

**Projekti „Ülevaade alternatiivsete mullaparandusainete kasutusvõimalustest ja tehnoloogiatest mahepõllumajanduslikus taimekasvatases aastatel 2016-2017,, lõpparuanne:**

Projektijuht: Liina Edesi

Asutus: Eesti Taimekasvatuse Instituut

Projektijuhi kontaktandmed: telefon: +372 663 0933, Mob.: +372 56 482 707, Teaduse 4/6, Saku, 75501 Harju maakond, Eesti, E-post: liina.edesi@etki.ee

Projektitulemuste lühikokkuvõte:

Aдру ja järvemuda andsid põldkatsetes võrreldes kontrolliga esimesel kasutusaastal usutavalt suurema enamsaagi ning mõjutasid positiivselt mulla füüsikalisi-, keemilisi- ning mikrobioloogilisi näitajaid. Erinevalt adrust jäi järvemuda esimese aasta järelmõju nii saagile kui ka mulla füüsikalistele ja mikrobioloogilistele näitajatele väiksemaks või ei avaldunud üldse. Adru ja järvemuda kasutamise majanduslikud ja tehnoloogilised aspektid sõltuvad suurelt jaolt nende keemilisest koostisest, põllule viidavast kogusest ning veokaugusest. Kasutamisel mahepõllumajanduses tuleks jälgida ka järvemuda ja adru raskmetallide sisaldust.

Projektitulemuste lühikokkuvõte inglise keeles:

Seaweed and lake sediments had significant impact on yield compared to control on the first year of use and influenced positively the soil physical, chemical and microbiological characteristics.

However, in contrast to the seaweed the impact of lake sediments in the second year on the yield and soil physical and microbiological parameters was lower or lacked at all. The economic and technological aspects of use of the seaweed and lake sediments largely depend on their chemical composition and the transportation distance between deposit and arable field. In the case of use of seaweed and lake sediment in agriculture their heavy metals content should be also monitored.

**Projektis esitatud eesmärkide saavutamine (sh kasutatud meetodika):**

Käesolev uuring on jätkuuring 2015. aastal läbiviidud rakendusuringule „Ülevaade alternatiivsete mullaparandusainete kasutusvõimalustest ja tehnoloogiatest mahepõllumajanduslikus taimekasvatases“.

Projekti eesmärgiks oli selgitada põldkatsetega alternatiivsete mullaparandusainete otse- ja järelmõju mullaviljakusele ja saagikusele ning anda ülevaade alternatiivsete mullaparandusainete (mreadru, järvemuda) saadavuse, laotustehnoloogiate ning kasutussobivuse kohta mahepõllumajanduses.

2016. aastal jätkati juba 2015. aastal rajatud põldkatsete läbiviimist Jõgeval ja Saku. Adru mõju täiendavaks uurimiseks rajati 2016. aastal uus katse Sakku Üksnurme mida jätkati 2017.

aastal.

Mullaparandusainete mõju hindamiseks mullale teostati:

1. Mulla keemiline analüüs PMK laboratooriumis: pH-ISO 10390; P, K, Ca, Mg, Mn-Mehlich 3; B- Bergeri ja Truogi meetod; Corg, N.-EA meetod.
2. Katses kasutatud järvemudast analüüsiti: P, Al, Fe – Mehlich 3; Corg, N.-EA meetod, P<sub>tot</sub> – PMK-JJ-1A.
3. Katses kasutatud adru proovist analüüsiti: kuivaine –gravimeetria; kogulämmastik – Kjeldahl'i meetodil; pH<sub>KCl</sub> – GOST 27979-88; P, K, Ca, Mg –PMK-JJ-4C; Cu, Mn, B – PMK-JJ-1A.
4. Mulla füüsikaliste parameetrite hindamine kuiv- ja märgsõelumise teel.
5. Mulla elektriliste omaduste mõõtmine perkomeetriga.
6. Mulla mikrobioloogilise aktiivsuse määramine ensümaatilise aktiivsuse määramise meetodi abil. Määratud ensüümiks oli dehüdrogenaas.

Mullaparandusainete mõju hindamiseks saagile ja saagi kvaliteedile teostati:

1. Taimede pikkuse ja produktiivvõrsete arvu mõõtmine ning lugemine.
2. Taimiku taimehaigustesse nakatumise hindamine.
3. *Fusarium* seente arvukuse määramine teradel.
4. Terasaagi (14% niiskusele), 1000 tera massi, proteiinisisalduse ning mahukaalu määramine.
5. Vaadeldud väetusainete kasutamise majandusliku tasuvuse hindamine.

Ülevaade alternatiivsete mullaparandusainete (mreadru, järvemuda) laotustehnoloogiate ning kasutussobivuse kohta mahepõllumajanduses anti nii katsetulemuste kui ka kirjandusandmete põhjal.

### Uuringu tulemused:

#### 1. Alternatiivsete mullaparandusainete mõju saagile ja mullaviljakusele, põldkatsete tulemused Jõgeval ja Sakus

Alternatiivsete mullaparandusainete otse- ja järelmõju uurimiseks teraviljade saagikusele, saagi kvaliteedile ning mulla keemilistele-, bioloogilistele- ja füüsikalistele parameetritele teostati 2016. ja 2017. aastal. Uuringud viidi läbi 2015. aastal Jõgeva ja Saku PMK Karantiiniaeda (Saku 1) kui ka 2016. aastal Sakku Üksnurme katsealale (Saku 2) rajatud statsionaarkatsetel (tabel 1).

Jõgeva katseala mullaliigiks oli raske liivsavi lõimisega (I<sub>s3</sub>) gleistunud leetjas muld (Klg). Saku 1 ja 2 katsealadel olid kerge liivsavi lõimisega (I<sub>s1</sub>) kamar-karbonaatmullad (K). Katseala muldade agrokeemilised näitajad on esitatud tabelis 2.

**Tabel 1.** Katsevariandid Jõgeva ja Saku katsealal

Katseala	Rajamise aasta	Variant
Jõgeva	2015	Väetamata kontroll Järvemuda, 50 t ha <sup>-1</sup> Järvemuda, 100 t ha <sup>-1</sup>
Saku 1	2015	Väetamata kontroll Adru, 20 t ha <sup>-1</sup> Sõnnik, 20 t ha <sup>-1</sup> NPK, 400 kg ha <sup>-1</sup>
Saku 2	2016	Väetamata kontroll Adru, 20 t ha <sup>-1</sup>

**Tabel 2.** Katsemuldade agrokeemiline iseloomustus

Näitaja	Katsemuld ja asukoht					
	Gleistunud leetjas muld/Jõgeva		Kamar-karbonaatmuld/Saku 1		Kamar-karbonaatmuld /Saku 2	
	Sisaldus	Tarbe aste	Sisaldus	Tarbe aste	Sisaldus	Tarbe aste
Muld/lõimimis	Klg/l <sub>s3</sub>	-	K/l <sub>s1</sub>	-	K/l <sub>s1</sub>	-
pH <sub>KCl</sub>	7,4	-	7,2	-	6,7	-
P, mg kg <sup>-1</sup>	45–51	vaene-keskm	180–200	v.kõrge	181	v.kõrge
K, mg kg <sup>-1</sup>	92–110	vaene	189–198	kõrge	196	kõrge
Ca, mg kg <sup>-1</sup>	4000	kõrge	5100	kõrge	2200	keskmine
Mg, mg kg <sup>-1</sup>	75	vaene	118	kõrge	49	vaene
Mn, mg kg <sup>-1</sup>	50	v.vaene	128	keskmine	147	keskmine
Cu, mg kg <sup>-1</sup>	1,7	keskmine	2,1	keskmine	1,2	vaene
B, mg kg <sup>-1</sup>	0,7	v.vaene	2,7	keskmine	1,0	v.vaene
C <sub>org</sub> , %	1,7	keskmine	4,9	kõrge	1,9	keskmine
Üld.N, %	0,12	vaene	0,31	kõrge	0,15	keskmine

Põldkatse Jõgeva katsealal viidi läbi kuues ja Sakus neljas korduses. Katselapi suurus Jõgeval oli 10,5 m<sup>2</sup>, Sakus 25,0 m<sup>2</sup>.

2015. a külvati kaer 'Eugen' pärast mullaparandusainete laotamist Saku 1 (19. mail) ja Jõgeva katsealale (6. mail), uuriti otsemõju. Saku 1 katse koristati 14. septembril ja Jõgeva oma 27. augustil.

2016. a külvati oder 'Maali' Saku 1 (4. mail), Jõgeva (6. mail) (uuriti järelmõju) ja Saku 2 katsealale (4. mail, uuriti adru otsemõju). Oder koristati Saku 1 ja Saku 2 katsealadel 15. augustil ning Jõgeval 18. augustil.

2017. a külvati 4. mail suvispelta 'Kerstin' Saku 2 katsealale (uuriti adru järelmõju). Spelta koristati 31. augustil. Kaera, odra ja spelta külvisenormiks oli 500 idanevat tera ruutmeetrile. Saku 1 ja Saku 2 katsealadel kasutatud adru oli pärit Klooga rannast. Sõnnik pärines Saku vallas ekstensiivse tavapõllumajandusliku piimakarjakasvatusega tegelevast ettevõttest ja oli eelnevalt enne kasutamist kolm aastat seisnud. Jõgeva katsealal kasutatud järvemuda osteti 2014. aastal Lätis ning 2014/2015 talvel seisis *big-bag* kottides. Katses kasutatud mullaparandusainete ühele hektarile antud toitainete kogused on välja toodud tabelis 3.

**Tabel 3.** Väetisainetega muldaviidud toitainete kogused

Ühele hektarile antud toitainete kogus, kg ha <sup>-1</sup>		
---	--	--

Väetus-aine	Koht	Aasta	N <sub>üld</sub>	P <sub>üld</sub>	K <sub>üld</sub>	Ca <sub>üld</sub>	Mg <sub>üld</sub>	Mn <sub>üld</sub>	Cu <sub>üld</sub>	B <sub>üld</sub>
Järvemuda 50 t ha <sup>-1</sup>	Jõgeva	2015	62	38	35	1301	59	15	0,1	0,4
Järvemuda 100 t ha <sup>-1</sup>	Jõgeva	2015	125	75	70	2602	118	30	0,3	0,8
Aдру 20 t ha <sup>-1*</sup>	Saku1	2015	193	18	104	353	103	4	0,0	2,4
Sõnnik 20 t ha <sup>-1</sup>	Saku1	2015	21	20	67	363	24	1	0,1	0,2
N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub>	Saku1	2015	60	26	50	-	-	-	-	-
Aдру 20 t ha <sup>-1</sup>	Saku2	2016	80	8	24	12	24	1	0,7	1,0

- - 2015.a muldaviidud adru (Saku 1) k.a kogus oli 16 t ha<sup>-1</sup>; 2016.a 3,9 t ha<sup>-1</sup> (Saku 2).

NB! Järvemuda ja mereadru proovidest analüüsiti Põllumajandusuuringute keskuse laboratooriumites: kuivaine – gravimeetria; kogulämmastik – Kjeldahl'i meetodil; pH<sub>KCl</sub>- GOST 27979-88; kogufosfor, kogukaalium, Ca, Mg, Cu, Mn, B – märgtuhastus + ICP/OES.

## 1.1 Mõju mulla agrokeemilistele omadustele

Põhitäitja: Valli Loide

Orgaaniliste väetiste (järvemuda, adru, sõnnik) põllumajanduses kasutamise eesmärgiks on:

1. Huumusvarude taastootmine, mulla huumusseisundi parandamine
2. Mikrobioloogilise elutegevuse parandamine
3. Mulla rikastamine taimetoiteelementidega

### Tulemused

#### Mullaparusainete mõju C<sub>org</sub> varudele

Mulla huumusesisalduse säilitamiseks või suurendamiseks on vaja tihti kasutada orgaanilist väetist. Sõnniku kasutamisel tuleb arvestada, et 15–25% sõnniku kuivainest läheb mulla huumusvarude täiendamiseks. Mulla huumusesisalduse (C<sub>org</sub> x 1,72) suurendamiseks 0,1–0,2% võrra tuleb hektarile anda allapanuga sõnnikut sõltuvalt mullast 100 t ± 20 t.

#### Aдру mõju mulla C<sub>org</sub> sisaldusele

Katse adругa on kestnud lühikest aega, 2 aastat mõlemas Saku katses. Oletades, et huumusvarude täiendamiseks läheb adru puhul sarnaselt sõnnikuga 15–25% kuivainest, siis kasutatud adru kogus Saku 2 katses 20 t ha<sup>-1</sup> (k.a 19,6%) on veel nii väike kogus, mille mõju C<sub>org</sub> sisaldusele on tühine. Ka Saku 1 katses, kus samuti kasutati adru 20 t ha<sup>-1</sup>, mis oli küll kuivainerikkam (k.a 80,3%), ei ilmnenud mõju C<sub>org</sub> sisaldusele (tabel 3).

#### Järvemuda mõju mulla C<sub>org</sub> sisaldusele

Järvemuda kasutusel suurenes mulla C<sub>org</sub> sisaldus nii 50 kui ka 100 t ha<sup>-1</sup> puhul: vastavalt 0,1 ja 0,26 C<sub>org</sub> (tabel 3).

#### Mulla rikastamine taimetoiteelementidega

#### Aдру mõju taimetoiteelementide sisaldusele mullas

Aдру kasutamine suurendas mõlemas, Saku 1 ja Saku 2 katses kõige enam makroelementidest mulla liikuva kaaliumi sisaldust (tabel 4). Lämmastik, mida adru kõige rohkem sisaldas ja kõige enam mulda viidi Saku 1 katses, eriti kuivainerikka adругa (193 kg N ha<sup>-1</sup>), võis suures osas lenduda või ei olnud veel adru liigsuure kuivainesisalduse tõttu selleks ajaks lagunened. Saku

2 katses lämmastiku osas olulisi muutusi mullas ei ilmnenud, samas aga osa lämmastikust kasutati enamsaagi moodustamiseks. Märgatavamalt suurenes Saku 2 katses ka liikuva magneesiumi sisaldus. Mikroelementidest suurenes mullas kõige enam boori sisaldus Saku 2 katses.

