemist on digestaadi väärtuse arvutamiseks kasutatud 2013.a Läti Põllumajandusülikoolis kaitstud biogaasi tootmisvõimalusi käsitlevas doktoritöös (Naglis-Liepa, 2013).

KATSE 3: Kohalike vedelväetiste kasutamise majanduslik efektiivsus tootmiskatses

Katse 3 puhul on välja toodud tootmiskulud 1 tonni närbsilo kohta 2014.aastal, arvestades rohumaa nelja-aastase kasutuskestusega ning kümneprotsendilise kaoga võrreldes katsetehnikaga koristatud saagiga (tabel 32). Selle katse puhul viidi veiseläga ja digestaat mulda avalõhe-sisestuslaoturiga, laotuskulude aluseks on võetud teenustööde hind laotusel ning läga segamisel. Konkreetse katsepõllu asukoht Tartumaal Ilmatsalus on hoidlale lähemal kui 1 km, mistõttu läga etteveo kuludega ei ole arvestatud.

Kõrgest kontrollvariandi saagitasemest tulenevalt (25,92 t/ha närbsilona) ei erinenud väetusvariantide saagitasemed kontrollvariandist usutaval määral, kuid saagiefekt närbsilona jäi orgaaniliste vedelväetiste kasutamisel siiski ca 2 t/ha madalamaks kui mineraalväetiste kasutamisel.

Tootmiskulud hektari kohta olid suurimad orgaaniliste väetiste kasutamisel, mis tulenes väetise laotamise ja saagikoristuse kuludest. Kõrgeimad tootmiskulud toodanguühikule olid vedelsõnnikuga väetatud variandis (20,3 €/t), järgnes digestaadiga väetatud ala (19,96 €/t), mille omahind oli 17,9 % kõrgem kui mineraalväetistega väetatud variandis (16,93 €/t). Kontrollvariandi kõrge saagitaseme ja madala omahinna (14,16 €/t) üheks põhjuseks oli punase ristiku domineeriv osakaal taimikus (60-70%) ja tema poolt sümbiootiliselt seotud õhulämmastiku suur kogus. Katse üheaastase kestuse tõttu ei ole võimalik kindlaid järeldusi veise-vedelsõnniku digestaadi ja vedelsõnniku võrdluses välja tuua, väljendunud erinevused saagitasemes ja omahinnas olid väheolulised.

Kokkuvõte ja järeldused

Kohalike orgaaniliste vedelväetiste kasutamise agronoomiline ja majanduslik efekt rohumaaadel sõltub olulisel määral rohumaaasegu liigilisest koosseisust. Ristikut rohkesti (üle 45%) sisaldavate segude puhul jäi enamsaak orgaaniliste väetiste kasutamisel kontrollvariandi saagitasemest kas madalamaks (*katse 3*) või ei olnud saagiefekt piisav, et katta väetamisele tehtud lisakulutusi (*katse 1*).

Lisaks rajamisaegsele väetamisele tuleb arvestada PK-väetiste kasvuage andmise vajadusega liblikõieliste segudele – sellisel juhul asendab orgaaniline väetis mineraalväetise ostmiseks tehtavaid kulutusi. Senise tootmispraktika põhjal on teada, et PK väetistega ei väetata rohumaid igal aastal. Seega võib väita, et

ekstensivsel tootmisel või piiratud rahaliste võimaluste korral, kus eesmärgiks ei ole võimalikult kõrge saak ja metaboliseeruva energia toodang hektari kohta, on punase ristiku ja põldtimuti segu (var 8) ning punase ristiku ja aru-raiheina segu (var 12) PK-väetist andmata kuluefektiivne valik.

Tabel 32. Silo tootmiskulud veise-vedelsõnniku, digestaadi ja mineraalväetise kasutamisel Ilmatsalu tootmiskatses 2014.a.

	Väetamata taimik	NP-mineraalväetis	Digestaat	Vedelsõnnik
Väetise kogus, t/ha	0	0,240	28,8	30,0
Väetise hind ¹ , €/t	0	260,00	0,945	0,950
Kogusaak närbsilona ² , t/ha	25,92	26,56	24,53	24,20
Enamsaak närbsilona, t/ha	0	0,64	-1,39	-1,72
Väetamise, saagikoristuse ja sileerimise kulud, €/ha:				
Väetisekulud, €/ha	0	62,40	27,22	28,50
Masinatööd väetamisel, €/ha	0	10,19	106,27	110,70
Rajamiskulud kasutusaastale, €/ha	43,78	43,78	43,78	43,78
Saagikoristuse ja sileerimise kulud kasutusaastal, €/ha	323,17	333,33	312,41	309,51
Kulud kokku, €/ha	366,95	449,70	489,69	492,49
Kulud närbsilo tonni kohta, €/t	14,16	16,93	19,96	20,35
ME ³ saagist, MJ	88599	89244	82857	81741
Kulud ME saagile, €/100 MJ	0,414	0,504	0,591	0,603

¹ ammoniumsalpeetri ostuhind, orgaaniliste väetiste arvestuslik maksumus; ² 10% saagikaoga; kuivainesisaldus 35%; ⁴ ME - metaboliseeruv energia; arvestades 10% saagikaoga

Eelmainitud ristiku-kõrrelise segudega võrreldes oli toodangu omahind katseaastate keskmisena sarnasel tasemel (kuni 5% kõrgem) Hollandi lutsernisordil 'Derby' ja kuni 10% kõrgem Eesti lutsernisordil 'Karlu', kuhu katseperioodil anti igal aastal ka mineraalväetisi (P35K100). Seega võib piiratud maaressursi korral, kui lutserni seeme on kättesaadav ja sobiva hinnaga, soovitada praktikas rohkem kasvatada neid lutsernisorte.

Kõrreliste segude puhul avaldub katse 1 andmetel veiseläga kasutamise positiivne efekt selles, et sileeritud närvutatud rohu omahind kujuneb läga kasutamisel suhteliselt lähedaseks või pisut kõrgemaks kui mineraalse lämmastiku N180 kasutamisel (variant 3b, segus harilik aruhein, roog-aruhein ja põldtimut).

Digestaadi ja veiseläga kasutamine kõrreliste rohumaale katsetes 2 suurendas hektari kohta saadud enamsaaki oluliselt enam kui mineraalse lämmastiku kasutamine. Enamsaak närbsilona oli perioodi keskmisena veise-vedelsõnniku kasutamisel 11,84 t/ha, VS-digestaadi kasutamisel 10,40 t/ha ning ammoniumsalpeetri kasutamisel vaid 4,94 t/ha. Kulud enamsaagi tonni kohta (€/t) jäid orgaaniliste vedelväetiste kasutamisel katseperioodi keskmisena vastavalt 21,23 € (33%) ja 24,33 € (38%) võrra tonni kohta madalamaks kui ammoniumsalpeetriga väetatud variandis, kus kulud silo enamsaagile olid 64,03 €/t. Seega tuleks praktikas kõrreliste rohumaal eelistada kohalikke orgaanilisi vedelväetisi mineraalse lämmastikuga väetamisele. Uuringutulemustele hinnangu andmisel tuleb arvesse võtta ka mõnede mineraalväetiste viimaste aastate suhteliselt mõõdukat hinnataset.

Uuringust selgus orgaaniliste väetistele õiglase väärtuse arvestamise vajadus, võttes sealjuures lisaks toiteelementide sisaldusele ja maksumusele arvesse ka orgaanilise väetise käitluskulude mõju väetamise kogumaksumusele. Seega tuleks vedelsõnnikule ja digestaadile hinna määramisel arvestada mitte ainult asjaoluga, et nendega väetamine võimaldab vähendada mineraalväetiste ostmiseks tehtavaid kulutusi, vaid ka orgaanilise väetise käitlemise ja muldaviimise kulusid.