**Tabel 4.** Adu kasutamise mõju mulla agrookeemilistele näitajatele Saku katsetes 2015-2017

Variant	Agrookeemilised näitajad*, mg kg <sup>-1</sup>									
	pH	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	B	C <sub>org</sub>	N
<b>Saku 1</b>	Saku 1 katse, 2015–2016									
Kontroll	7,23	197	190	5770	131	2,1	124	2,45	4,95	0,35
Adu, 20 t ha <sup>-1</sup>	7,22	195	197	5870	135	2,1	121	2,54	4,97	0,34
Sõnnik, 20 t ha <sup>-1</sup>	7,23	211	199	6210	139	2,2	121	2,66	5,04	0,34
NPK, 400 kg ha <sup>-1</sup>	7,23	196	206	6100	135	2,2	125	2,72	4,92	0,34
Adu mõju, ±	0	-1,1	3,6	1,7	3,1	0	-2,4	3,7	0,4	-2,9
<b>Saku 2</b>	Saku 2 katse, 2016–2017									
Kontroll	6,55	187	190	2200	50	1,25	148	1,04	1,93	0,15
Adu, 20 t ha <sup>-1</sup>	6,59	190	206	2240	57	1,20	152	1,50	1,96	0,16
Adu mõju, ±	0,6	1,6	8,4	1,8	1,1	-4	2,7	44,2	1,6	6,7

\*-2015.a muldaviidud adru (Saku1) k.a kogus oli 16 t ha<sup>-1</sup>; 2016.a 3,9 t ha<sup>-1</sup> (Saku 2).

\*- 2aasta kevade ja sügise mõõtmiste keskmised

Adu kasutamisel on oluline selle eelnev kääritsemine, et orgaaniline aine laguneks. Orgaanilise aine lagundamist soodustavad mikroorganismid, kes vajavad oma elutegevuseks niiskust. Õige niiskus selleks on, kui adrut pigistades eraldub mõni tilk vett. Seega kasutuskõlbliku adru saamiseks on vaja: korjata, virnastada ja kääritada seda mõni nädal, siis orgaaniline aine laguneb kiiresti ja toitained on taimedele kergesti omastatavad. Veelgi parema tulemuse annab adru komposteerimine sõnnikuga (Kärblane, H., 1996. Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat). Saku 1 katses kasutati kuivainerikast adru, Saku 2 katses oli aga adru 4 korda väiksema kuivainesisaldusega. Ilmekalt kajastub eri niiskus- ja lagunemisastmega adru väetusefektiivsus teraviljade saagikuses (tabel 5).

**Tabel 5.** Mullaparandusainete mõju teravilja saagikusele Saku katsetes

Variant	Saku 1 katse				Saku 2 katse			
	2015- kaer		2016 -oder		2016 - oder		2017 - spelta	
	kg ha <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>	%
Kontroll	3310	100	2860	100	3260	100	1260	100
Adu, 20 t ha <sup>-1</sup> *	3780	114	2850	99,7	4030	124	1760	140
Sõnnik, 20 t ha <sup>-1</sup>	4210	127	2880	107	-			-
NPK, 400 kg ha <sup>-1</sup>	5510	166	3120	109	-			-
PD 95%	1505	-	205	-	-			-

\*-2015.a muldaviidud adru (Saku1) k.a kogus oli 16 t ha<sup>-1</sup>; 2016.a 3,9 t ha<sup>-1</sup> (Saku 2).

Kuivainerikka adru puhul jäi vaatamata suurele muldaviidud kogusele selle mõju saagikusele ja samuti mullale kesiseks. Ka Saku 2 katses ilmnas, et suurema niiskusesisaldusega adru mulda viimisel lagunes orgaaniline aine aeglaselt ja andis arvestatava enamsaagi ka järgneval aastal peale kasutamist.

### Järvemuda mõju taimetoiteelementide sisaldusele mullas

Muutused mullas järvemuda kasutamisel kevadise ja sügise mõõtmiste vahel 2 aasta vältel

kõikusid sedavõrd, et mitte kõigi toiteelementide sisaldusele ei avaldanud selgepiirilist usutavat mõju. Järvemuda kasutamine suurendas kõige enam mulla liikuva kaltsiumi sisaldust, kuna  $100 \text{ t ha}^{-1}$  mudaga viidi mulda arvestatav kogus ( $2,6 \text{ t}$ ) kaltsiumi, mis mõjutas mulda veelgi enam leelisuse suunas (tabel 6). Mida suurem on mulla leelisus, seda raskemini on fosfor taimedele omastatav. Suuremat mõju avaldas järvemuda kasutus veel mangaani, vase ja boori sisaldusele mullas. Mangaani poolest oli muld vaene ja selleks ka jäi. Liikuva vase sisaldus oli mullas keskmisel tasemel ja muutus ei ületanud tarbeastme piiri. Boorisaldus oli ja jäi väga madalaks ka pärast järvemuda  $100 \text{ t ha}^{-1}$  kasutust. Seega järvemuda väetusväertus on kesine, mida on ka varasemates uuringutes täheldatud (<http://www.ut.ee/BGGM/maavara/meremuda.html>). Väetusväertuse suurendamiseks ja mikrobioloogilise aktiivsuse tõstmiseks soovitatakse 3–4 osa järvemuda segada 1 osa sõnnikuga, mis soodustab orgaanilise aine lagundamist. Järvemuda soovitatakse kasutada kergema lõimiga muldadel, kus väetismõju avaldub kiiremini (Kärblane, 1996).

**Tabel 6.** Järvemuda mõju mulla agrookeemilistele näitajatele Jõgeva katses 2015–2016

Variant ja selle mõju	Agrokeemilised näitajad*, $\text{mg kg}^{-1}$									
	pH	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	B	C <sub>org</sub>	N
Kontroll	7,35	48	115	4275	85	1,8	52	0,65	1,71	0,14
Järvemuda, $50 \text{ t ha}^{-1}$	7,41	44	101	4859	88	1,9	63	0,66	1,81	0,15
mõju, %	0,8	-7,5	-12,1	13,7	4,4	5,0	22,0	1,7	5,4	2,5
Järvemuda, $100 \text{ t ha}^{-1}$	7,39	51	118	5947	92	2,3	65	0,76	1,97	0,16
mõju, %	0,6	9,4	2,6	39,0	8,2	23,5	25,0	16,9	15,2	14,3

- - 2aasta kevade ja sügise mõõtmiste keskmised

### Järvemuda keemilise koostise määramisest ja tulemuste interpreteerimisest

Järvemuda tulemuste interpreteerimisel tuleb ka arvestada, et muda keemiline koostis on määratud elementide üldsisaldusena ja määratakse analoogselt sõnniku analüüsil kasutataval meetodil. Kuna muda koostisse kuulub ka suur osa, 43–56%, mineraalset ainet, milles on toiteelementide seotus ja vabanemine oluliselt erinev orgaanilise aine omast. Pigem sarnaneb järvemuda mineraalosa mullaga ja kogu fosforist, kaaliumist on ainult väga väike osa liikuv ja taimede poolt omastatav. Kui järvemuda üldfosforisisaldus oli  $840\text{--}910 \text{ mg kg}^{-1}$ , siis liikuvat fosforit (Mehlich 3) sisaldas oli ainult  $25 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Sõltuvalt setete redokspotentsiaalst ja pH-st on rauaühendite rikkad järvesetted võimelised endaga siduma suurtes kogustes fosforit (Heinsalu, A., Vassiljev, J. Ja Veski, S. Kääriku järve lõunapoolse osa setete lasund ja omadused. Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut, 2003). Analüüsitulemustest ilmnes ka, et järvemuda sisaldab palju rauda, mis seob fosfori raudfosfaadiks –  $\text{FePO}_4^{3-}$ , millest on P taimedele kättesaadatu. Sama kehtib ka teiste elementide kohta. Seetõttu ei anna toiteelementide sisalduse määramine sama meetodiga mis sõnniku puhul, sõnnikuga võrreldavat tulemust. Sõnnikus leiduv fosfor ja kaalium on kergesti lahustuv ja taimedele kättesaadav, mineraalosa seotud fosfor jt aga mitte. Seepärast peaks määrama muda iseloomustamisel lisaks orgaanilise ainega seotud toiteelementide sisaldusele ka toiteelementide liikuvad vormid sarnaselt mullaga, s.o siis meil väetustarbe määramisel kasutatava Mehlich 3 väljatõmbest.

Sellekohaseks võrdluseks määrati järvemudast täiendavalt liikuvate toiteelementide sisaldus Mehlich 3 väljatõmbest. Analüüsitulemustest (tabel 7) selgus, et liikuvate toiteelementide sisaldus on üsna väike ja suhtarv kogusisaldusse on elementidel erinev.

**Tabel 7.** Järvemuda  $100 \text{ t ha}^{-1}$  muldaviidud toiteelemendid

Element	Elemendi		Suhtarv
	kogusisaldus, kg ha <sup>-1</sup>	liikuv sisaldus, kg ha <sup>-1</sup> (Mehlich 3)	
P	75	0,6	125
K	70	7	10
Ca	2600	428	6
Mg	118	25	5
Cu	0,3	0,00	-
Mn	30	3	10

Järvemuda väetisväärtust seetõttu tuleks hinnata liikuvate, taimede poolt omastatavate toiteelementide sisalduse järgi.

Järvemuda väike väetisväärtus koos suurte kapitaalimahutustega järvest väljapumpamisega tahenemisväljakule seab selle kasutuse otstarbekuse naturaalsel kujul kahtluse alla. Väidetavalt võib selline materjal sisaldada poolikult hapendatud ühendeid, mis võivad pidurdada taimede kasvu ja arengut. Seetõttu on väljatöötatud tehnoloogia ja tootmisliini sapropeelil/järvemudal põhinevate väetiste tootmiseks ja väärindamiseks (Pupin, V. B., 2011. Patent P201100059 – Sapropeelil põhinevate väetiste tootmisliin). Selleks kasutatakse dekanteeritud tsentrifuugi, mis on valmistatud GEA Westfalia Separator Systems GmbH (Saksamaa) poolt (info: [www.westfalia-separator.com](http://www.westfalia-separator.com)).

## Ohud alternatiivsete mullaparandusaine kasutamisel

### Raskmetallid

Raskmetallide osas on nii mõndagi ebaselget. Milline on ohutu piirnorm adrus/järvemudas, kui suures koguses kasutada on ohutu, kuna kasutatavad kogused on küllaltki suured. 2015. aastal läbiviidud rakendusuringute projekti „Ülevaade alternatiivsete mullaparandusainete kasutusvõimalustest ja tehnoloogiast mahepõllumajanduslikus taimekasvatuses“ andmetest ilmnes, et ohupiiri ületavad kaadmium ja nikkel. Tähelepanu äratas ka baarium, mille sisalduse kõikumine nii adru kui ka järvemuda proovides oli üsna lai: adru sisaldas 60–249 mg kg<sup>-1</sup>; järvemuda aga koguni 93–474 mg kg<sup>-1</sup>. Teatud ohuallikaks võib osutuda ka kõrge raua sisaldus järvemudas (18 400–18 800 mg kg<sup>-1</sup>) teiste toiteelementide omastatavusele taimede poolt. Baarium (Ba) on kõige raskem metall (leelismuldmetall). Keemiliselt on baarium väga aktiivne – tõrjub veest ja hapetest energiliselt välja vesiniku, reageerib fosfori, väävli, halogeenide jt. mittemetallidega. Looduses leidub baariumi vaid ühenditena, millest tavalisemad on baariumsulfaat (BaSO<sub>4</sub>) ja baariumkarbonaat (BaCO<sub>3</sub>). Lahustuvad Ba-ühendid on väga mürgised. Regulaatiivseid andmeid aga ohutuks adru ja järvemuda kasutamiseks praegu ei ole.

### Järvemuda paakumine

Järvemuda õhu käes kuivades muutub kivikõvaks koorikuks, mis hiljem enam vees ei lahustu. Muda läbikülmumine lõhub molekulaarstruktuuri selliselt, et see enam ei paaku. Muda läbikülmumist peetakse muda efektiivsel kasutusel möödapääsmatuks.

## 1.2. Elektriliste omaduste mõõtmine perkomeetriga. Mulla soolsus ja niiskus.

Põhitäitja: Tiit Plakk

Mõõtmised viidi läbi perkomeetriga kasutades mulda surutavat toruandurit. Perkomeeter (dielektrilise läbitavuse ja elektrijuhtivuse mõõtja) on seade, millega määratakse samaaegselt mullas *in situ* suhteline dielektriline läbitavus ( $E_r$ , suhtelised ühikud) sagedusel 40–50 MHz ning mulla elektrijuhtivus ( $E_{Ca}$ , *Soil Bulk Electrical Conductivity*,  $\mu\text{Scm}^{-1}$ ) sagedusel 1 KHz. Mõõdetud dielektrilise läbitavuse  $E_r$  alusel arvutatakse mulla mahuline niiskus  $W_v$  % ning mulla juhtivuse  $E_{Ca}$  ja  $E_r$  kaudu arvutatakse mulla soolsus  $E_{Ce}$  (*Soil Extract Electrical Conductivity*, küllastunud mullalahuse ekstrakti elektrijuhtivus  $\mu\text{Scm}^{-1}$  taandatuna 20 °C), mis iseloomustab summaarset lahustunud ionide hulka mullalahuses. Viimane suurus on otseselt seotud taime toiteelementide sisaldusega mullas. Meie poolt eelnevalt määratud  $E_{Ce}$  diapasooneid Eesti põllumuldade kohta on järgmised:

$E_{Ce}$  150...300 looduslik, kurnatud, toitainetevaene muld

$E_{Ce}$  300...500 nõrk kuni keskmine toitainete sisaldus

$E_{Ce}$  500...800 toitaineterikas muld

$E_{Ce}$  800...1200 hästi väetatud muld koheselt pärast väetiste lahustumist mullas. Maksimaalsed mõõtetulemused Eesti muldades kuuluvad siia piirkonda.

$E_{Ce}$  üle 4000 mulla liigsoolsuse piir (Eestis ei ole probleemiks).

$E_{Ca}$  ja  $E_{Ce}$  omavaheline seos on täpsem kergema lõimisega liivsavi-saviliiv muldade korral, kus savi sisaldus on väiksem, st. nende muldade korral kajastub toitainete sisalduse muutus mullas suuremal määral kui raskema lõimisega muldade korral.

## Tulemused

### Saku1 katse

Mõõtmised toimusid 9 korral (tabel 8). Kuna mullakiht katsealal oli suhteliselt õhuke mõõdeti mulla elektrilisi parameetreid igal lapil 10 punktis kahes kihis.