Katses uuriti veise-vedelsõnniku digestaadi kasutamise efektiivsust kõrreliste rohumaal võrreldes veiseläga kolme aasta jooksul, tootmiskatse ristiku ja kõrreliste seguga rohumaal toimus vaid ühel aastal. Nimetatud aastate ilmastikutingimused erinesid üksteisest olulisel määral, rohumaal lämmastikufoon katsete alguses oli kõrge. Seega on hinnangu andmiseks digestaadi efekti kohta Eesti tingimustes võrreldes lägaga vajalik pikem periood ning uuringut tuleks jätkata. Digestaadi mõju saagi suurusele ja silo kvaliteedile tuleks võrrelda ka rohkematel rohumaasegudel.

4. Põhilised järeldused uurimistööst ja ettepanekud projekti tulemuste kasutamiseks praktikas

1. Katseaastate 2011-2014 kokkuvõttes olid Barenbrugis koostatud rohumaasegud võrdluskatses märksa produktiivsemad, ületades Eesti segusid kuivaine (KA) saagilt keskmiselt 28% (KA aastasaak vastavalt 9,78 ja 7,66 t/ha). Seejuures oli Barenbrugi segude kuivaine saagi jaotus niidete kaupa mõnevõrra ühtlasem põhiliselt kolmanda niite suurema osakaalu arvel (vastavalt 29 ja 23%).
Taimikute kuivaine saagi „pingerida” 2011-2014.a. keskmisena osutus järgmiseks: lutsern ‘Derby’ - 13,63 t/ha, lutsern ‘Karlu’ - 12,08 t/ha ja Barenbrugi kõrreliste segu (harilik aruhein, roog-aruhein, timut, aastast N180) – 10,13 t/ha. Eesti lutsernisort ‘Karlu’ konkureeris edukalt Barenbrugi sordiga ‘Derby’ nii taimikus püsivuse kui ka saagi suuruse poolest. ‘Derby’ ületas ‘Karlu’ KA saaki keskmiselt 13% põhiliselt suurema kolmanda niite arvel, esimese ja teise niite saagid olid neil sortidel praktiliselt võrdsed. Seejuures oli lutserni osakaal kuivainesaagis 2014.a. (s.o. 7. eluaastal) ‘Derbyl’ 93% ja ‘Karlul’ 88%.
2. Niiskel ja suhteliselt jahedal 2012.a. taimekasvuperioodil ilmnes nn. saagi kuivaine lahjenemise sündroom. Kuivaine saak kujunes küll oluliselt suuremaks kui teistel katseaastatel, kuid selles oli tunduvalt vähem proteiini (eriti 1. niites), sest jahe ja niiske ilm takistas proteiini sünteesi taimedes. Teiselt poolt soodustas madalam proteiinisisaldus ka nõrgalt närvutatud massi sileeruvust, sest suhe TP% kuivaines/kuivaine % rohus oli kõrrelistel ning liblikõieliste vähese või mõõduka sisaldusega (kuni 30%) segudel enamasti optimaalsetes piirides (katses 1 keskmiselt vastavalt 11,0%:24,0%=0,46).
3. Katseaastate jooksul suurenes kõikides vedelsõnnikuga väetatud 2008.a rajatud rohukamarates (katse 1) oluliselt rohundite ja vähenes liblikõieliste (punane ja valge ristik) osakaal, kuigi aastate lõikes esines selles osas kõikumisi.
4. Kergelt närvutatud rohu (kuivainet ca 25%) sileerimisel bioloogilise silokindlustuslisandiga on silo õnnestumiseks väga oluline lisaks tallamisele *tagada silovirna või -rulli võimalikult täielikum hermeetilisus*. Tugevasti närvutatud materjali (kuivainet ca 40%) sileerimisel saab nii kõrrelistest kui liblikõieliste-korreliste segudest hea silo ka ilma kindlustuslisandita (nagu oli väga kuival ja kuumal 2010. ja ka 2011.a.).
5. Vedelsõnniku efektiivsus vanematel taimikutel Eerikal (katse 1) oli suurem seal, kus rohundite ja liblikõieliste kaaluline osakaal rohusaagis oli väiksem, kuna sel juhul liblikõielised ei suutnud piisavalt siduda õhulämmastikku ja sellise taimiku saak jäi väikeseks võrreldes vedelsõnnikut saanud rohukamaraga.
6. Karjamaatüübilisel kõrreliste rohukamaral (põhiliigid aasnurmikas ja punane aruhein) andsid 2012-2014.a. keskmisena töötlemata vedelsõnnik (kuivainet keskmiselt 8,4%) ja biogaasi jaama digestaat (kuivainet 6,1%) statistiliselt võrdse suure enamsaagi võrreldes väetamata alaga – kuivainena vastavalt 4,16 ja 3,65 t/ha. Seejuures anti vedelsõnnikuga aastast NH₄-N 180 ja digestaadiga 181 kg/ha.
7. Tootmises limiteerib vedelsõnniku ja digestaadi kasutamist fosfori aastanormi piirang (Veeseadus muudatus alates 1.7.2014) – lubatud on anda aastast maksimaalselt P 25 kg/ha. Sel juhul on põhjendatud anda kõrreliste rohumaale lisaks vedelsõnnikule ja digestaadile ka lämmastik-mineraalväetist, et kokku tuleks taimede poolt omastatavat lämmastikku (N) 160-180 kg/ha aastast. Lämmastiku defitsiidi korral jääb kõrreliste saagipotentsiaal osaliselt kasutamata.
8. Ilmatsalu tootmiskatses oli teise eluaasta silorohumaa saagitase kõrge – kolme niitega saadi 9,4-10,3 t/ha kuivainet. Põhiosa kuivaine saagist andsid varane punane ristik (50-79 kaalu-%) ja karjamaa raihein (11-31%), timuti osakaal oli 3-18% ja harilikul aruheinal 2-12%. Kuna punane ristik sidus piisavalt õhulämmastikku, siis sõltumata väetamisest rohukamarates olulist N puudust ei olnud ning väetusvariandid (väetamata, NP, vedelsõnnik, digestaat) andsid lähedase suurusega saagi (erinevus ei olnud statistiliselt usutav).
9. Orgaanilise väetise vegetatsioonivälise laotamise uuringust selgus, et nii vedelsõnniku kui digestaadi pindmisel andmisel lutserni taimikule novembri algul (7.11.13) suurenes nitraatlämmastiku (NO₃-N) sisaldus ja varu mullas võrreldes väetamata alaga kõige enam 0-10 cm kihis, aga oluliselt ka 10-20 cm ja osalt 20-40 cm mullakihis. Digestaadis (kuivainet 4,3%) olev NO₃-N liikus enamasti sügavamale kui vedelsõnnikus (kuivainet 7,8%) olevad nitraadid.

10. Kohalike orgaaniliste vedelväetiste kasutamise agronoomiline ja majanduslik efekt rohumaa del sõltub olulisel määral rohumaasegu liigilisest koosseisust. Ristikut rohkesti (üle 45%) sisaldavate segude puhul jäi enamsaak orgaaniliste väetiste kasutamisel kontrollvariandi saagitasemest kas madalamaks (*katse 3*) või ei olnud saagiefekt piisav, et katta väetamisele tehtud lisakulutusi (*katse 1*).
11. Kõrreliste segude puhul avaldus *katse 1* andmetel veiseläga kasutamise positiivne efekt selles, et sileeritud närvutatud rohu omahind kujunes läga kasutamisel suhteliselt lähedaseks või pisut kõrgemaks kui mineraalse lämmastiku kasutamisel (taimikus harilik aruhein, roog-aruhein ja põldtimut). Digestaadi ja veiseläga laotamine kõrreliste rohumaale *katses 2* suurendas hektari kohta saadud enamsaaki oluliselt enam kui mineraalse lämmastiku kasutamine. Enamsaak närbsilona oli perioodi keskmisena veise-vedelsõnniku kasutamisel 11,84 t/ha, digestaadi kasutamisel 10,40 t/ha ning ammoniumsalpeetri kasutamisel vaid 4,94 t/ha. Kulud enamsaagi tonni kohta (€/t) jäid orgaaniliste vedelväetiste kasutamisel katseperioodi (2012-2014) keskmisena vastavalt 21,23 € (33%) ja 24,33€ (38%) võrra tonni kohta madalamaks kui ammoniumsalpeetriga väetatud variandis, kus kulud silo enamsaagile olid 64,03 €/t. Seega tuleks praktikas kõrreliste rohumaal eelistada kohalikke orgaanilisi vedelväetisi mineraalse lämmastikuga väetamisele.
12. Uuringust selgus orgaaniliste väetiste õiglase väärtuse arvestamise vajadus, võttes sealjuures lisaks toiteelementide sisaldusele ja maksumusele arvesse ka orgaanilise väetise käitluskulude mõju väetamise kogumaksumusele. Seega tuleks vedelsõnnikule ja digestaadile hinna määramisel arvestada mitte ainult asjaoluga, et nendega väetamine võimaldab vähendada mineraalväetiste ostmiseks tehtavaid kulutusi, vaid ka orgaanilise väetise käitlemise ja muldaviimise kulusid.