**Tabel 8.** Mõõtmised Saku 1 katses 2015-2016

Kuupäev	Kontroll		Auru 20 t ha <sup>-1</sup>		Sõnnik 20 t ha <sup>-1</sup>		NPK 400 kg ha <sup>-1</sup>	
	$E_{Ce}$ $\mu\text{Scm}^{-1}$	$W_v$ %	$E_{Ce}$ $\mu\text{Scm}^{-1}$	$W_v$ %	$E_{Ce}$ $\mu\text{Scm}^{-1}$	$W_v$ %	$E_{Ce}$ $\mu\text{Scm}^{-1}$	$W_v$ %
19.05.2015	689	35,0	742	33,1	813	34,0	654	32,9
10.06.2015	597	28,8	713	29,5	782	28,8	753	28,1
19.06.2015	610	29,9	833	31,4	685	29,5	735	29,8
1.07.2015	624	32,1	745	31,8	662	30,7	772	29,2
13.07.2015	659	32,6	854	33,0	668	31,9	719	31,3
14.08.2015	559	30,4	595	27,1	610	26,5	583	25,0
16.09.2015	627	31,6	678	33,2	665	33,6	664	32,0
7.06.2016	556	25,0	415	22,1	431	22,3	408	20,5
24.08.2016	701	36,9	692	36,7	678	36,1	704	35,5
conf 0.05	44	< 1.5	71	<1.5	42	<1.5	58	<1.5

Mulla soolsus (toitainete dünaamika) oli optimaalne Saku 1 katseala NPK variandis. Teistes katsevariantides erines nii toitainete dünaamika kui ka paiknemine oluliselt NPK variandist. Sõnniku puhul algas taimedele kättesaadavate toitainete kiire vähenemine alates sõnniku laotamisest. Üheks põhjuseks võis olla see, et toitained sattusid seoses kündmisega sügavamale mullakihtidesse. Osa toiteelemente võis olla ka seotud mulla neelava kompleksiga või hoopis leostunud. Auru kasutamisel viidi mulda küll suures koguses toitaineid, kuid nende liikumine mulda oli aeglane ning sisse kündmise korral toimusid toitainete vabanemise



protsessid sügaval ning ei soodustanud oluliselt taimede kasvu. Kohati kõrged E<sub>Ce</sub> väärtused kajastusid küll suuremas mulla bioloogilises aktiivsuses, kuid toitained ei olnud taimedele kättesaadavad (liiga hilja ja liiga sügaval).

2016. aasta järeelmõjuna katse variantide vahel mulla elektrilistes omadustes olulist erinevust ei olnud.

### Saku 2 katse (Üksnurme)

Saku 2 katses mõõdeti perkomeetriga kontrollvarianti ja adruuga varianti 20 t ha<sup>-1</sup> 17.05.2016 (10 mõõtepunkti 3 sügavust variandi kohta) ja 24.08.2016 (10 punkti 2 sügavust, kuna muld oli mõõtmiseks liiga kõva).

Tulemustest on selgelt näha (tabel 9), et Saku 2 katses suurendas adru kasutamine E<sub>Ce</sub> umbes 10% võrra, lisatoitained olid kättesaadavad juba esimese mõõtmise ajal 27.05.2016 ning see kajastus ka saagis (tabel 5, joonis 7).

**Tabel 9.** Mõõtmised Saku 2 katses 2016. aastal

Sügavus, cm	Kuupäev	Kontroll		Adru 20 t ha <sup>-1</sup>	
		Elektrijuhtivus, E <sub>Ce</sub> μScm <sup>-1</sup>	Mulla mahuline niiskus, W <sub>v</sub> %	Elektrijuhtivus, E <sub>Ce</sub> μScm <sup>-1</sup>	Mulla mahuline niiskus, W <sub>v</sub> %
5	27.05.2016	492	19,8	548	21,3
15	27.05.2016	534	22,6	565	22,7
25	27.05.2016	485	22,2	586	22,6
Keskmine		504	21,5	566	22,2
10	24.08.2016	321	29,5	386	30,3
20	24.08.2016	420	30,4	534	29,9
Keskmine	24.08.2016	371	29,9	460	30,1

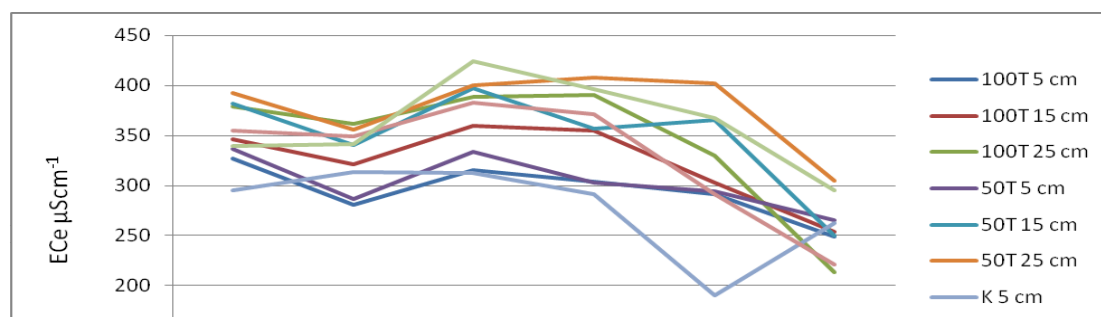
### Jõgeva katse

Mõõtmised toimusid 6 korral kuupäevadel 20.05, 15.06, 13.08, 4.09.2015 ning 03.06.2016 ja 18.08.2016. Mõõdeti igas variandis 10 mõõtepunkti, iga mõõtepunkt kolmes sügavusel 5, 15 ja 25 cm (joonis 1). Mulla lõimis Jõgeva katsepõllul oli raske lõimisega liivsavi (I<sub>s3</sub>), mille tõttu oli mulla näiv elektrijuhtivus E<sub>Ca</sub> sama toitainete sisalduse juures oluliselt suurem kui kergematel saviliiv muldadel (ka toitainete sidumise ning liikumise dünaamika on kergema lõimisega muldadest erinev).

Mulla niiskuse väärtuste vahel eri katsevariantides olulisi erinevusi ei olnud, ainus erinevus oli kuival perioodil mõne % võrra suurem niiskus kontrollvariandi mulla ülemises kihis. Kõikides variantides ja kõigil mõõtmistel oli toitainete jaotus sügavuse lõikes kasvav. Variantide vahel oli erinev E<sub>Ce</sub> muutus perioodil 20.05–15.06.

Sel perioodil variantides 100T ja 50T E<sub>Ce</sub> vähenes (toitained tarbiti taimede poolt ära), variandis K (kontroll) aga isegi natuke suurenes. Edaspidi E<sub>Ce</sub> väärtused sisuliselt võrdsustusid ning olid kõikides katsevariantides sarnased.

Suures pildis võib öelda, et raske lõimisega mulda viidud järvemuda mõjul mulla elektrilised näitajad ei muutunud.



**Joonis 1.** Jõgeva katsevariantide (100T- järvemuda 100 t ha<sup>-1</sup>, 50T- järvemuda 50 t ha<sup>-1</sup> ja K-kontroll) mulla soolsus 5, 10 ja 25 cm sügavusel mullakihis

### 1.3. Mulla füüsikalised parameetrid

Põhitäitja: Edvin Nugis

#### Katsemuldade niiske sõelumine

Mullaproovid võeti 2016. aastal septembris pärast saagi koristamist mõlemal katsealal 0–20 cm sügavuselt labidaga, asetati kilekottidesse ning viidi laborisse. Muldade niiske sõelumine viidi läbi mulla niiskes olekus kuues korduses. Enne sõelumist võeti proovid mulla gravimeetrilise niiskuse (% g g<sup>-1</sup>) määramiseks igast katsevariandi mullast kolmes korduses.

Mulla struktuursuse ( $K_{str}$ ) hindamiseks kasutati Rootsi Põllumajandusteaduste Ülikooli (SLU) poolt välja töötatud mulla niiske sõelumise meetodit, mille puhul kasutati sõelte *U.S.A. Standard Testing Sieve* komplektist kahte sõela, avadega 4,75 mm ja 2 mm ning alust, millele kogunesid alla 2 mm läbimõõduga mullaosakesed.

Agronoomiliselt eelistatavamateks loetakse mullaosakesi, mille läbimõõt jääb vahemikku 2–4,75 mm, ülejäänuid (suurmaid kui 4,75 mm ja väiksemaid kui 2 mm) aga agronoomiliselt mitte-eelistatavateks. Nende suhte arvutamisest saadaksegi mulla struktuursuse tegur ( $K_{str}$ ), mis arvutatakse alljärgneva valemi abil:

$$K_{str} = \frac{m_{2-4,75}}{m_{<2} + m_{>4,75}}$$

kus  $m_{2-4,75}$  - agronoomiliselt eelistatavamate mullaosakeste mass (g) sõelal avade läbimõõduga 2–4,75mm;  $m_{<2}$  - agronoomiliselt mitte-eelistatavamate mullaosakeste mass (g) sõelal avade läbimõõduga <2 mm;  $m_{>4,75}$  - agronoomiliselt mitte-eelistatavamate mullaosakeste mass (g) sõelal avade läbimõõduga >4,75 mm.

#### Katsemuldade kuiv sõelumine

Katsepõldudelt võetud mullad asetati laboris 2–5 cm tuseduse kihina laudadele ja kuivatati kuni õhkuiva seisundini. Kuivisõelumisel kasutati täiskomplekti *U.S.A. Standard Testing Sieve* kõiki sõelu (avade läbimõõduga 9,5 mm kuni 0,075 mm). Lisaks kasutati ka veel järgnevate avade läbimõõduga sõelu: 1 mm, 0,425 mm, 0,25 mm ja 0,150 mm. Enne sõelumist määrati mulla gravimeetriline niiskus (% g g<sup>-1</sup>).

Pärast sõelumist kaaluti sõeltele jäänud mulla mass, seejärel arvutati summaarne mulla mass ja iga fraktsiooni osatähtsus selle suhtes. Vaatlusalusteks fraktsioonideks olid veekindlad agregaadid (1–0,25 mm) ja mulla panklikkus (mulla osakesed läbimõõduga üle 9,5 mm).

Katseandmeid analüüsiti statistiliselt. Tulemuste keskmised väärtused, standardhälve ja standardviga hinnati Exceli programmi abil. Katse variantide piirdiferentside ( $PD_{05}$  ehk  $p < 0.05$ ) ja erinevuste usutavus hinnati t –meetodil.

## Tulemused

### Niiske mulla sõelumise tulemused

Lähtuvalt mulla struktuursusest ja välja töötatud vastava mulla struktuursuse teguri  $K_{str}$  näitaja (vt. valemit) tulemustest on agronoomiliselt eelistatavate mullaosakeste suurem osakaal toodud tabelites 10, 11 ja 12. Vaadeldes mulla struktuursuse hindamisel mulla gravimeetrilise niiskuse tulemusi selgus, et need olid nii Jõgeva, Saku 1 (Karantiiniaed) kui ka Saku 2 (Üksnurme) muldadel sisuliselt identsed ja katsevariantide vahel usutavaid erinevusi ei olnud. Kui aga analüüsiti katsevariante mulla struktuursuse teguri  $K_{str}$  näitajat võrreldes kontrollvariandiga, selgus et  $K_{str}$  näitaja oli Saku 1 katses sõnniku ja adrua väetatud variantide oluliselt suurem.

Jõgeva ja Saku 2 katsealadel katsevariantide vahel mulla struktuursuse teguri ( $K_{str}$ ) puhul usutavad erinevused puudusid.

**Tabel 10.** Mulla struktuursuse teguri ( $K_{str}$ ) keskmised näitajad niiske seisundiga Jõgeva (2016. a järelmõju situatsioonis) mulla sõelumisel ( $n = 3$ )

Katsevariant	Järvemuda laotatud põllule (2015. a ja 2016. a järelmõju) ( $t ha^{-1}$ )	Mulla gravimeetriline niiskus ( $\%kg kg^{-1}$ )	Mulla struktuursuse näitaja, $K_{str}$
Kontroll	0	24,0±2,9	0,10±0,09
Järvemuda 50 $t ha^{-1}$	50	24,0±1,1	0,18±0,02
Järvemuda 100 $t ha^{-1}$	100	24,7±1,7	0,16±0,11

Märkus: arv ± on  $PD_{05}$  ( $p < 0.05$ )

**Tabel 11.** Mulla struktuursuse teguri  $K_{str}$  keskmised näitajad (2016. a järelmõju situatsioonis) niiske seisundiga Saku 1 mulla sõelumisel ( $n = 3$ )

Katsevariant	Adu laotatud põllule (2015. a ja 2016. a järelmõju) ( $t ha^{-1}$ )	Mulla gravimeetriline niiskus ( $\%kg kg^{-1}$ )	Mulla struktuursuse näitaja, $K_{str}$
Kontroll	0	34,2±0,9	0,55±0,17
Sõnnik 20 $t ha^{-1}$	20	33,8±0,1	0,90±0,33
Adu 20 $t ha^{-1}$	20	35,1±1,1	0,91±0,17
NPK 400 $kg ha^{-1}$	0,4	34,2±1,0	0,81±0,45

Märkus: arv ± on  $PD_{05}$  ( $p < 0.05$ )

**Tabel 12.** Mulla struktuursuse teguri ( $K_{str}$ ) keskmised näitajad niiske seisundiga Saku 2 (2016. a otsemõju situatsioonis) mulla sõelumisel ( $n = 3$ )

Katsevariant	Adu laotatud põllule (2016. a ja otsemõju situatsioonis) ( $t ha^{-1}$ )	Mulla gravimeetri-line niiskus ( $\%kg kg^{-1}$ )	Mulla struktuursuse näitaja, $K_{str}$
Kontroll	0	19,7±0,7	1,00±0,17
Adu 20 $t ha^{-1}$	20	20,4±0,4	1,00±0,22

Märkus: arv ± on  $PD_{05}$  ( $p < 0.05$ )

### Kuiva mulla sõelumise tulemused

Tabelite (13, 14 ja 15) põhjal on näha mulla veekindlate agregaatide osakaal (mullaosakesi

alates 0,250 kuni 1 mm) ja muldade panklikkus (mulla osakeste läbimõõduga üle 9,5 mm protsent). Mis puudutab veekindlaid agregate, siis seda hinnatakse selle järgi kui suur osa sõelutud mulla osakesi jäi pidama sõeltel, millede avade läbimõõdud on 0,425 mm ja 0,250 mm. Sealjuures õhkuiva mulla sõelumisel tuleb silmas pidada ka seda, et mida kõrgem on veekindlate mullaagregaatide protsent, seda vastupidavamad on nad sademetele.

Mulla panklikkuse osas on samuti oluline teada, kui palju neid mullas on. Mida suurem on mulla panklikkus, seda halvem on agrotehnilisest seisukohast vaadelduna mulla füüsikaline seisund.

Saku 2 katsealal usutavaid erinevusi katsevariantide veekindlate mullaagregaatide tulemuste osas ei esinenud, küll aga Saku 1 katsealal, kus oluliselt vähem veekindlaid agregate oli NPK variandis. Toodud tabelitest on selgelt näha, et Saku 2 katseala mullad (veekindlate mullaagregaatide % 11,3–11,5) on enim vastupidavamad sademetele. Jõgeva katsekohas mulla veekindlate agregaatide madalad väärtused (1,4–1,8) viitavad nii raskemale lõimisele kui ka mullaagregaatide väiksemale sademetele vastupidavusele.

Katsevariantide muldade panklikkuse (mullaagregaadid läbimõõduga >9,5 mm) näidud protsentides (kogu sõelutud mulla massi (kg) suhtes) olid kõige suuremad Jõgeva katsealal ja eriti kontrollvariandis. Saku muldadel oli see kõige kõrgem Saku 1 katseala NPK variandis. Samas, erinevus ei olnud statistiliselt usutav.

**Tabel 13.** Veekindlate agregaatide sisalduse mullas ja mulla panklikkuse (>9,5 mm) keskmised näitajad kuiva seisundiga Jõgeva mulla sõelumisel (n = 3)

Katsevariant	Järvemuda on laotatud põllule 2015. a (2016. a see on järelmõju situatsioonis (t ha <sup>-1</sup> )	Mulla gravimeetri-line niiskus (%kg kg <sup>-1</sup> )	Veekindlate agregaatide (>0,250 - <1 mm) sisaldus mullas (%)	Mulla panklikkus (>9,5 mm) (%)
Kontroll	0	2,6±0,05 <sup>ok</sup>	1,4±0,8	74,6±10,6
Järvemuda 50 t ha <sup>-1</sup>	50	1,2±0,05 <sup>ok</sup>	1,8±1,2	68,3±15,4
Järvemuda 100 t ha <sup>-1</sup>	100	1,3±0,05 <sup>ok</sup>	1,8±0,6	73,6±5,0

Märkus: arv ± on PD<sub>05</sub> (p<0.05); vahede usutavus - x<sub>i</sub><sup>ok</sup>

**Tabel 14.** Veekindlate agregaatide sisalduse mullas ja mulla panklikkuse (>9,5 mm) keskmised näitajad kuiva seisundiga Saku 1 mulla sõelumisel (n = 3)

Katsevariant	Adu on laotatud põllule 2015. a (2016. a see on järelmõju situatsioonis) (t ha <sup>-1</sup> )	Mulla gravimeetri-line niiskus (%kg kg <sup>-1</sup> )	Veekindlate agregaatide (>0,250 - <1 mm) sisaldus mullas (%)	Mulla panklikkus (>9,5 mm) (%)
Kontroll	0	4,9±0,05 <sup>ok</sup>	6,8±1,2	37,8±13,8
Sõnnik 20 t ha <sup>-1</sup>	20	5,5±0,05 <sup>ok</sup>	7,4±2,8	35,5±22,3
Adu 20 t ha <sup>-1</sup>	20	4,1±0,05 <sup>ok</sup>	7,4±1,2	36,1±4,7
NPK 400 kg ha <sup>-1</sup>	0,4	3,9±0,05 <sup>ok</sup>	5,6±0,7 <sup>ok</sup>	47,5±12,6

Märkus: arv ± on PD<sub>05</sub> (p<0.05); vahede usutavus - x<sub>i</sub><sup>ok</sup>

Lõpetuseks väärib tähelepanu see, et kõikide katsekohtade juures võib suuremal või väiksemal määral täheldada vastuproportsionaalset seost mulla kõrge panklikkuse (>9,5 mm) ja veekindlate mullaagregaatide (>0,250 - <1 mm) vahel. Sealjuures eriti hästi oli see jälgitav Jõgeva katse puhul.

**Tabel 15.** Veekindlate agregaatide sisalduse mullas ja mulla panklikkuse (>9,5 mm) keskmised näitajad kuiva seisundiga Saku 2 mulla sõelumisel (n = 3)

Katsevariant	Aдру on laotatud põllule 2016. a ja see on otsemõju situatsioonis (t ha <sup>-1</sup> )	Mulla gravimeetriline niiskus (%kg kg <sup>-1</sup> )	Veekindlate agregaatide (>0,250 - <1 mm) sisaldus mullas (%)	Mulla panklikkus (>9,5 mm) (%)
Kontroll	0	1,4±0,05 <sup>ok</sup>	11,3±1,1	26,1±7,7
Aдру 20 t ha <sup>-1</sup>	20	1,6±0,05 <sup>ok</sup>	11,5±2,9	23,5±7,0

Märkus: arv ± on PD<sub>05</sub> (p<0.05); vahede usutavus - x<sub>i</sub><sup>ok</sup>

### Järeldused

2015. aastal kasutatud alternatiivsete väetusainete otsemõju tulemuste puhul selgus, et Jõgeva katseala mulla struktuursuse seisukohalt olid parima struktuuriga järvemudaga (100 t ha<sup>-1</sup>) väetatud muld. Võrreldes teiste katsevariantidega esines selles katsevariandis ka rohkem veekindlaid agregaate ning oli väiksem mulla panklikkus. Järeelmõju uuringu käigus leiti, et järvemuda ja adru kasutamise järelmõju mulla füüsikalistele parameetritele uuritud katsealadel puudus.

### 1.4. Mulla mikrobioloogiline aktiivsus

Põhitäitja: Liina Edesi

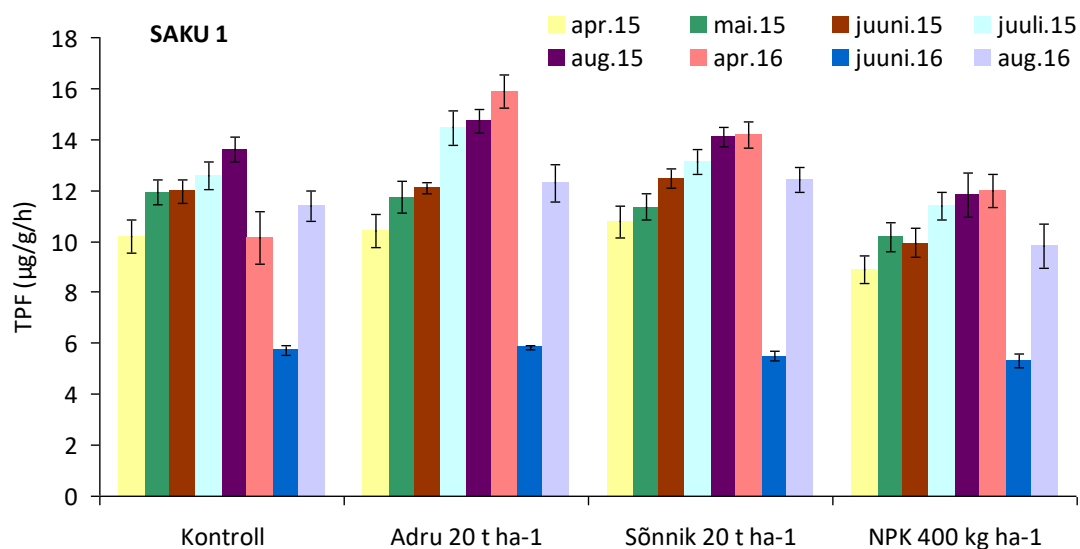
Muutused mulla mikrobioloogilises aktiivsuses on varajaseks märgiks, kas mullaviljakuse paranemisest või siis hoiatus selle halvenemisest. Seetõttu uurisime alternatiivsete väetusainete mõju ka mulla mikrobioloogilisele aktiivsusele. Mulla mikrobioloogilise aktiivsuse iseloomustamiseks kasutati ensümaatilise aktiivsuse määramise meetodit. Määratud ensüümiks oli dehüdrogenaas, mis on mulla üldise mikrobioloogilise aktiivsuse hindamisel laialt levinud indikaator. Mullaproovid võeti 2015. (Saku 1 ja Jõgeva - otsemõju), 2016. (Saku 1 ja Jõgeva- järelmõju; Saku 2- otsemõju) ja 2017. (Saku 2 -järelmõju) aastal neljas korduses 0–20 cm sügavusest mullakihist aprillist augustini. Mullaproovid sõeluti läbi 2 mm sõela ja säilitati kuni määramiseni 4 °C temperatuuri juures. Mulla dehüdrogenaasi aktiivsus (DHA) määrati Tabatabai järgi (Tabatabai M. A. 1982. Soil enzymes. In: Methods of Soil Analysis, Part 2 Chemical and Microbiological Properties, second ed., vol. 9, lk. 903–947) järgi. Mullaproovidele (5 g), lisati TTCd (triphenyltetrazoliumchloride), mille mikroobid redutseerisid TPF-ks (triphenyltetrazoliumformazan). Proove inkubeeriti 24 h 30 °C juures. Pärast inkubeerimist lisati proovidele atsetoon, mis värvus vastavalt TPF kontsentratsioonile punakaks. Värvuse intensiivsust mõõdeti spektrofotomeetriga (546 nm).

### Tulemused

#### Saku 1 katse

2015. aastal oli Saku 1 katseala kõikide variantide mulla dehüdrogenaasi aktiivsus kõrge. Peamiste põhjustena saab siin välja tuua mulla kõrget orgaanilise süsiniku sisaldust (Corg 3–5%), neutraalset mullareaktsiooni (pH 7) ning küllaltki suurt toitainetesisaldust (tabel 2). Aprilli lõpus, enne mullaparandusainete kasutamist näitasid mulla dehüdrogenaasi aktiivsuse tulemused katseala küllaltki ühtlast aktiivsust, jäädes 8,9–10,8 TPF µg g h<sup>-1</sup> (joonis 2). Järgmine määramine tehti maikuu, nädal pärast adru ja sõnniku laotamist katselappidele ja kogu katseala kündmist. Tulemused näitasid ühtlast aktiivsuse tõusu kõigis katsevariantides, seega

ei olnud ühe nädalaga mullaparandusainete ja väetiste mõju veel avaldunud. Kolmas määramine toimus juunis, kaera võrsumise ajal. Mullas dehüdrogenaasi aktiivsus oli tõusnud sõnnikuga väetatud variandis. Seega võib järeldada, et selleks ajaks oli sõnnik mullas lagunema hakanud ning vabanesid toitained. Teistes katsevariantides olulisi muutusi veel ei esinenud. Adruga väetatud variandis oli tõus väga väike, seega võib oletada, et aktiivset adru lagunemist mullas veel ei toimunud. Suure kuivainesisaldusega adru lagunemist mullas pidurdas veel omakorda asjaolud, et terve mai kui ka juuni esimese dekaadi jooksul esines Saku katsealal sademeid kokku vaid 27 mm. Juuni teisest dekaadist sademete hulk suurenes ning juuni teisel ja kolmandal dekaadil oli sademete hulk kokku 46 mm.



**Joonis 2.** Mulla dehüdrogenaasi aktiivsus (TPF ( $\mu\text{g g}^{-1}\text{h}^{-1}$ )) Saku 1 katsealal 2015. ja 2016. aastal (2015- otsemõju; 2016 - järelmõju)

Sademete hulga suurenemise positiivne mõju ilmnes ka juuli määramistulemustes, mis näitasid kõigis katsevariantides mulla dehüdrogenaasi aktiivsuse tõusu. Kõige suurem aktiivsuse muutus oli adruuga väetatud variandis, mis tähendas, et kõrsumise lõppfaasis oli adru hakanud lõpuks ka aktiivselt lagunema. Toitainete hulga järsku suurenemist selle variandi 10–20 cm mullakihi näitasid ka 01.07 läbiviidud mõõtmised percomeetriga. Viimane määramine viidi läbi kaera piimküpsuse faasis. Usutavalt tõusis mulla dehüdrogenaasi aktiivsus vaid sõnnikuga väetatud variandis, adruuga variandis jäi aktiivsus võrreldes eelmise määramisega samale tasemele.

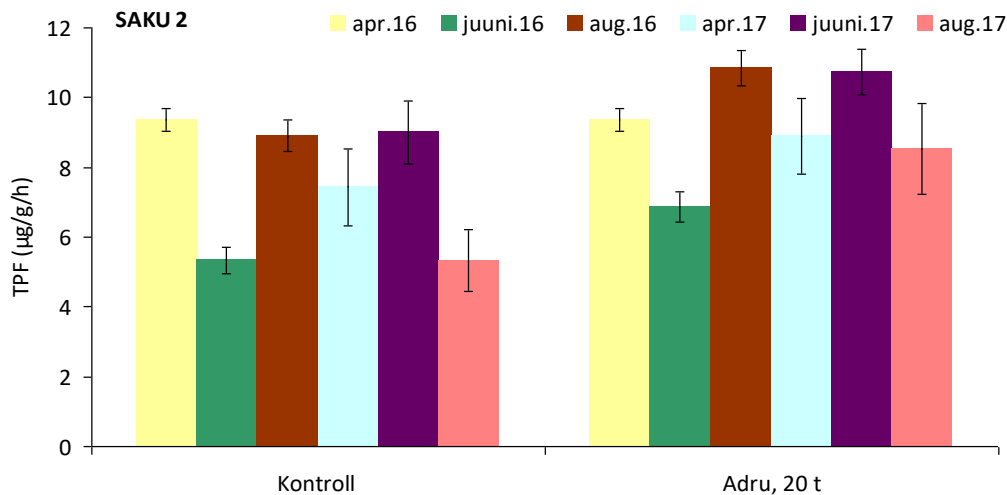
2016. aastal oli aprillis mulla dehüdrogenaasi aktiivsus kõige kõrgem nii adru kui ka sõnnikuga väetatud variantides ning madalaim kontrollvariandis. Peale maikuu põuaseid tingimusi langes mikrobioloogiline aktiivsus kõigis katsevariantides sarnasele tasemele. Augustiks oli mikrobioloogiline aktiivsus uuesti tõusnud ning taas usutavalt kõrgem adru ja sõnnikuga väetatud variantides. Madalaim oli dehüdrogenaasi aktiivsus katsevariandi mullas, kus 2015. aastal kasutati mineraalväetist (NPK variant).

### Saku 2 katse

Kuigi 2016. aasta kevadel Saku 2 katsealal muldaviidud niiske ( $20\text{ t ha}^{-1}$ ) adru ei mõjutanud märkimisväärselt toitainetesisaldust mullas, saadi selle mõjul odra enamsaagiks 770 kg teri hektarilt. Adruga muldaviidud täiendav niiskus võis aidata põuase maikuu negatiivseid ilminguid leevendada, mis omakorda avaldus saagitõus. See võis olla ka põhjuseks miks oli

Saku 2 adruka väetatud variandi mulla dehüdrogenaasi aktiivsus nii juuni kui ka augusti kuus võrreldes kontrollvariandiga kõrgem (joonis 3).