Vajalikud uuringud ja tegevused edaspidiseks

1. Kompleksuuringuna väärib jätkamist (vähemalt aastail 2015-2016) 2014.a. rajatud Ilmatsalu tootmiskatse punase ristiku ja kõrreliste silorohumaal (AS Tartu Agro), kuna võimaldab ühes katses ja suurel pinnal (põld 34 ha, sellest katseala 20 ha) :
 - 1) vedelsõnniku ja biogaasijaama digestaadi efektiivsust punase ristiku rohkel (2014..a. 50-60% saagist) rohumaal võrdlevalt mineraalväetisega ja samasuguse väetamata taimikuga: mõju saagile, silo kvaliteedile (energia ja proteiini sisaldus, seeduvus, söömus) ning mulla seisundile ja elustikule
 - 2) kas vedelsõnniku ja digestaadi laotustehnoloogia mõjutab oluliselt taimikut, rohusilo kvaliteeti ja rohumaatulukust?
 - 3) orgaanilise väetise andmise ajastamise mõju saagile ja mullale, sh. milliseid kriteeriume (näitajaid) on vaja ajastamisel arvestada?
 - 4) sõnniku ja digestaadi toitainete võimalikku kuhjumist mullas orgaaniliste väetiste järelmõju ehk nn. carry-over efekti tulemusena
2. Väetiste orgaanilise aine mineraliseerumine rohumaal (sh. vedelsõnnik, digestaat) ja selle seosed mulla mikroobse biomassiga (kogus, koosseis).
3. Orgaaniliste väetiste kasutamise suhtelise majandusliku väärtuse ja kasutuseelse leidmine erinevatel põllukultuuridel tulenevalt orgaanilise väetise (vedelsõnnik, digestaat erinevatest biogaasiseadmetest) koostisest, alternatiivsete väetiste hindadest ja väetamiskuludest. Vajalikud on tootmiskatsed erinevatel muldadel ja põllukultuuride puhul. Väetamisega seotud kulukomponentide mõju analüüs orgaanilise väetise kasutamise tasuvusele.
4. Käesoleva projekti raames saadud kohalike vedelväetiste kasutamise agronoomilise ja majandusliku efekti seostamine teiste sarnaste ja haakuvate uuringute tulemustega ning ettevõtete tootmiskogemustega. Avaldatakse projekti täitjate ühisartikkel ajakirjas „Maamajandus”, kogumikus „Agronoomia 2016” või muus tootjatele suunatud väljaandes.

5. Kasutatud kirjandus

Decau, M.L., Simon J. C., Jacquet, A. (2004) Nitrate Leaching under Grassland as Affected by Mineral Nitrogen Fertilization and Cattle Urine. *Journal of Environmental Quality*, 33, 637-644.

Energiamajanduse riiklik arengukava aastani 2020. – *Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium*.
https://www.mkm.ee/sites/default/files/elfinder/article_files/energiamajanduse_arengukava_2020.pdf
(26.02.2015)

Kalmet, R., Kanger, J., Kevvai, L., Kuldkepp, P., Kärblane, H. (koostaja), Raudväli, E. ja Turbas, E. (1996). Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat. Tallinn,.- 285 lk.

Kattetulu arvestused taime- ja loomakasvatustes. (2000). / Koost. M. Aamissepp, H. Persitski. Jänedä Öppe- ja Nõuandekeskus. 60 lk.

Leibold, K., Olsen, T. (2007). Value of Manure Nutrients. – *Ag Decision Maker*. Iowa State University.
<http://www.extension.iastate.edu/agdm/livestock/pdf/b1-65.pdf> (26.02.2015)

Massey, R. (2007). Value of Manure As a Fertilizer. – *University of Missouri, Commercial Ag Program*.
http://www.delaval.com/ImageVaultFiles/id_3942/cf_662/ValueofManureasFertilizerMassey.pdf
(26.02.2015)

Naglis-Liepa, K. (2013). Alternatīvās enerģijas (biogāzes) ražošanas iespējas Latvijā. / Alternative Energy (Biogas) production possibilities in Latvia. Latvia University of Agriculture. Jelgava. Doctoral thesis. 107 p.

Saarman, T., Viiralt, R. (1982). Taimetoitainete väljauhtumisest liivmullast heintaimede intensiivsel väetamisel ja niisutamisel. - Rohumaaviljelus, 18, lk. 29-36.

Tamm, K., Vettik, R. (2011). Sõnniku liigiline jaotus Eestis ja selle toitainete rahaline väärtus. – *Agronoomia 2010/2011*, lk 231–236. ’

Viiralt, R. Raave, H., Kauer, K., Selge, A., Parol, A. (2009). Vedelsõnniku kasutamine rohumaade väetamisel. *Agronoomia* 2009, lk 146-155.

Vooro, A. (2011). Bioloogiliste varade kajastamine raamatupidamises. Tartu: Tartumaa Põllumeeste Liit. 60 lk.

6. Lõpparuande lisad

Lisa 1. EMÜ põldkatses 1 kasutatud lüpsikarja vedelsõnniku (Vorbuse suurfarm) keemiline koostis 2011.a.

Faktor	Ühik	Poovivõtu aeg			Proovide keskmine
		27.4.2011	6.6.2011	21.7.2011	
pH		7,1	6,8	7,6	6,8-7,6
Kuivaine	%	8,0	7,6	7,4	7,9
üld-N	kg/tonn	3,95	3,66	3,65	3,75
NH ₄ -N	kg/tonn	2,18	2,11	1,89	2,06
NO ₃ -N	kg/tonn	0	0	0	0
üld-P	kg/tonn	0,80	0,74	0,69	0,74
üld-K	kg/tonn	2,24	2,24	2,68	2,39
üld-Ca	kg/tonn	1,41	1,47	1,20	1,36
üld-Mg	kg/tonn	0,66	0,63	0,58	0,62
NH ₄ -N osakaal	%	55	58	52	55
üld-N-st					

Lisa 2. EMÜ põldkatses 2012. aastal kasutatud piimakarja vedelsõnniku ja biogaasi kääritusjäägi (digestaadi) keemiline koostis

Faktor	Ühik	Proovivõtu aeg			Proovide keskmine
		26.4.12	30.5.12	30.8.12	
Vedelsõnnik (Rahinge lüpsikari)					
pH		6,9	7,4	7,2	6,9 - 7,4
Kuivaine	%	8,7	8,2	8,0	8,3
üld-N	kg/tonn	4,71	4,70	4,40	4,60
NH ₄ -N	kg/tonn	2,59	2,75	2,71	2,68
NO ₃ -N	kg/tonn	0	0	0	0
üld-P	kg/tonn	0,87	0,78	0,83	0,83
üld-K	kg/tonn	2,30	2,22	2,16	2,23
üld-Ca	kg/tonn	1,49	1,19	1,36	1,35
üld-Mg	kg/tonn	0,68	0,65	0,67	0,67
NH ₄ -N osakaal	%	55	58,5	62	58
üld-N-st					
Orgaanilise aine osakaal kuivaines	%	69	72	69	70
Digestaat (EMÜ Taastuenergia keskus)					
pH		8,3	8,1	8,0	8,0- 8,3
Kuivaine	%	3,5	3,8	3,2	3,5
üld-N	kg/tonn	4,26	4,36	4,30	4,31
NH ₄ -N	kg/tonn	3,12	3,19	3,28	3,20
NO ₃ -N	kg/tonn	0	0	0	0
üld-P	kg/tonn	0,78	0,75	0,76	0,76
üld-K	kg/tonn	2,20	2,23	2,42	2,28
üld-Ca	kg/tonn	1,14	0,84	0,96	0,98
üld-Mg	kg/tonn	0,57	0,61	0,51	0,56
NH ₄ -N osakaal	%	73	73	76	74
üld-N-st					

Orgaanilise aine osakaal kuivaines	%	56	57	54	56
------------------------------------	---	----	----	----	----

Märkus. Täiendavalt määrati 26.4.12 võetud proovidest üld-süsiniku (üld-C) ja üld-väävli (üld-S) sisaldus: 1) vedelsõnnik – üld-C 35,1% kuivaines ehk 30,5 kg/tonn ja üld-S 0,62% kuivaines ehk 0,54 kg/tonn ning 2) digestaat – üld-C 40,7% kuivaines ehk 14,4 kg/tonn ja üld-S 0,50% kuivaines ehk 0,18 kg/tonn.

Lisa 3. EMÜ põldkatsetes 2013. aastal kasutatud piimakarja vedelsõnniku ja biogaasi kääritusjäägi (digestaadi) keemiline koostis

Faktor	Ühik	Proovivõtu aeg			Proovide keskmine
		24.4.13	3.6.13	16.7.13	
<u>Vedelsõnnik</u> (Vorbuse suurfarm)					
pH		7,15	6,8	7,3	6,8-7,3
Kuivaine	%	8,38	8,01	8,07	8,15
üld-N	kg/tonn	3,93	4,01	3,85	3,93
NH ₄ -N	kg/tonn	2,24	2,56	2,27	2,36
NO ₃ -N	kg/tonn	0	0,00	0,00	0,00
üld-P	kg/tonn	0,79	0,53	0,72	0,68
üld-K	kg/tonn	2,36	2,89	2,56	2,60
üld-Ca	kg/tonn	1,07	0,80	0,85	0,91
üld-Mg	kg/tonn	0,57	0,85	0,73	0,72
NH ₄ -N osakaal	%	57	64	59	60
üld-N-st					
Orgaanilise aine osakaal kuivaines	%	72	67,5	66	68,5
<u>Digestaat</u> (Oisu biogaasijaam)					
pH		7,9	7,7	8,35	7,7-8,3
Kuivaine	%	6,86	8,67	8,80	8,11
üld-N	kg/tonn	3,99	4,51	4,45	4,32
NH ₄ -N	kg/tonn	2,48	2,59	2,46	2,51
NO ₃ -N	kg/tonn	0,00	0,00	0,00	0,00
üld-P	kg/tonn	0,68	0,77	0,91	0,79
üld-K	kg/tonn	3,37	3,75	3,32	3,48
üld-Ca	kg/tonn	1,25	1,27	1,27	1,26
üld-Mg	kg/tonn	0,62	0,92	1,00	0,85
NH ₄ -N osakaal	%	62	57	55	58
üld-N-st					
Orgaanilise aine osakaal kuivaines	%	68	62,5	59,5	63

Lisa 4. EMÜ põldkatsetes 2014. aastal kasutatud piimakarja vedelsõnniku ja biogaasi kääritusjäägi (digestaadi) keemiline koostis

Faktor	Ühik	Proovivõtu aeg			Proovide keskmine
		14.4.14	11.6.14	22.7.14	
<u>Vedelsõnnik (Vorbuse lüpsikari)</u>					
pH		6,67	6,62	7,13	6,81
Kuivaine	%	9,23	8,77	8,31	8,77
üld-N	kg/tonn	4,46	4,30	4,14	4,30
NH ₄ -N	kg/tonn	2,52	2,78	2,60	2,63
NO ₃ -N	kg/tonn	0,00	0,00	0,00	0,00
üld-P	kg/tonn	0,86	0,77	0,73	0,79
üld-K	kg/tonn	2,58	2,34	2,18	2,37
üld-Ca	kg/tonn	1,61	1,41	1,39	1,47
üld-Mg	kg/tonn	0,74	0,65	0,56	0,65
NH ₄ -N osakaal üld-N-st	%	56	65	63	61
Orgaanilise aine osakaal kuivaines	%	68	67	66	67
<u>Digestaat (Ilmatsalu biogaasijaam)</u>					
pH		7,85	7,80	8,06	7,90
Kuivaine	%	6,30	7,05	7,16	6,84
üld-N	kg/tonn	4,05	4,28	4,35	4,23
NH ₄ -N	kg/tonn	2,80	2,60	2,64	2,68
NO ₃ -N	kg/tonn	0,00	0,00	0,00	0,00
üld-P	kg/tonn	0,63	0,84	0,81	0,76
üld-K	kg/tonn	2,79	2,50	2,48	2,59
üld-Ca	kg/tonn	1,42	1,64	1,73	1,60
üld-Mg	kg/tonn	0,63	0,61	0,51	0,58
NH ₄ -N osakaal üld-N-st	%	69	61	61	63
Orgaanilise aine osakaal kuivaines	%	58	65	63	62

PROJEKTI LÕPPARUANNE⁵

1. PROJEKTI NIMETUS: : Kohalike väetiste efektiivsem kasutamine ja rohusöötade tootmise majanduslik hinnang kohapealse söödatootmise arendamisel

2. PROJEKTI NIMETUS INGLISE KEELES: Effective use of local fertilizers and economic analysis of grassland utilization in farm-based feed production

3. PROJEKTI KESTUS **Algus:** 2011 **Lõpp:** 2014

4. PROJEKTI LÕPPARUANDE LÜHIKOKKUVÕTE: *Projekti taust ja eesmärgid.*

Loomakasvatases saab tootja säästa eeskätt söödakulusid, tootes kohalikke söötasid odavamalt ja kasutades vähem ostusöötasid. Veiste põhisisöötade (haljasrohi, silo, hein, söödateravili) kuludest moodustavad suure osa mineraalväetised, milliste olulist odavnemist ei ole lähitulevikus ette näha, kuigi paaril viimasel aastal on mõne väetise osas ilmnunud teatud langustrend. Seetõttu tuleb efektiivsemalt ära kasutada orgaanilise päritoluga väetisi, eeskätt sõnnikut ja haljasväetisi. Järjest olulisemaks muutub tootmissuund *kohalikud väetised* → *kohalikud söödad*.

Kohalikest väetistest on kõige olulisem sõnnik, kusjuures vedelsõnniku e. läga keskkonnahoidlik käitlemine on tunduvalt probleemsem (kuivainet enamasti 7-9%) kui tahkesõnniku (KA üle 17%) ja poolvedela sõnniku (KA 10-17%) puhul. Samas kasutab lägasüsteemi enamus suuri farme.

Teistest orgaanilistest substraatidest on muutunud aktuaalseks eeskätt biogaasi kääritusjäägi ehk digestaadi toime väetisena, kuna digestaat sisaldab lisaks mineraalainetele ka metaankäärimisest (ca 60% CH₄ ja 40% CO₂) järele jäänud orgaanilist ainet, sealh. lämmastikku. Projekti alustamisel 2010. aastal vastavad usaldatavad katseandmed Eestis praktiliselt puudusid, kuid vajadus nende järele pidevalt suureneb, sest praegu on Eestis 5 põllumajanduslikel biojäätmel töötavat biogaasijaama, kuid lähitulevikus nende arv tõenäoliselt suureneb koos taastuvenergeetika arenguga.