2017. aastal oli võrreldes kontrollvariandiga suuremat mulla dehüdrogenaasi aktiivsust adru variandis märgata juba aprillis. Oluliselt kõrgem aktiivsus adru variandis määrati aga juunis ja augustis. Seega võib järeldada, et 2017. aastaks toimus aktiivne adru lagunemine mullas ning selle käigus vabanesid ka toitained. Seda kinnitab ka see, et 2017. aastal saadi adru katsevariandis suurem spelta saak kui kontrollvariandis (joonis 7).

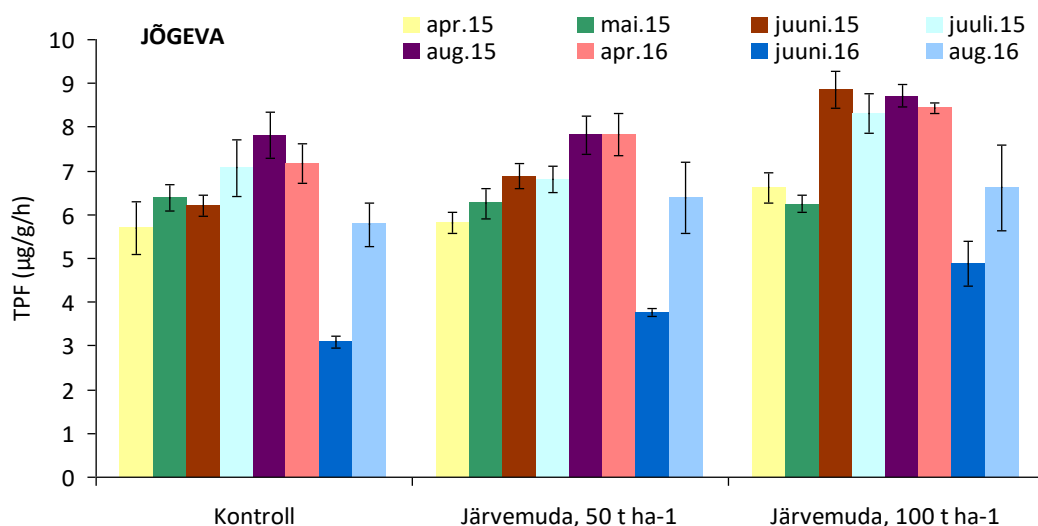


**Joonis 3.** Mulla dehüdrogenaasi aktiivsus, TPF ( $\mu\text{g g}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) Saku 2 katsealal 2016. ja 2017. aastal (2016- otsemõju; 2017 - järelmõju)

### Jõgeva katse

Jõgeva katseala mulla dehüdrogenaasi aktiivsus oli 2015. aastal madalam kui Saku 1 katsealal, kuna Corg ja toitainete sisaldust mullas oli võrreldes Saku 1 katseala muldadega madalam (tabel 2). Esimese mõõtmise tulemused enne järvemuda laotamist näitasid kõigi katsevariantide lappidel küllaltki sarnast aktiivsust ( $5,6\text{--}6,6\text{ TPF } \mu\text{g g}^{-1}\text{h}^{-1}$ , joonis 6). Kaks nädalat pärast järvemuda laotamist ning kõigi katselappide kultiveerimist olulisi muutusi dehüdrogenaasi aktiivsuses ei olnud veel toimunud. Põhjuseks võib pidada vähest sademete hulka mai teisel ja kolmandal dekaadil (kokku 16 mm). Muutusi oli märgata kolmanda mõõtmise ajal (juuni), kuid seda vaid katsevariandis, mida väetati kõrgema järvemuda normiga ( $100\text{ t ha}^{-1}$ ). Ka kahe järgneva mõõtmise (juuli ja august) tulemused selles variandis olid võrreldes kontrollvariandi ja järvemuda variandiga  $50\text{ t ha}^{-1}$  oluliselt kõrgemad. Kontrollvariandi ja järvemuda variandi  $50\text{ t ha}^{-1}$  vahel kogu mõõtmistsükli jooksul usutavaid erinevusi ei esinenud.

2016. aastal Jõgeva katses järelmõju uurimisel mulla dehüdrogenaasi aktiivsusele selgus, et usutavaid erinevusi aprillis ja augustis katsevariantide vahel ei esinenud (joonis 4). Samas juunikuu alguses (põua tingimustes) oli mulla dehüdrogenaasi aktiivsus oluliselt kõrgem järvemudaga  $100\text{ t ha}^{-1}$  väetatud variandis. See viitas sellele, et  $100\text{ t}$  järvemudaga väetamisel oli loodud mullas elavatele mikroorganismidele parem elukeskkond ekstreemsetes tingimustes vastupidamiseks.



**Joonis 4.** Mulla dehüdrogenaasi aktiivsus (TPF ( $\mu\text{g g}^{-1}\text{h}^{-1}$ )) Jõgeva katsealal 2015. ja 2016. aastal (2015- otsemõju; 2016 - järelmõju)

### Järeldused

Järvemuda kasutamise otsemõju dehüdrogenaasi aktiivsusele ilmnes vaid järvemuda 100 t ha<sup>-1</sup> variandis. Positiivset järelmõju oli samuti märgata vaid suure järvemuda kasutuskoguse korral (100 t ha<sup>-1</sup>) ning sedagi vaid põuatingimustes. Väiksema koguse järvemuda (50 t ha<sup>-1</sup>) kasutamisel nii otse- kui ka järelmõju mulla dehüdrogenaasi aktiivsusele puudus. Samas adru kasutamisel mullaparandusainena oli positiivne otse- kui ka järelmõju mulla dehüdrogenaasi aktiivsusele olemas.

### 1.5 Taimehaigustesse nakatumine

Põhitäitja: Elina Akk

Kahjustuse avaldumise intensiivsus hinnati 2015. aastal kaeral ja 2016. aastal odral iga taime kohta protsentides skaalal 1–100% (1% = üks haiguselaik taimel, kuni 100% = kogu taim nakatunud). Kahjustuse intensiivsus arvutati iga katselapi ning seejärel variandi keskmisena protsentides.

Saagi ohutuks kasutamiseks hinnati valminud teradel *Fusarium* seente arvukust protsentides, määrati *Fusarium* seente liigid ning mükotoksiinide DON, HT2 ja T2 esinemine. *Fusarium* seente määramiseks asetati igast variandist 25 tera neljas korduses selektiivsöötmele (CZID, Difco™). *Fusarium* spp. kasvatati 20 °C juures seitse päeva. Seejärel loendati proovides terad, millel *Fusarium* seened olid kasvama läinud. *Fusarium* spp. esinemine väljendati protsentides (%) järgmiselt: *Fusariumiga* terade arv / terade koguarv x 100. *Fusarium* liikide määramiseks isoleeriti proovides kasvama läinud *Fusarium* spp. kartulitärklise söötmele (PDA, Difco™), millel neid kasvatati 25 °C juures seitse päeva. *Fusarium* liigid määrati morfoloogiliste tunnuste ja mikroskoobi abil kasutades vastavaid määrajaid (Leslie ja Summerell. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. Watanabe, T. 2002. Soil and Seed Fungi. Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species).

Mükotoksiinide sisaldused määrati vaid 2015. aastal kaera vihuproovidest kogutud terasaakide analüüsimisel gaaskromatograaf-massidetektoriga (GC-MS, Agilent). Proovide ettevalmistamine ja analüüsimine toimus vastavalt Saastamoinen ja Saloniemi (1997) metoodikale (I. Saastamoinen, H. Saloniemi. – Quantification and confirmation of



trichothecenes by gas chromatography – mass spectrometry - selected ion monitoring. 9<sup>th</sup> Int. Congress in Animal Hygiene ISAH'97, 17–21 Aug. 1997, Helsinki, Finland. Proceedings v.2, Ed. H. Saloniemi, University of Helsinki, Helsinki 1997, pp. 431–434). Toksiinide määramispiir madalale kontsentratsioonile oli 73,5–262,5 µg kg<sup>-1</sup> ning ülemisele kontsentratsioonile 525,0–2100 µg kg<sup>-1</sup>.

### Tulemused

2015. aastal nakatas kaera taimehaigustest enim kaera-pruunlaikus (*Pyrenophora avenae*), mis on Eestis kaeral levinuim haigus. Kaera-pruunlaikus levis katsekohtades erinevalt. Rohkem ja intensiivsemalt oli nakatunud taimi Jõgeval kui Saku 1 katses. Põhjuseks võis olla asjaolu, et Jõgeva katsealal oli ka eelnevalt kaera kasvatatud. Augustis, kui Jõgeval oli taimede lehestik juba kuhtunud, nakatus kaer Saku 1 katses veel kõrreliste jahukastesse ja kõrreroostesse. Võrreldes väetamata kontrollvariandiga ja mineraalväetist saanud variandiga, siis alternatiivsete mullaparandusainete kasutamine (adru, sõnnik ja järvemuda) ei mõjutanud taimehaigustesse nakatumist. Lehehaigustest levis 2016. aastal odra taimedel kõrreliste pruunlaikus (*Bipolaris sorokiniana*, *Cochiobolus sativus*). Lehehaigustesse nakatumisel Saku 1, Saku 2 ja Jõgeva katsealadel variantide vahel statistiliselt usutavad erinevused puudusid.

2015. aastal tuvastati *Fusarium* liikidest kõige rohkem *Fusarium poae*. Kaerasaagis esines *Fusarium* liike, millised olid regionaalselt erineva kooslusega (*Fusarium sporotrichioides* Jõgeval, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium culmorum* Sakus). Väetusainete mõju saagi *Fusariumite* liigilisele kooslusele puudus. Mükotoksiinidest leiti ainult mineraalse NPK väetamisega variandi saagist toksiini DON jääke. Alternatiivsete mullaparandusainetega väetatud (adru ja järvemuda) ja kontrollvariandi saakidest mükotoksiine ei leitud. Seega 2015. aasta tingimustes väetamata fooni ja mineraalse NPK väetise fooniga võrreldes alternatiivsete mullaparandusainete (adru, sõnnik ja järvemuda) kasutamine ei suurendanud taimehaigustesse nakatumist ja saagi saastumise riski mükotoksiinidega ja *Fusarium*-itega.

2016. aastal tuvastasime *Fusarium* liikidest kõige sagedamini *F. culmorum*'i. Statistiliselt usutavalt vähem oli *Fusarium* seentega nakatunud teri Saku 2 katse adru variandis.

### Järeldused

Taimehaigustesse nakatumisele ja *Fusarium* seente esinemisele avaldasid suuremat mõju aasta ilmastiku ning kasvukoha olud. Mullaparandusainete otse-ja järelmõju taimede haigestumisele ja *Fusarium* seente esinemisele puudus.

## 1.6 Mullaparandusainete mõju saagile ja saagi kvaliteedile

Põhitäitja: Tiia Kangor

Kõigil katseaastatel mõõdeti taime pikkused iga katselapi mõlemast otsast umbes ühe meetri kauguselt. Produktiivvõrsed loeti lapi keskelt kahest kohast ühe jooksva meetri kohta ja arvutati ruutmeetritele. Kasvuaegselt taimede toitainedefitsiidi hindamiseks kasutati SPAD klorofüllimõõtjat Konica-Minolta SPAD–502Plus. Selle tööpõhimõtte on, et seade määrab klorofüllil suhtelist kogust kahes lainepikkuste piirkonnas, kus taimelehe klorofüllil valguse neeldumise maksimumid on sinise (400–500 nm) ja punase (600–700 nm) lainepikkuste vahemikus. Mõõtmisi teostati kõikidel katsetel kahel aastal (2015, 2016) ning mõõdeti kahel korral kasvuperioodi jooksul.

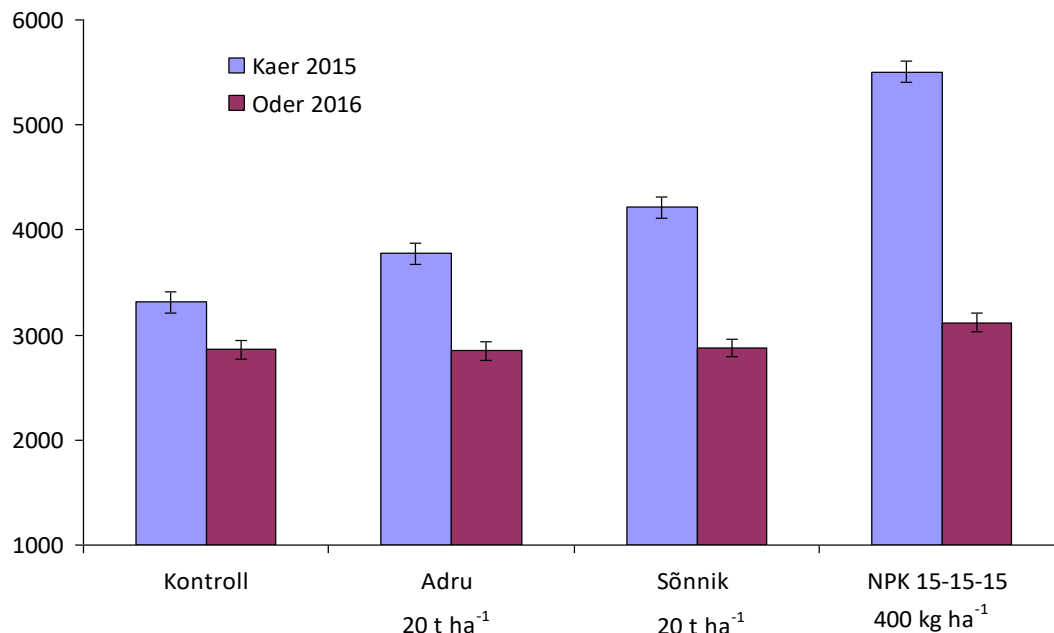
Terad koristati arvestuspinnalt (Sakus 25,0 m<sup>2</sup>; Jõgeval 10,5 m<sup>2</sup>) Jõgeval katsekombainiga Hege, Sakus kombainiga Sampo, kuivatati, sorteeriti ning arvutati 14% niiskusele. Kvaliteedianalüüsid tehti Jõgeval ETKI laboris.

Saagi- ja kvaliteediandmed töödeldi dispersioonanalüüsil (ANOVA) ja selleks kasutati statistikaprogrammi Agrobase.