Projekti eesmärgiks püstitati aastail 2011-2014 välja selgitada:

- 5) Millises ulatuses on mineraalväetisi võimalik asendada sõnniku ja haljasväetisega rohumaal ja põllukülvikorras, lähtuvalt ettevõtte maakasutusest, eri kultuuride saagi taotletavast tasemest, kvaliteedist ja omahinnast (antakse agronoomiline ja ökonoomiline hinnang)
- 6) Vedelsõnniku ja digestaadi kasutamise võimalused, täiustatud tehnoloogia ja efektiivsus (agronoomiline, majanduslik) söödakultuuridel, eeskätt erineva kasutusviisiga rohumaal (karjamaa, niiteline)
- 7) Kuidas rohumaal vältida/minimeerida sileeritava materjali saastumist vedelsõnnikust ja digestaadist pärinevate mikroobidega, mis kahjustavad silo, toorpiima ja piimatoodete (eriti juust) kvaliteeti
- 8) Vedelsõnniku ja digestaadi keskkonnaohutu/keskkonnasäästlik kasutamine:
 - kas vedelsõnniku ja digestaadi laotamine aktiivse taimekasvu välisel perioodil võib olla ohtlik keskkonnale (toitainete leostumise ulatus).

- ammoniakaagi (NH₃) lendumine sõltuvalt vedelsõnniku ja digestaadi andmise viisist (mullapinnale või mulda), ajast, normist ja ilmast.

Korraldatud uuringud.

Projekti eesmärkide täitmiseks on perioodil 1.01.2011-1.12.2014 tehtud järgmised tööd ja uuringud.

Projekti tuumikuurimuseks 2011-2014.a. oli *põldkatse 1* „Mineraalväetiste ja vedelsõnniku mõju erinevate seemnesegudega rajatud rohuma saagile“ (*läbiviija PKTM*). Täiendavalt korraldati kolm uuringut. *Põldkatse 2* „Biogaasi kääritusjäägi (digestaadi) efektiivsus kõrreliste rohumaal võrdlevalt mineraalväetise ja vedelsõnnikuga“ viidi 2012-2014.a. läbi 2008.a. rajatud karjamaatüübilisel taimikul, kus valitsevad liigid rohusaagis olid aasurmikas ja punane aruhein.

Tootmiskatse 3 toimus 2014.a. ühisuurimusena AS Tartu Agro Ilmatsalu osakonnas 1. kasutusaasta punase ristiku ja kõrreliste (karjamaa raihein, harilik aruhein, timut) rohumaal pindalaga 20 ha, kust võeti 2014.a. 3 niidet siloks. Katse põhieesmärgiks on võrrelda vedelsõnniku, Ilmatsalu biogaasi ja NP- mineraalväetise mõju taimiku koosseisule ja saagile, rohu sileeruvusele ning mulla omadustele ja elustikule. Tootmiskatse kavandamisel ja läbiviimisel olid partneriteks AS Tartu Agro, PM RUP projektid „Kohalike väetiste efektiivsem kasutamine ja rohusõötade tootmise majanduslik hinnang kohapealse söödatootmise arendamisel“ (projekti juht R. Viiralt) ja „Alternatiivsete väetusainete keskkonnahoidliku kasutuse võimalused ja efektiivsus tava- ja mahevõrdluses võrdlevalt traditsiooniliste orgaaniliste ja mineraalväetistega“ (projekti juht H. Raave) ning TTÜ Keemiainstituut (Peep Pitk, PhD).

2013-2014. aastal pöörati rohkem tähelepanu vedelsõnniku ja digestaadi kui väetiste keskkonnamõjude uurimisele. Selleks korraldati alates 30.10.2013 uuring „Vedelsõnniku ja digestaadi rohumaale vegetatsioonivälise laotamise mõju toitainete migratsioonile mullas ja taimiku talvitumisele“, mis toimus *põldkatse 1* variant 5 (lutsern ‘Derby’) ja var. 10 (lutsern ‘Karl’) lappidel. Selleks võeti toitainete (eeskätt NO₃-N, NH₄-N) allapoole liikumise määramiseks mullaproovid kihtidest 0-10, 10-20, 20-40 ja 40-60 cm enne ja pärast väetamist eraldi väetamata ja väetatud (vedelsõnnik, digestaat) lappidelt. Mullaproovidest määrati kuivaine, orgaaniline aine, pH_{KCl}, üld- N, NO₃-N, NH₄-N, liikuv P, K, Ca ja Mg. Vedelsõnnik ja digestaat anti 7.11.2013 (vastavalt ‘Derby’ ja ‘Karl’ taimikule, kumbagi 30 t/ha. Edasi võeti mullaproovid igal nädalal eelnimetatud kihtidest kuni mulla külmumiseni (s.o. 4. nov., 11. nov., 25. nov. ja 5. det. 2013.a.). Kevadel 2014.a. võeti mullaproovid kohe pärast mulla sulamist (21. aprill) ja rohusaagis algul (7. mail), hinnati (20.05.14) lutserni talvitumist väetatud ja väetamata alal.

MSI töögrupi ülesandeks projektis oli majandusliku hinnangu andmine rohusõötade tootmisele, kasutades PKTM poolt 2011-2014.a. ja ka varem korraldatud katsete andmeid ning täiendades projekti käigus arvutuste meetodikat. *Põldkatse 1* on jätkuks aastail 2008-2010 Enterprisi Barenbrug Holland BV tellimisel PKTM poolt (R. Viiralt) läbi viidud uurimusele teemal „Eesti ja Hollandi heintaimesortide ja rohuma-seemnesegude võrdlus“.

Algselt oli selles katses 5 hollandi ja 7 eesti heintaimesortide (kõrrelised, liblikõielised) segu niiteliseks kasutuseks ja karjatamiseks. Alates 2011.a. jätkus uurimus modifitseeritud katsevariantidega käesoleva rakendusuuringu raames, kuna:

- võimaldas võrrelda erinevate väetusainete efektiivsust rohumaal, sealh. hinnata liblikõieliste poolt sümbiootiliselt seotud õhu-N, mineraalväetise N ja vedelsõnnikus oleva N (üld-N, NH₄-N) mõju
- selgus vedelsõnniku agronoomiline ja majanduslik efektiivsus eri segudel
- saab uurida vedelsõnniku pindlaotamise mõju rohusilo mikroobikooslusele ja kvaliteedile
- annab alusandmed söödatootmise majanduslikeks arvutusteks, sealh. erinevate segude saagivõime ja taimikute majanduslikult põhjendatud kasutuskestuse kohta.

Põldkatsed 1 ja 2 asuvad EMÜ Rõhu katsejaama Eerika katsepõllul. Taimikud rajati (s.o. külvati heinaseemned) 12. mail 2008.a. Katsed paiknevad näivleeturund mullal, mille huumushorisondi lõimise on saviliiva ja kerge liivsavi vahepealne. Huumushorisondi keskmine tusedus on 26 cm. Enne katse 1 rajamist 2008.a. mais võetud mullaproovide andmetel oli huumushorisondis (pindmine 0-20 cm kiht) orgaanilise aine sisaldus keskmiselt 2,9%, üldlämmastikku oli 0,14%, mulla pH_{KCl} 6,3.

Katsevariantid on katses 1 kolmes ja katses 2 neljas korduses, katselapi suurus vastavalt 7x2,2m ja 4x2,2m. Rohusaak määrati katsetes (3 niidet) lapikombainiga Haldrup (varustatud elektroonilise kaaluseadmega). Kõikidest katsevariantidest tehti niidete kaupa rohusaagi liigiline botaaniline kaalanalüüs.

Katsefaktorid olid: katse 2 – väetamata, N180 kg/ha (NH₄NO₃-na), veise- vedelsõnniku digestaat 180 kg/ha NH₄-N, veise-vedelsõnnik (töötlemata) 180 kg/ha NH₄-N; katse 3 – väetamata, NP (N80P3,2 kg/ha), vedelsõnnik (NH₄-N 65 kg/ha), digestaat (NH₄-N 80 kg/ha). Orgaanilise väetise norm arvatati nende ammoniumlämmastiku (NH₄-N) sisalduse alusel.

Uurimistulemused ja ettepanekud praktikale.

1. Katse aastate 2011-2014 kokkuvõttes olid Barenbrugis koostatud rohumaasegud võrdluskatsete märksa produktiivsemad, ületades Eesti segusid kuivaine (KA) saagilt keskmiselt 28% (KA aastasaak vastavalt 9,78 ja 7,66 t/ha). Seejuures oli Barenbrugi segude kuivaine saagi jaotus niidete kaupa mõnevõrra ühtlasem põhiliselt kolmanda niite suurema osakaalu arvel (vastavalt 29 ja 23%).

Taimikute kuivaine saagi „pingerida“ 2011-2014.a. keskmisena osutus järgmiseks: lutsern ‘Derby’- 13,63 t/ha, lutsern ‘Karl’- 12,08 t/ha ja Barenbrugi kõrreliste segu (harilik aruhein, roog-aruhein, timut, aastast N180) – 10,13 t/ha. Eesti lutsernisort ‘Karl’ konkureeris edukalt Barenbrugi sordiga ‘Derby’ nii taimikus püsivuse kui ka saagi suuruse poolest. ‘Derby’ ületas ‘Karl’ KA saaki keskmiselt 13% põhiliselt suurema kolmanda niite arvel, esimese ja teise niite saagid olid neil sortidel praktiliselt

- võrdsed. Seejuures oli lutserni osakaal kuivainesaagis 2014.a. (s.o. 7. eluaastal) 'Derbyl' 93% ja 'Karlul' 88%.
- Katseaastate jooksul suurenes kõikides vedelsõnnikuga väetatud 2008.a rajatud rohukamarates (katse 1) oluliselt rohundite ja vähenes liblikõieliste (punane ja valge ristik) osakaal, kuigi aastate lõikes esines selles osas kõikumisi.
 - Kergelt närvutatud rohu (kuivainet ca 25%) sileerimisel bioloogilise silokindlustuslisandiga on silo õnnestumiseks väga oluline lisaks tallamisele *tagada silovirna või -rulli võimalikult täielikum hermeetilisus*. Tugevasti närvutatud materjali (kuivainet ca 40%) sileerimisel saab nii kõrrelistest kui liblikõieliste-kõrreliste segudest hea silo ka ilma kindlustuslisandita (nagu oli väga kuival ja kuumal 2010. ja ka 2011.a.).
 - Karjamaatüübilisel kõrreliste rohukamaral (põhiliigid aasurmikas ja punane aruhein) andsid 2012-2014.a. keskmisena töötlemata vedelsõnnik (kuivainet keskmiselt 8,4%) ja biogaasijaama digestaat (kuivainet 6,1%) statistiliselt võrdse suure enamsaagi võrreldes väetamata alaga – kuivainena vastavalt 4,16 ja 3,65 t/ha. Seejuures anti vedelsõnnikuga aastas $\text{NH}_4\text{-N}$ 180 ja digestaadiga 181 kg/ha.
 - Tootmistingimustes limiteerib vedelsõnniku ja digestaadi kasutamist fosfori aastanormi piirang (Veeseadus muudatus alates 1.7.2014) – lubatud on anda aastas maksimaalselt P 25 kg/ha. Sel juhul on põhjendatud anda kõrreliste rohumaale lisaks vedelsõnnikule ja digestaadile ka lämmastik-mineraalväetist, et kokku tuleks taimede poolt omastatavat lämmastikku (N) 160-180 kg/ha aastas. Lämmastiku defitsiidi korral jääb kõrreliste saagipotentsiaal osaliselt kasutamata.
 - Orgaanilise väetise vegetatsioonivälise laotamise uuringust selgus, et nii vedelsõnniku kui digestaadi pindmisel andmisel lutserni taimikule novembri algul (7.11.13) suurenes nitraatlämmastiku ($\text{NO}_3\text{-N}$) sisaldus mullas võrreldes väetamata alaga kõige enam 0-10 cm kihis, aga oluliselt ka 10-20 cm ja osalt 20-40 cm mullakihis. Digestaadis (kuivainet 4,3%) olev $\text{NO}_3\text{-N}$ liikus enamasti sügavamale kui vedelsõnnikus (kuivainet 7,8%) olevad nitraadid.
 - Kohalike orgaaniliste vedelväetiste kasutamise agronoomiline ja majanduslik efekt rohumaadel sõltub oluliselt määral rohumaasegu liigilisest koosseisust. Ristikut rohkesti (üle 45%) sisaldavate segude puhul jäi enamsaak orgaaniliste väetiste kasutamisel kontrollvariandi saagitasemest kas madalamaks (katse 3) või ei olnud saagiefekt piisav, et katta väetamisele tehtud lisakulutusi (katse 1).
 - Kõrreliste segude puhul avaldus katse 1 andmetel veiseläga kasutamise positiivne efekt selles, et sileeritud närvutatud rohu omahind kujunes läga kasutamisel suhteliselt lähedaseks või pisut kõrgemaks kui mineraalse lämmastiku kasutamisel (taimikus harilik aruhein, roog-aruhein ja põldtimut). Digestaadi ja veiseläga laotamine kõrreliste rohumaale katsetes 2 suurendas hektari kohta saadud enamsaaki oluliselt enam kui mineraalse lämmastiku kasutamine. Enamsaak närbsilona oli perioodi keskmisena veise-vedelsõnniku kasutamisel 11,84 t/ha, digestaadi kasutamisel 10,40 t/ha ning ammooniumsalpeetri kasutamisel vaid 4,94 t/ha. Kulud enamsaagi tonni kohta (€/t) jäid orgaaniliste vedelväetiste kasutamisel katseperioodi (2012-2014) keskmisena vastavalt 21,23 € (33%) ja 24,33€ (38%) võrra tonni kohta madalamaks kui ammooniumsalpeetriga väetatud variandis, kus kulud silo enamsaagile olid 64,03 €/t. Seega tuleks praktikas kõrreliste rohumaal eelistada kohalikke orgaanilisi vedelväetisi mineraalse lämmastikuga väetamisele.
 - Uuringust selgus orgaaniliste väetistele õiglase väärtuse arvestamise vajadus, võttes sealjuures lisaks toitelementide sisaldusele ja maksumusele arvesse ka orgaanilise väetise käitluskulude mõju väetamise kogumaksumusele. Seega tuleks vedelsõnnikule ja digestaadile hinna määramisel arvestada mitte ainult asjaoluga, et nendega väetamine võimaldab vähendada mineraalväetiste ostmiseks tehtavaid kulutusi, vaid ka orgaanilise väetise käitlemise ja muldaviimise kulusid.

5. LÜHIKOKKUVÕTE INGLISE KEELES :

Results of the study and recommendations for practice

The objectives of current applied research project for 2011- 2014 :

- To find out the possibilities to replace mineral industrial fertilizers partly with manures (slurry, farmyard manure, green manure) in grasslands and field crop rotation, depending on the land use system of the enterprise, planned yield level of crops, yield quality and production costs (agronomic and economic assessments will be given)
- Possibilities of slurry and biogas digestate use, its improved technology and efficiency (agronomical and economic) for feed crops, especially in grassland managed differently (pasture, multi-cut use for silage).
- How to prevent/minimize the contamination of silage material with noxious microbes originating from slurry and digestate, what can damage the quality of grass silage, raw milk and milk products (cheese, especially).
- Research into environment-saving use of slurry and digestate:
 - the leaching of nutrients from slurry and digestate applied early spring and late autumn
 - grass sward damage and soil compaction in grasslands by heavy machinery for slurry and digestate surface application or injection.

- ammonia (NH₃) volatilization depending on the way, time and rate of slurry or digestate application (to surface or into soil).