## Tulemused

### Aдру otsemõju terasaagile

Aдру otsemõju avaldus mõlemal aastal nii kaera (2015. a Saku 1) kui ka odra (2016.a Saku 2) usutavalt suuremas enamsaagis (joonised 5, 7). Kaera terasaak oli 3777 kg ha<sup>-1</sup> ning odral

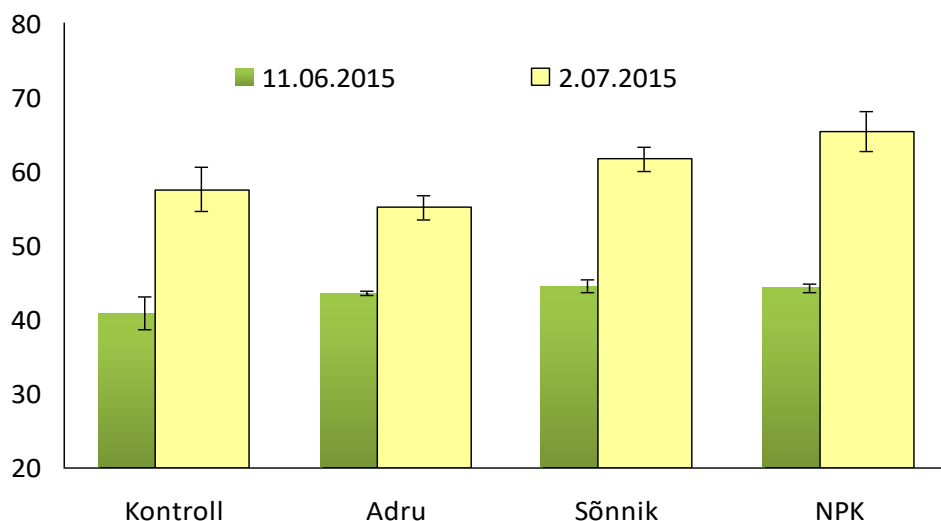


**Joonis 5.** Saku 1 katse kaera ja odra terasaagid kg ha<sup>-1</sup> (2015. a otsemõju, 2016. a järelmõju)

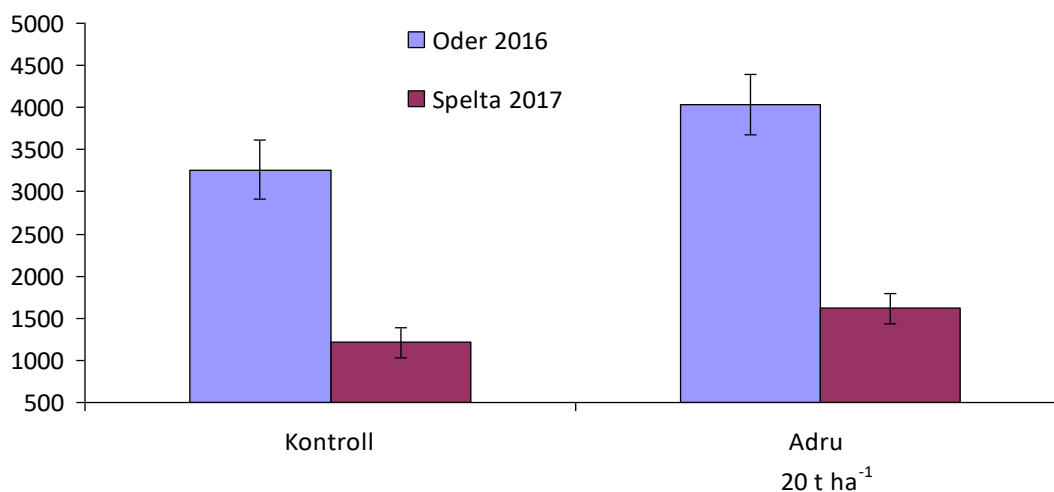
4033 kg ha<sup>-1</sup>. Odra taimed olid adru variandis 8 cm võrra pikemad kui kontrollvariandis (70 cm) (andmeid ei ole näidatud). Kaera puhul sellist erinevust ei täheldatud. 2015. a, mil võrdluseks olid lisaks kontrollvariandile ka sõnnikuga ja mineraalväetisega variandid, jäi adru variandis koristatud kaera enamsaak teistest siiski tunduvalt väiksemaks. Põhjusteks olid kindlasti adru aeglasem lagunemine mullas, eriti kasvuperioodi alguses ning taimedele koheselt kättesaadavate toiteelementide vähesus. Seda näitasid ka kasvuajal SPADga mõõdetud klorofüllisisaldused (joonis 6).

### Aдру järelmõju terasaagile

Aдру usutav järelmõju odra terasaagile 2016. a puudus, kuid positiivne mõju avaldus 2017.a spelta enamsaagis. Antud aasta ilmatingimused olid küllalt niisked ja spelta taimed kasvasid adru variandis usutavalt pikemaks (93 cm) kui kontrollvariandis (86 cm).



**Joonis 6.** SPADga mõõdetud tulemused Saku 1 katses (adru otsemõju)



**Joonis 7.** Saku 2 odra ja suvispelta terasaagid kg ha<sup>-1</sup> (2016. a otsemõju, 2017. a järelmõju)

#### **Adru otsemõju terakvaliteedile**

Adru kasutamisel suurenes 2015. a kaera mahukaal, kuid vähenes 1000 tera mass (tabel 16). Proteiinisaldusele usutav mõju puudus. Saku 2 katse adru variandis 2016. a oli odra proteiinisaldus usutavalt suurem kui kontrollvariandis, kuid oluline mõju puudus mahukaalule ja 1000 tera massile.

#### **Adru järelmõju terakvaliteedile**

Adru kasutamisel ilmses 2016. a positiivne järelmõju Saku katses odra proteiinisaldusele. Adru usutav järelmõju 2017. a Saku 2 katses spelta 1000 tera massile, proteiinisaldusele ning teistele kvaliteedinäitajatele puudus (tabel 17).

#### **Järvemuda otsemõju terasaagile**

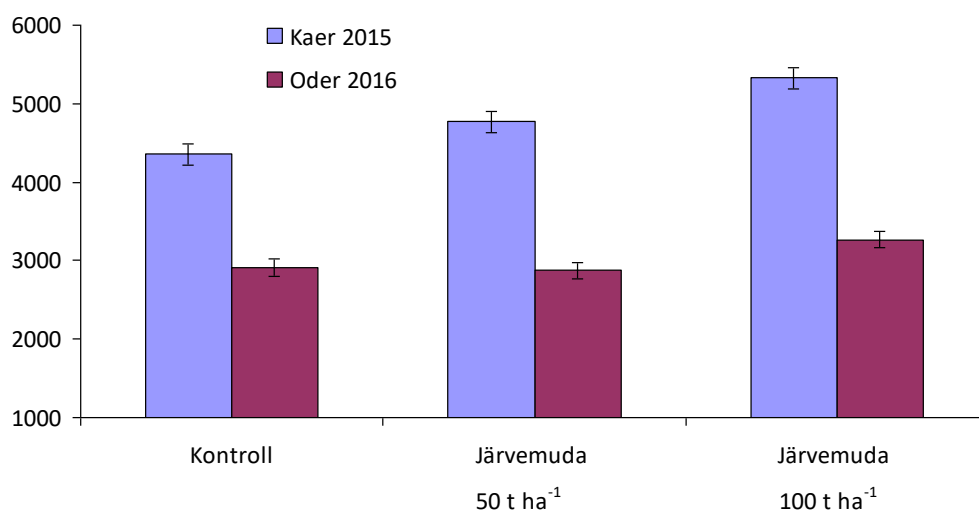
Terasaagid olid 2015. a Jõgeva järvemuda mõlemas variandis usutavalt suuremad kui kontrollvariandis (joonis 8).

**Tabel 16.** Saku 1 ja Saku 2 katse kvaliteeditulemused erinevatel aastatel (2015. a otsemõju; 2016. a järelmõju Saku 1 ja otsemõju Saku 2; 2017. a järelmõju)

Katsekoht	Variant	1000 tera, g			Mahukaal, g l <sup>-1</sup>		Proteiin, %		
		2015	2016	2017	2015	2016	2015	2016	2017
		Kaer	Oder	Spelta	Kaer	Oder	Kaer	Oder	Spelta
Saku 1	Kontroll	46,4	49,4	–	506	628	9,4	10,4	–
	Atru 20 t ha <sup>-1</sup>	43,4	49,8	–	517	636	9,2	10,7	–
	Sõnnik 20 t ha <sup>-1</sup>	44,6	49,4	–	508	625	9,5	10,5	–
	NPK 15-15-15 400 kg ha <sup>-1</sup>	47,7	51,2	–	512	630	9,5	10,6	–
	PD <sub>0.05</sub>	1,7	1,4	–	5	13	0,6	0,2	–
Saku 2	Kontroll	–	49,0	28,3	–	645	–	9,6	11,2
	Atru 20 t ha <sup>-1</sup>	–	53,1	29,1	–	652	–	10,7	11,7
	PD <sub>0.05</sub>	–	4,1	5,3	–	14	–	0,2	0,5

**Tabel 17.** Saku 2 katse suvispelta kvaliteedinäitajad 2017. a (järelmõju)

Variant	Kleepevalk %	Erinevus kontrollist	Langemisarv sek	Erinevus kontrollist	Gluteeniindeks	Erinevus kontrollist
Kontroll	24,7	0	437	0	44	0
Atru 20 t ha <sup>-1</sup>	25,4	0,7	416	-21	40	-4
PD <sub>0.05</sub>	2,6		36		7	

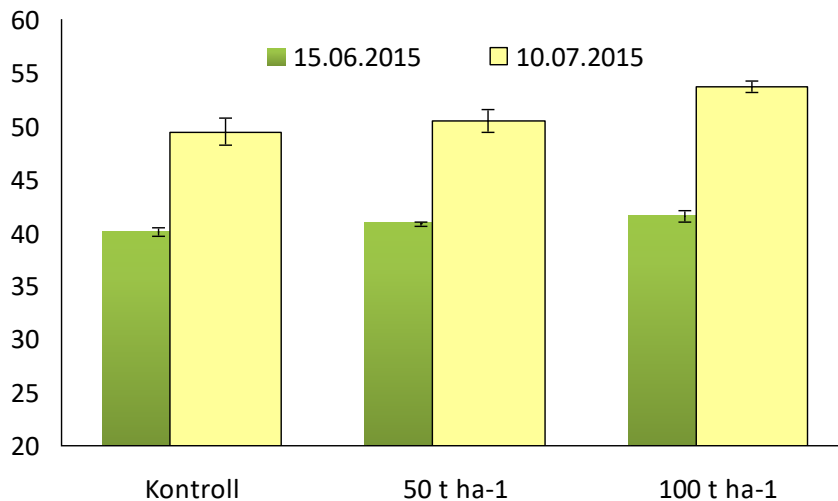


**Joonis 8.** Jõgeva katse kaera ja odra terasaagid kg ha<sup>-1</sup> (2015. a otsemõju, 2016. a järelmõju)

Suurema järvemuda normiga väetatud variandis olid kaerataimed 5 cm võrra pikemad ja elujõulisemad kui kontrollvariandis (andmeid ei ole toodud). Seda näitasid ka kahes erinevas kasvufaasis SPADiga mõõdetud lehtede klorofüllisisaldused (joonis 9). Järvemuda kasulikkumõju saagi suurenemisele ja taime kasvule on leitud ka teistes uurimustöodes (Baksiene, E. 2009. The influence of lake sediments on the fertility of Cambisol. Agronomy Research, 7 (Special Issue I), 175–182).

#### Järvemuda järelmõju terasaagile

Järelmõju avaldus usutavalt odra enamsaagis suurima järvemuda normiga variandis (joonis 8). Odrataimed kasvasid usutavalt pikemaks ja neil oli oluliselt enam produktiivvõrseid (andmed ei ole näidatud). Järvemuda normiga 50 t ha<sup>-1</sup> variandis jäi terasaak sarnaseks kontrollvariandi saagiga.



**Joonis 9.** SPADga mõõdetud tulemused Jõgeva katses (järvemuda otsemõju)

### Järvemuda otsemõju terakvaliteedile

Parema väetamise tulemusena suurenes usutavalt järvemuda 100 t ha<sup>-1</sup> variandis kaera 1000 tera mass, kuid vähenes proteiinisaldus (tabel 18). Järvemuda väiksema normiga variandis jäid need näitajad sarnaseks kontrollvariandile. Mahukaal suurenes oluliselt mõlemas järvemudaga väetatud variandis.

**Tabel 18.** Jõgeva katse kvaliteeditulemused erinevatel aastatel (2015. a otsemõju; 2016. a järelmõju)

Variant	1000 tera, g		Mahukaal, g l <sup>-1</sup>		Proteiin, %	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
	Kaer	Oder	Kaer	Oder	Kaer	Oder
Kontroll	39,4	46,7	533	641	9,9	9,6
Järvemuda 50 t ha <sup>-1</sup>	38,9	45,7	537	640	10,0	9,4
Järvemuda 100 t ha <sup>-1</sup>	41,7	46,2	538	645	9,2	9,4
PD <sub>0,05</sub>	1,3	1,8	3	7	0,4	0,3

### Järvemuda järelmõju terakvaliteedile

Usutavat mõju odra terakvaliteedile mõlemas järvemuda variandis puudus (tabel 18).

### Järeldused

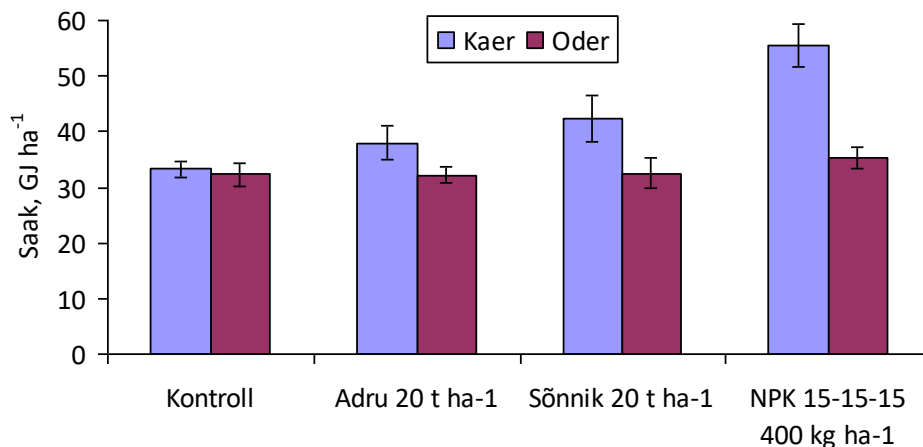
Mõlemad mullaparandusained, nii adru kui ka järvemuda, andsid esimesel kasutusaastal usutavalt suurema enamsaagi. Mullaparandusainete järelmõju jäi saagile väiksemaks või ei avaldunud. Nii terakvaliteedi omadused kui ka järelmõju saagile sõltusid enam teraviljaliigist, mullaparandusaine normist, taimedele piisavalt kättesaadavate toitainete olemasolust, mullaniiskusest jms. Kuna adru oli kuivainerikkam kui järvemuda, siis oli kuivemates mullatingimustes adru lagunemine ja toitainete vabanemine aeglasem.