Expected results of the project:

1. Feed production will be less dependent on high prices of mineral fertilizers
2. The environment saving sustainable technology of cattle slurry application for forage production will be developed
3. The expediency of use the digestate as a fertilizer will be find out.
4. Nutrient cycling in plant production and livestock farming changes to be more economic and resource-saving.

The results of the project can be used by cattle and pig farms and agricultural enterprises using slurry and biogas digestate as a fertilizer.

Conclusions and recommendations for practice on the basis of results in 2011-2014:

1. In 2011-2014 two lucerne cultivars tested (cv.*Derby* of Barenbrug origin and Estonian hybrid lucerne cv. *Karlu*) gave the highest DM yield (13.63 and 12.08 tons/ha, correspondingly). At that the proportion of lucerne still in 7th year was high (*Derby* 93% and *Karlu* 88% of DM annual yield). Good yielding ability had also the Barenbrug grass-only mixture (meadow fescue, tall fescue, timothy) at N180 kg/ha – mean annual DM yield 10.13 tons/ha.
2. During the experimental years (2011-2014) the share of herbs and weeds (dandelion, mainly) in DM yield increased considerably in all swards (established in 2008) fertilized by liquid manure (slurry). On the contrary, the share of forage legumes at that decreased (red and white clover, mainly).
3. If only slightly wilted (DM ca 25%) grass with biological additive will be used to make outdoor clamp or big bale silage it is very important to consolidate material well and ensure as possible air-free storage conditions for lactic acid-based fermentation.
4. In case of application the equal annual rate of ammonium nitrogen (NH₄-N 180 kg/ha) in 2012-2014 the cattle slurry (mean DM content 8.4%) and slurry-based biogas digestate (DM 6.1%) gave close DM yield (9.92 and 9.41 tons/ha, respectively) in grass-only pasture-type sward (smooth meadow grass, red fescue). The DM production of the same sward without fertilizer and at N180 kg/ha with application of mineral fertilizer NH₄NO₃ was considerably lower (5.76 and 7.50 tons/ha DM, correspondingly).
5. If cattle slurry (DM content 7.8%) and slurry-based biogas digestate (4.3% of DM) were applied out of vegetation period (7.11.2013) to lucerne sward (both 30 t/ha each to separate plot), the content of nitrate nitrogen (NO₃-N) in soil increased most of all in the soil layer 0-10cm, but considerably also in 10-20cm and partly in 20-40cm layer. At that nitrates from digestate moved mostly deeper than NO₃-N from cattle slurry.
6. The agronomic and economic effect of local organic liquid fertilizers depends on the mixture of the species on grassland. The yield effect in the case of the mixtures that had large share of clover (over 45%) was lower than in controle (*trial 3*) or the yield effect was not high enough for covering the extra costs of fertilization (*trial 1*). The effect of cattle slurry on all-grass mixtures (*trial 1*) was positive: the unit cost of production was on comparative level or somewhat higher than in the case of using mineral nitrogen (mix of meadow fescue, tall fescue and timothy).
7. Usage of biogas digestate and cattle slurry on the all-grass mixture in *trial 2* increased the yield per hectare substantially. Additional production of wilted silage compared to control was 11.84 t/ha with slurry, 10.4 t/ha with digestate and only 4.94 t/ha with mineral fertilizer. Costs per ton of additional production were respectively by 24.33 €/t (38%) lower and 21.23 €/t (by 33%) lower with cattle slurry and digestate, compared to the mineral fertilizer plot, where the costs per additional production were 64.03 €/t. Thus it is preferable to choose organic liquid fertilizers on the all-grass swards. Assessment of the study results should also take into account the relatively moderate price of some mineral fertilizers during recent years.
8. The necessity for calculating the right value of organic fertilizers based on the nutrients content and management costs of organic fertilisers emerged from the study. Thus, in order to calculate economically justified prices for slurry and biogas digestate, the alternative costs for giving necessary amount of nutrients into soil must be taken into account.

Further experiments and activities

1. The on-farm complex field experiment established in 2014 (20 ha, near the Ilmatsalu biogas plant) is worth to be continued at least in 2015-2016.
2. If slurry and digestate will be applied during several years to the same grassland it is necessary to take into account the aftereffect of organic fertilizers (carry-over effect) because the main part of organic matter in slurry and digestate will be mineralized in the next year after application. To study this problem nearer special field experiments are needed (incl. measuring of soil microbial biomass and its composition).
3. Connecting current project research data with results of other related studies and actual practical experiences of agricultural producers to be continued.
4. In order to calculate economically justified prices for slurry and biogas digestate the alternative costs for giving necessary amount of nutrients into soil must be taken into account.

6. TEEMA RAAMES ILMUNUD PUBLIKATSIOONID:

Projektis uuritud probleeme ja saadud tulemusi käsitlevad või nendega haakuvad järgmised publikatsioonid, mis on avaldatud projekti täitjate poolt või osalusel alates 2011.a.:

1. Põllumajandustootjatele suunatud publikatsioonid (eelretsenseeritud)

Viiralt, R., Selge, A., Tampere, M., Raave, H., Parol, A., Värnik, R., Kall, K., Roosmaa, Ü., van der Weerd, L. 2015. Eesti ja hollandi rohumaa seemneseaside võrdlus. - Agronoomia 2015. Tartu, lk. 113-118.

Kauer, K., Keres, I., Laidna, T., Loit, E., Parol, A., Selge, A., Viiralt, R., Raave, H. 2012. Taimejätmete ja väetamise mõju rohumaa produktiivsusele, orgaanilise süsiniku ning üldlämmastiku sisaldusele mullas. - Agronoomia 2012. Tartu, lk. 99-104.

Viiralt, R., Tampere, M., Parol, A., Raave, H., Kaldmäe, H., Olt, A., Kokk, K., Ameerikas, M. 2012. Vedelsõnniku laotusviisi mõju rohumaa saagile, mikroobikooslusele ja rohusilo kvaliteedile. - Agronoomia 2012, Tartu, lk. 109-116.

Viiralt, R., Tampere, M., Kauer, K., Parol, A., Raave, H. 2012. Vedelsõnniku kasutamine rohumaa ja põllukultuuride väetisena ning mõju keskkonnale ja saagi kvaliteedile. - Taimekasvatuse areng 2007-2011 ja valdkonna rakendusuuringud (koostanud Põllumajandusministeerium). Tallinn, lk. 43-59.

Parol, A. 2011. Karjatamine rohumaaal. - Kohalikud söödad (koostaja H. Older). Eesti Rohumaa Ühing, Saku, lk. 77-91.

Tampere, M., Kauer, K., Noormets, M., Parol, A., Raave, H., Selge, A., Viiralt, R. 2011. Väetamise mõju lämmastiku ja kaaliumi leostumisele rohumaaal. - Agronoomia 2010/2011, Saku, lk. 139-146.

Viiralt, R. 2011. Keskkonnaohutu väetamine. - Kohalikud söödad (koostaja H. Older). Eesti Rohumaa Ühing, Saku, lk. 177-194.

Raave, H., Talgre, L., **Viiralt, R.**, Kuht, J., Makke, A., Noormets, M., Lauk, R., Alaru, M. 2011. Rohhtaimed bioenergiaks – mida ja milleks. - Eesti Põlevloodusvarad ja -jätmed, lk. 14-17.

Rahvusvahelise levikuga eelretsenseeritud publikatsioonid

Tampere, M., Kauer, K., Keres, I., Laidna, T., Loit, E., Parol, A., Selge, A., Viiralt, R., Raave, H., 2014. Impact of surface fertilization on dehydrogenase activity in grassland soil. In: Grassland Science in Europe, Vol. 19- EGF at 50: the Future of European Grasslands. Aberystwyth, Wales, UK, 7-11 September 2014. Proceedings of the 25th General Meeting of the European Grassland Federation. Edited by A. Hopkins, R. P. Collins, M. D. Fraser, V. R. King, D. C. Lloyd, J. M. Moorby, P. R. H. Robson, 315-317.

Kauer, K., Raave, H., Loit, E., Tampere, M., Keres, I., Laidna, T., Parol, A., Selge, A., Viiralt, R. 2013.

Soil nutrient availability depending on arable land conversion to grassland. In: Grassland Science in Europe: The Role of Grasslands in a Green Future – Threats and Perspectives in Less Favoured Areas, Akureyri, Iceland 23-26 June 2013. (Toim.) Helgadóttir, A.; Hopkins, A., 2013, 120-122.

Kauer, K., Kölli, R., Viiralt, R., Köster, T., Noormets, M., Laidna, T., Keres, I., Parol, A., Varul, T., Selge, A., Raave, H. (2013). The effect of cut plant residues management and fertilization on the dry matter yield of swards and on carbon content in soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 44 (1-4), 205-218.

Kauer, K., Loit, E., Viiralt, R., Köster, T., Laidna, T., Keres, I., Parol, A., Selge, A., Raave, H. 2012. The effect of cut plant residues management on soil moisture content of grassland swards. Grassland- a European Resource? 3-7 June 2012, Lublin Poland, 508-511.

Tampere, M., Kauer, K., Keres, I., Laidna, T., Loit, E., Parol, A., Selge, A., Viiralt, R., Raave, H. 2012. Reducing N and K leaching from grassland: slurry applied by spreading or injecting? Grassland- a European Resource? 3-7 June 2012, Lublin Poland, 637-640.

Viiralt, R., Selge, A., 2012. Producing high quality feed: grassland management. In: Ecosystem Health and Sustainable Agriculture 1: Sustainable Agriculture (editor: Christine Jakobsson). The Baltic University Programme, Uppsala University, pp. 286-301.

Kauer, K., Raave, H., Köster, T., Viiralt, R., Noormets, M., Keres, I., Laidna, T., Parol, A., Selge, A. 2011. The decomposition of turfgrass clippings is fast at high air humidity and moderate temperature. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science, 62, 224-234.

Kauer, K., Raave, H., Viiralt, R., Köster, T., Noormets, M., Laidna, T., Keres, I., Parol, A., Varul, T., Selge, A. 2011. Effect of returning of mown grass residues on the productivity of grass-clover sward and the nitrogen content in plants and soil. In: Grassland Science in Europe: Grassland farming and land management systems in mountainous regions. 16th EGF Symposium 2011, 28 – 31 August 2011, Irdning, Austria. (Toim) Pötsch, E.M., Krautzer, B., Hopkins, A., 2011, 452-454.

Raave, H., **Kauer, K., Viiralt, R., Köster, T., Noormets, M., Laidna, T., Keres, I., Parol, A., Varul, T., Selge, A.** 2011. Surface decomposition of mown residues of grasses and white clover. In: Grassland Science in Europe: Grassland farming and land management systems in mountainous regions. 16th EGF Symposium 2011, 28 – 31 August 2011, Irdning, Austria. (Toim) Pötsch, E.M., Krautzer, B., Hopkins, A., 2011, 449-451.

Projekti tulemusi tutvustati *suuliste ettekannetega* järgmistel põhiliselt tootjatele suunatud foorumitel:

Viiralt, R. Veiste vedelsõnniku ja biogaasijaama kääritusjäägi (digestaadi) mõju erinevate seemnesegudega rajatud rohumaade saagile ja selle kvaliteedile. – Infopäev „Seemnesegude valik ja koostamine erineva kasutusotstarbega rohumaade uuskülviga rajamiseks ja renoveerimiseks tava- ja mahetootmises” (korraldaja Tartumaa Põllumeeste Liit): 11.3.2014 Tartus (Jalaka 48), 12.3.2014 Jõgeval (Jõgeva Kultuurikeskus), 13.3.2014 Võrus (Võrumõisa tee 4a, Võru vallavalitsus), 19.3.2014 Kuressaares (Saarte Nõuandekeskus, Tallinna mnt. 27), 21.3.2014 Viljandis (Männimäe külalistemaja, Riia mnt. 52d), 24.3.2014 Raplas (Rapla maavalitsus), 26.3.2014 Valgamaal (Sangaste loss), 28.3.2014 Pärnus (Suur-Sepa 16), 4.4.2014 Paides (Paide Kultuurikeskus), 6.5.2014 Sakus (Harjumaa Taluliit, Üksnurme tee 8).

Viiralt, R. Vedelate orgaaniliste väetiste kasutamine karjamaade rajamisel ja edasisel väetamisel sõltuvalt mullast ja taimiku koosseisust. – Infopäev „Karjamaade rajamine erinevatele loomaliikidele ja karjatamise korraldamine“ (lektorid R. Viiralt ja A. Parol, korraldaja Tartumaa Põllumeeste Liit): 8.4.2014 Kuressaares, Tallinna mnt. 27 (Saarte Nõuandekeskus), 11.4.2014 Raplas (Rapla maavalitsus), 2.4.2013 Tartus (Jalaka 48), 5.4.2013 Jõgeval (Jõgeva Kultuurikeskus), 9.4.2013 Paides (Paide Kultuurikeskus), 12.4.2013 Viljandis (Riia mnt. 52d), 16.4.2013 Pärnus (PMA, Kerese 5) ja 19.4.2013 Rakveres (Lääne-Viru maavalitsus, Kreutzwaldi 5).

Viiralt, R. Uurimistulemusi vedelsõnniku kasutamise kohta rohumaade väetamisel. – Vabariiklik seminar „Vedelsõnnik rohumaade väetisena“, Ilmatsalu, AS Tartu Agro, 19.4.2012.a. (korraldaja Tartumaa Põllumeeste Liit).

Viiralt, R. Heintaimede väetamise, kasutusviisi ja kasutuskestuse mõju mulla efektiivsele viljakusele. – Eesti Rohumaade Ühingu infopäev „Rohumaad avaliku hüvise allikana“ Jõgeva Sordiaretuse Instituudis, 27.3.2012.a.

Viiralt, R. (ettekandja), **Tampere, M.**, Parol, A., Raave, H., Kaldmäe, H., Olt, A., Kokk, K., Ameerikas, M. Vedelsõnniku laotusviisi mõju rohumaade saagile, mikroobikooslusele ja rohusilo kvaliteedile. – Teaduslik-praktiline seminar Eerikal, EMÜ, 9.1.2012.a. Seminaril osalesid teadurid (sh. EMVI-st), õppejõud, konsulendid, põllumajandustootjad, PMK spetsialistid.

Viiralt, R. (ettekandja), **Tampere, M.**, **Kauer, K.**, Noormets, M., **Parol, A.**, Raave, H., Selge, A. Väetamise mõju lämmastiku ja kaaliumi leostumisele rohumaal. – Vabariiklik konverents „Agronoomia 2010/2011“, 10. märts 2011, Saku.

Viiralt, R. (ettekandja), Raave, H., **Kauer, K.**, **Parol, A.**, Selge, A., **Tampere, M.** Vedelsõnnik rohumaade väetisena. – EMÜ PKI teadusseminar „Kohalikud väetised“, 21. märts 2011, Tartu - Eerika. Seminaril osalesid teadurid (sh. EMVI-st), õppejõud, konsulendid, põllumajandustootjad, PMK spetsialistid.

Raave, H. (ettekandja), **Viiralt, R.**, **Tampere, M.**, **Kauer, K.** Väetamise mõju lämmastiku ja kaaliumi leostumisele rohumaal. – Veefoorum 2011, Tartu, EMÜ, 11. oktoober 2011. Korraldajad: Maelu Edendamise Sihtasutus (MES), Läänemere koostööprojekt *Baltic Deal*.

Projekti juht (ees- ja perekonnanimi): Rein Viiralt	Allkiri:	Kuupäev: 6.3.2015
Taotleja esindaja kinnitus aruande õigsuse kohta (ees- ja perekonnanimi): Aret Vooremäe	Allkiri:	Kuupäev: 6.3.2015

Projekti lõpparuande täitmise juhend on kättesaadav Põllumajandusministeeriumi koduleheküljel

<http://www.agri.ee>