Adru ja järvemuda sisaldasid taimedele koheselt kättesaadavaid toiteelemente vähem või need seoti mulla neelava kompleksiga, mistõttu nende järelmõju nii saagile kui ka terakvaliteedile jäi väiksemaks või puudus üldse.

## 2. Järvemuda ja adruuga väetamise majanduslik tasuvus

Põhitäitjad: Raivo Vettik ja Kalvi Tamm

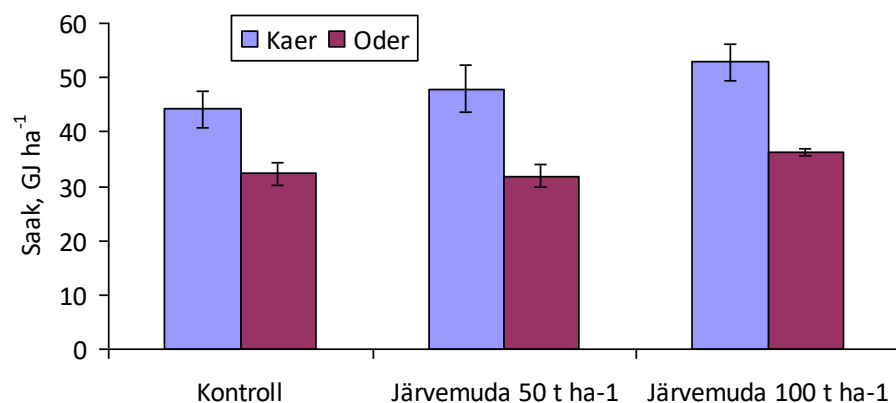
Katsetes väetamiseks kasutatud järvemuda ja adru nii otsemõju kui ka esimese aasta järelmõju hindamiseks teisendati saagikused energiaühikutesse ( $\text{GJ ha}^{-1}$ ). Selleks korrutati erinevate kultuuride kuivaine saagikused hektarilt vastavate ülemineku-koefitsientidega. Saadud tulemused on esitatud graafiliselt: Saku 1 katse joonisel 10, Jõgeva katse joonisel 11 ja Saku 2 katse joonisel 12.



**Joonis 10.** Saku 1 katse kaera ja odra saak energiaühikutes

Järeldused:

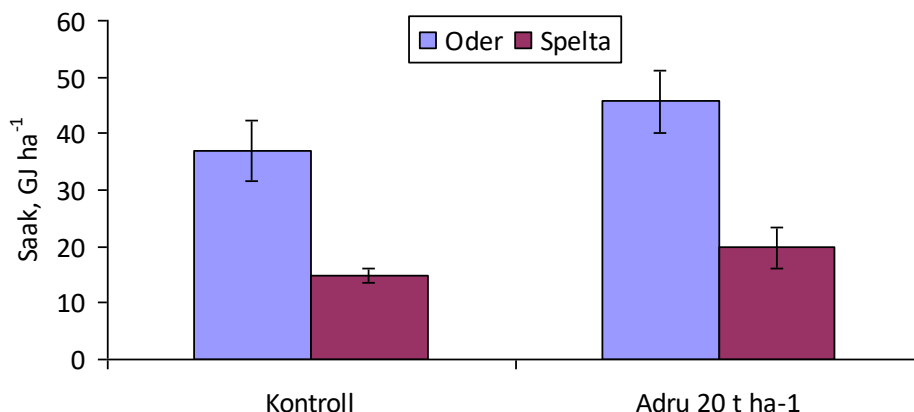
- kaera energiasaak oli kõikide väetussainete korral usutavalt ( $p < 0,05$ ) suurem kontrollvariandi saagist ehk väetussainete otsemõju oli usutav;
- odra energiasaak oli nii kontrollvariandis kui adru-, sõnniku- ja mineraalväetisevariandis peaaegu võrdne ehk väetussainete esimese aasta usutavat järelmõju ei ilmnenu.



**Joonis 11.** Jõgeva katse kaera ja odra saak energiaühikutes

Järeldused:

- järvemuda normiga  $100 \text{ t ha}^{-1}$  väetamisel oli nii kaera kui ka odra saak statistiliselt usutavalt ( $p < 0,05$ ) suurem kontrollvariandi saagist ehk nii otsemõju kui ka esimese aasta järelmõju oli usutav;
- järvemuda normiga  $50 \text{ t ha}^{-1}$  väetamisel ei saavutatud usutavat enamsaaki.



**Joonis 12.** Saku 2 katse odra ja spelta saak energiaühikutes

Järeldused:

- adru normiga 20 t ha<sup>-1</sup> väetamisel oli odra energiasaak suurem kontrollvariandi saagist, kuid see ei olnud statistiliselt usutav ( $p > 0,05$ ), ehk otsemõju ei olnud usutav;
- adru normiga 20 t ha<sup>-1</sup> väetamisel oli spelta energiasaak statistiliselt usutavalt ( $p < 0,05$ ) suurem kontrollvariandi saagist ehk esimese aasta järelmõju oli usutav.

2015. ja 2016. aastal väetamiseks kasutatud väetussainete maksumused (€ ha<sup>-1</sup>) on leitud neis sisalduvate taimetoiteelementide (N, P, K) sisaldusest ja nende hinnast lähtuvalt. Arvutustes kasutati Baltic Agro AS müüdavate mineraalväetiste (ammooniumnitraat, kaaliumkloriid ja lihtsaim NPK kompleksväetis) hinnakirja. Väetussainete arvutuslikud hinnad olid järgmised: järvemuda 2,52 € t<sup>-1</sup>, Saku 1 katse adru 12,26 € t<sup>-1</sup>, Saku 2 katse adru 4,52 € t<sup>-1</sup> ja sõnnik 4,52 € t<sup>-1</sup>. Summaarsed enamsaagid (GJ ha<sup>-1</sup>), väetamiskulud (€ ha<sup>-1</sup>) ning väetamiskulu ja enamsaagi suhe (€ GJ<sup>-1</sup>) on esitatud tabelis 19.

Järvemuda, adru ja sõnniku laotamisel on eeldatud, et laotamisel kasutatakse 8 t kandevõimega biitrite ja laotusketastega laoturit, mis on agregateeritud 105 kW mootorivõimsusega traktoriga ning laadimistöoks on 65 kW mootorivõimsusega teleskooplaadur. Laotamisel on arvestatud laoturiga väetussaine veoga 0,5 km kauguselt. Mineraalväetise laotamise kulu on leitud 1000 l mahutavusega 2-kettalise ripp-paisklaoturiga laotamise, mis on agregateeritud 83 kW mootorivõimsusega traktoriga, korral. Mineraalväetise põlluleveoks kasutatakse 65 kW mootorivõimsusega teleskooplaadurit ja 10 t kandevõimega järelevankrit.

Tabelist 19 selgub, et:

- usutav ( $p < 0,05$ ) enamsaak saadi mineraalväetisega väetamisel, Saku 2 katses kasutatud adru väetamisel, järvemudaga (100 t ha<sup>-1</sup>) väetamisel ja sõnnikuga väetamisel;
- suurim saagitõus ning väikseim väetamiskulu ja saadud enamsaagi suhe oli mineraalväetisega väetamisel;
- väikseim saagitõus ja suurim väetamiskulu ja saadud enamsaagi suhe oli järvemudaga (50 t ha<sup>-1</sup>) väetamisel.

**Tabel 19.** Väetamiskulu erinevate väetusainete väetamisel, kogusaagid, enamsaagid ning väetamiskulu ja enamsaagi suhe

	Väetusaine, € ha <sup>-1</sup>	Laotamistöö, € ha <sup>-1</sup>	Kogusaak, GJ ha <sup>-1</sup>	Enamsaak, GJ ha <sup>-1</sup>	Suhe, € GJ <sup>-1</sup>
Jõgeva katse 2015					
Kontroll			76,39		
Järvemuda 50 t ha <sup>-1</sup>	125,82	180	79,71	3,32	92,39
Järvemuda 100 t ha <sup>-1</sup>	251,63	359	89,09	<b>12,70</b>	48,07
Saku 1 katse 2015					
Kontroll			65,65		
Atru 20 t ha <sup>-1</sup>	245,22	72,4	70,19	4,54	69,96
Sõnnik 20 t ha <sup>-1</sup>	90,30	72,4	74,92	<b>9,27</b>	17,54
NPK 15-15-15 400 kg ha <sup>-1</sup>	117,48	11,3	90,65	<b>25,00</b>	5,15
Saku 2 katse 2016					
Kontroll			51,71		
Atru 20 t ha <sup>-1</sup>	90,49	72,4	65,40	<b>13,69</b>	11,90

Järgnevalt on tehtud arvutus (tabel 20) juhul kui orgaanilised väetised on ettevõttesse tasuta saadud ja arvestada on vaja ainult laotamise kulu. Mineraalväetise korral on endiselt arvestatud väetise hinnaga.

**Tabel 20.** Väetamiskulu erinevate väetusainete väetamisel, kogusaagid, enamsaagid ning väetamiskulu ja enamsaagi suhe

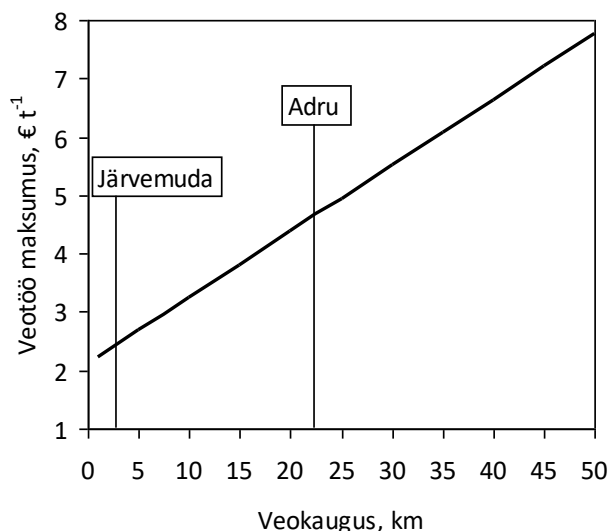
	Laotamistöö, € ha <sup>-1</sup>	Kogusaak, GJ ha <sup>-1</sup>	Enamsaak, GJ ha <sup>-1</sup>	Suhe, € GJ <sup>-1</sup>
Jõgeva katse 2015				
Kontroll		76,39		
Järvemuda 50 t ha <sup>-1</sup>	180	79,71	3,32	54,50
Järvemuda 100 t ha <sup>-1</sup>	359	89,09	<b>12,70</b>	28,26
Saku 1 katse 2015				
Kontroll		65,65		
Atru 20 t ha <sup>-1</sup>	72,4	70,19	4,54	15,95
Sõnnik 20 t ha <sup>-1</sup>	72,4	74,92	<b>9,27</b>	7,81
NPK 15-15-15 400 kg ha <sup>-1</sup>	11,3	90,65	<b>25,00</b>	5,15
Saku 2 katse 2016				
Kontroll		51,71		
Atru 20 t ha <sup>-1</sup>	72,4	65,40	<b>13,69</b>	5,29

Tabelist 20 selgub, et:

- väikseim väetamiskulu ja saadud enamsaagi suhe oli mineraalväetisega väetamisel, kuid see erines vähe Saku 2 katses kasutatud adru väetamise tulemusest (erinevus 0,14 € GJ<sup>-1</sup>);
- suurim väetamiskulu ja enamsaagi suhe oli järvemudaga (50 t ha<sup>-1</sup>) väetamisel, millele järgnes järvemudaga (100 t ha<sup>-1</sup>) väetamine.

Lisaks laotuskuludele peab arvestama ka väetusaine põllule veo kuluga. Veotöö maksumus sõltuvalt veokaugusest on esitatud joonisel 13. Kui lähtuda järvemuda arvutuslikust maksumusest 2,52 € t<sup>-1</sup>, siis tasuks järvemuda vedada kuni 3,5 km kauguselt, sest suurema veokauguse korral ületab veotöö maksumus järvemudas sisalduvate toitainete maksumuse. Saku 2 katses väetamiseks kasutatud adru ja tahesõnnikut (4,52 € t<sup>-1</sup>) aga tasuks vedada kuni 22,5 km kauguselt. Märkida tuleb, et antud arvutuses ei ole arvestatud adru ega muda kaldaletoomise kulu.





**Joonis 13.** Veotöö maksumus sõltuvalt veokaugusest

Kui arvestada ka väetusainete muldaviimise kuluga, siis sõltuvalt kasutatavast seadmest tuleks arvestada järgmise lisakuluga:

- 1) künd 5-hõlmalise pööradraga 57,5 € ha<sup>-1</sup>;
- 2) randaalimine 6 m haardelaiusega rullrandaaliga 22,2 € ha<sup>-1</sup>;
- 3) kobestamine 6 m haardelaiusega kobestiga 23,3 € ha<sup>-1</sup>.

Kui teha arvutus, et kui kaugel peaks sõnnik põllust vähemalt asuma, et hakata eelistama seda järvemudale, siis väetusainete väärtuse alusel arvutades oleks tulemused järgmised (tabel 21):

**Tabel 21.** Väetusainete kasutamise kulu sõltuvalt põllule veo kaugusest ja muldaviimise viisist, lähtudes väetusaine väärtusest

Materjal	Tehnoloogia	Kaugus põllust, km	Kulude summa, € t <sup>-1</sup>
Järvemuda	Laoturiga vedu 0,5 km kauguselt ja laotus 3,6 € t <sup>-1</sup> - rahaline väärtus 2,52 € t <sup>-1</sup>	0,5	1,08
Järvemuda	Laoturiga vedu 1 km kauguselt ja laotus 3,79 € t <sup>-1</sup> - rahaline väärtus 2,52 € t <sup>-1</sup>	1	1,27
Järvemuda	Laoturiga vedu 2 km kauguselt ja laotus 4,18 € t <sup>-1</sup> - rahaline väärtus 2,52 € t <sup>-1</sup>	2	1,66
Järvemuda	Laoturiga vedu 4 km kauguselt ja laotus 4,95 € t <sup>-1</sup> - rahaline väärtus 2,52 € t <sup>-1</sup>	4	2,43
Sõnnik	Laoturiga vedu 0,5 km kauguselt ja laotus 3,6 € t <sup>-1</sup> + künd (57,5 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 2,88 € t <sup>-1</sup> - rahaline väärtus 4,52 € t <sup>-1</sup>	0,5	1,96
Sõnnik	Laoturiga vedu 1 km kauguselt ja laotus 3,79 € t <sup>-1</sup> + künd (57,5 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 2,88 € t <sup>-1</sup> - rahaline väärtus 4,52	1	2,15
Sõnnik	Laoturiga vedu 2 km kauguselt ja laotus 4,18 € t <sup>-1</sup> + künd (57,5 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 2,88 € t <sup>-1</sup> - rahaline väärtus 4,52 € t <sup>-1</sup>	2	2,54
Sõnnik	Laoturiga vedu 4 km kauguselt ja laotus 4,95 € t <sup>-1</sup> + künd (57,5 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 2,88 € t <sup>-1</sup> - rahaline väärtus 4,52 € t <sup>-1</sup>	4	3,31
Sõnnik	Laoturiga vedu 0,5 km kauguselt ja laotus 3,6 € t <sup>-1</sup> + randaalimine (22,2 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 1,11 € t <sup>-1</sup> - rahaline väärtus 4,52 € t <sup>-1</sup>	0,5	0,19
Sõnnik	Laoturiga vedu 1 km kauguselt ja laotus 3,79 € t <sup>-1</sup> + randaalimine (22,2 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 1,11 € t <sup>-1</sup> - rahaline väärtus 4,52 € t <sup>-1</sup>	1	0,38
Sõnnik	Laoturiga vedu 2 km kauguselt ja laotus 4,18 € t <sup>-1</sup> + randaalimine (22,2 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 1,11 € t <sup>-1</sup> - rahaline väärtus 4,52 € t <sup>-1</sup>	2	0,77
Sõnnik	Laoturiga vedu 4 km kauguselt ja laotus 4,95 € t <sup>-1</sup> + randaalimine (22,2 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 1,11 € t <sup>-1</sup> - rahaline väärtus 4,52 € t <sup>-1</sup>	4	1,54
Sõnnik	Laoturiga vedu 6 km kauguselt ja laotus 5,73 € t <sup>-1</sup> + randaalimine (22,2 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 1,11 € t <sup>-1</sup> - rahaline väärtus 4,52 € t <sup>-1</sup>	6	2,32

Kui aga lähtuda väetusaine valikul toimest saagikusele, siis tuleks võtta aluseks vastava kauguse

kulude summa enamsaagi ühiku GJ kohta ja mitte arvestada väetusaine rahalist väärtust. Võrreldes näiteks olukordi, kus muda kasutatakse laotusnormiga 100 t ha<sup>-1</sup> ja sõnnikut laotusnormiga 20 t ha<sup>-1</sup>, siis tulemused oleks järgmised (Tabel 22):

- 1) 0,5 km kaugusel paiknevat järvemuda tasuks künniga muldaviidava sõnniku asemel kasutada alles 40 km kaugusel paikneva sõnniku korral;
- 2) randaaliga muldaviidava sõnniku korral peaks sõnnik paiknema kaugemal kui 50 km, et tasuks eelistada 0,5 km kaugusel paiknevat muda.

**Tabel 22.** Väetusainete kasutamise kulu sõltuvalt põllule veo kaugusest ja muldaviimise viisist, lähtudes väetusaine mõjust saagikusele

Materjal	Tehnoloogia	Kaugus põllust, km	Kulude summa, € GJ <sup>-1</sup>
Järvemuda	Laoturiga vedu 0,5 km kauguselt ja laotus 3,6 € t <sup>-1</sup> jagada 0,13 GJ t <sup>-1</sup>	0,5	27,69
Järvemuda	Laoturiga vedu 1 km kauguselt ja laotus 3,79 € t <sup>-1</sup> jagada 0,13 GJ t <sup>-1</sup>	1	29,15
Järvemuda	Laoturiga vedu 2 km kauguselt ja laotus 4,18 € t <sup>-1</sup> jagada 0,13 GJ t <sup>-1</sup>	2	32,15
Järvemuda	Laoturiga vedu 4 km kauguselt ja laotus 4,95 € t <sup>-1</sup> jagada 0,13 GJ t <sup>-1</sup>	4	38,08
Sõnnik	Laoturiga vedu 0,5 km kauguselt ja laotus 3,6 € t <sup>-1</sup> + künd (57,5 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 2,88 € t <sup>-1</sup> jagada 0,46 GJ t <sup>-1</sup>	0,5	14,09
Sõnnik	Laoturiga vedu 1 km kauguselt ja laotus 3,79 € t <sup>-1</sup> + künd (57,5 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 2,88 € t <sup>-1</sup> jagada 0,46 GJ t <sup>-1</sup>	1	14,50
Sõnnik	Laoturiga vedu 2 km kauguselt ja laotus 4,18 € t <sup>-1</sup> + künd (57,5 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 2,88 € t <sup>-1</sup> jagada 0,46 GJ t <sup>-1</sup>	2	15,35
Sõnnik	Laoturiga vedu 4 km kauguselt ja laotus 4,95 € t <sup>-1</sup> + künd (57,5 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 2,88 € t <sup>-1</sup> jagada 0,46 GJ t <sup>-1</sup>	4	17,02
Sõnnik	Veoautoga vedu 20 km kauguselt 4,38 € t <sup>-1</sup> , laotus põllul 3,4 € t <sup>-1</sup> + künd (57,5 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 2,88 € t <sup>-1</sup> jagada 0,46 GJ t <sup>-1</sup>	20	23,17
Sõnnik	Veoautoga vedu 30 km kauguselt 5,51 € t <sup>-1</sup> , laotus põllul 3,4 € t <sup>-1</sup> + künd (57,5 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 2,88 € t <sup>-1</sup> jagada 0,46 GJ t <sup>-1</sup>	30	25,63
Sõnnik	Veoautoga vedu 40 km kauguselt 6,64 € t <sup>-1</sup> , laotus põllul 3,4 € t <sup>-1</sup> + künd (57,5 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 2,88 € t <sup>-1</sup> jagada 0,46 GJ t <sup>-1</sup>	40	28,09
Sõnnik	Laoturiga vedu 0,5 km kauguselt ja laotus 3,6 € t <sup>-1</sup> + randaalimine (22,2 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 1,11 € t <sup>-1</sup> jagada 0,46 GJ t <sup>-1</sup>	0,5	10,24
Sõnnik	Laoturiga vedu 1 km kauguselt ja laotus 3,79 € t <sup>-1</sup> + randaalimine (22,2 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 1,11 € t <sup>-1</sup> jagada 0,46 GJ t <sup>-1</sup>	1	10,65
Sõnnik	Laoturiga vedu 2 km kauguselt ja laotus 4,18 € t <sup>-1</sup> + randaalimine (22,2 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 1,11 € t <sup>-1</sup> jagada 0,46 GJ t <sup>-1</sup>	2	11,50
Sõnnik	Laoturiga vedu 4 km kauguselt ja laotus 4,95 € t <sup>-1</sup> + randaalimine (22,2 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 1,11 € t <sup>-1</sup> jagada 0,46 GJ t <sup>-1</sup>	4	13,17
Sõnnik	Laoturiga vedu 6 km kauguselt ja laotus 5,73 € t <sup>-1</sup> + randaalimine (22,2 € ha <sup>-1</sup> /20 t ha <sup>-1</sup> ) 1,11 € t <sup>-1</sup> jagada 0,46 GJ t <sup>-1</sup>	6	14,87

Mullaharimise vajaduse kohta peaks lisama, et lähtuvalt muda NH<sub>4</sub>-N sisaldusest Ülemiste järve ja Läti mudas, ei ole ammoniaagi emissiooni eesmärgil muda vaja mullaga segada. Kui vedelsõnnikus on NH<sub>4</sub>-N sisaldus keskmiselt 2 g l<sup>-1</sup>, siis katsetes kasutatud Läti järvemudas oli NH<sub>4</sub>-N sisaldus 0,023 g l<sup>-1</sup> ehk ca 90 korda väiksem. Mõõdetud NH<sub>4</sub>-N keskmine sisaldus Ülemiste järvemudas on 0,00744 g l<sup>-1</sup> [MUT Müsing Umweltschutz GmbH & Co. 1999. Tallinna Ülemiste järve mudast puhastamise riskide hindamine. Saksamaa].

Mullaharimise vajadus järvemuda paakumise vähendamiseks sõltub sellest, millal järvemuda laotatakse. Kui laotamine toimub sügisel pärast põllukultuuri koristamist, vastu talve, siis põllu pinnal olev muda läbib vähemalt ühe külmumistsükli ja seejärel muda enam ei paaku. Õhuke

(ca 1 cm kui laotusnorm on 100 t ha<sup>-1</sup> värsket muda) mudakiht külmub ka lihtsamini läbi kui ladestusalal olev paks kiht (vähemalt paar dm).

Kui järvemuda laotatakse kevadel enne suvilja külvi või suvel enne talivilja külvi, siis maheviljeluses mingi harimisseadmega külvieelne mullaharimine kindlasti tehakse ja selle käigus saab ka muda mullaga segatud, misjärel saab paakumine toimuda ainult ebaolulisel määral.

### **Kokkuvõte**

Katseandmete majandusanalüüs näitab, et järvemuda väetav mõju ei suuda majanduslikult tõhususelt ei adru ega vedelsõnnikuga võistelda. Kõigi nende materjalide laotamiskulu on 3,6 € t<sup>-1</sup> veokaugusel 0,5 km. Kuna aga järvemuda toiteainete sisaldus on oluliselt madalam, siis on võrreldava efekti saavutamiseks vaja seda põllule laotada oluliselt suuremas koguses kui sõnnikut või adru. Arvestada tuleb, et mida kaugemalt tuleb väetusainet põllule vedada, siis lahjemal väetusainel kasvab transpordikulu toiteelemendi ühiku kohta kiiremini kui kontsentreeritumal väetusainel. Järvemudal ja adrul lisandub veel ka kaldale toimetamise kulu, mis on tehniliselt keerukam ja seega ka tõenäoliselt suurem kui sõnniku laadimine ja selle kulu.

Adru näitas katsetes järvemudast oluliselt kõrgemat majanduslikku efektiivsust, kuid jäi siiski 2015. aastal poole väiksemaks kui sõnnikul.

Kui aga eesmärk ei ole veekogu muda või adru põllule laotamine väetamise eesmärgil, vaid sihiks on veekogu liigest orgaanikast puhastamine, siis annab käesolev uuring ülevaate kuludest, millega tuleks arvestada kui kavas on need materjalid veekogu lähistel olevale põllule laotada. Suuremate koguste korral võib siiski sealjuures mõningase väetava efektiga arvestada.

Väetusaaine valik sõltub sellest kui kaugelt tuleb materjali põllule vedada, kas või kuidas seda tuleb mulda viia, väetusaaine toiteainete sisaldusest ja mõjust saagikusele. Näiteks toiteainete sisalduse alusel arvestades peaks künniga mulda viidav sõnnik asuma 40 km kaugusel, et selle asemel tasuks eelistada 0,5 km kaugusel paiknevat järvemuda.

### **3. Ülevaade alternatiivsete mullaparendusainete (mreadru, järvemuda) saadavuse, laotustehnoloogiate ning kasutussobivuse kohta mahepõllumajanduses**

Põhitäitja: Taavi Võsa

#### **Üldinfo**

Alternatiivsed orgaanilised mullaparendusained on seni olnud tagaplaanil. Seoses mahepõllumajanduse levikuga on tekkinud vajadus seni vähekasutatud kohalikke ressursse taas kasutusele võtta. Kõige levinum kasutamata kohalik ressurss on mreadru, mida on kasutatud rannaäärsel alal ka varem. Peamised tööd – kogumine ja laotamine, tehti varasemal ajal käsitööna. Veovahendiks oli hobuvanker. Sellise tehnoloogia keskkonnamõju oli väike. See tehnoloogia oli võimalik toonastes tingimustes. Nüüdisajal ei ole selline vähetootlik viis mõistlik, peamiselt kõrge tööjõuvajaduse tõttu. Arvestades kvaliteetse tööjõu hõivatust, tuleb tahes-tahtmata rõhuda tööde mehhaniseerimisele. Peamiseks väljakutseks adru ja ka järvemuda kasutamise mehhaniseerimisel on materjali kogumine ja logistika. Laotamiseks ja muldaviimiseks on sobivad vahendid ja alusteadmised olemas. Puudulikud on teadmised kõrge kuivainesisaldusega mreadru muldaviimise sügavuse ja aja kohta. See teema vajab täpsemat uurimist. Peamiseks probleemiks jääb aga adru keskkonnasõbralik kogumine.

#### **Metoodika**

Peamiseks infoallikaks ülevaate koostamisel olid intervjuud adru ja järvemuda kasutajatega ning töö kirjandusallikatega. Kogutud materjali läbitöötamisele andis olulise panuse osalemine välitöödel adru hankimisel ja laotamisel.

#### **Tulemused:**

Kohalikku päritolu alternatiivsed orgaanilised mullaparandusained võimaldavad parandada toitainete kasutustõhusust kohaliku aineringluse tingimustes. Pärinevad orgaanilisse materjali salvestunud toitained osaliselt veehaarete pinnalt valgunud veest, millest osa omakorda pärineb põldudelt. Sestap on mõistlik need toitained tagasi taimedeni toimetada, et mitte tuua täiendavaid toitaineid imporditud väetusainete näol. Nii väheneb põllumajandustootmise ökoloogiline jalajälg ning osaletakse looduse puhastamise protsessis.

**Järvemuda** kui orgaaniline väetis on ühelt poolt sobilik sisend taimekasvatusele kui toitainete allikana ja teiselt poolt on selle põldudele laotamine lahenduseks järvede tervendamisel tekkiva massi keskkonnasõbralikule kasutamisele. Suure hulga orgaanilise materjali keskkonnasõbralik ladustamine on tülikas ja ressursimahukas (materjali ladustamiseks vajalik pindala, tööks kuluv aeg ja kütus) tegevus. Järvede puhastamisele spetsialiseerunud ettevõtted suudavad veekogust lühikese ajaga eemaldada märkimisväärses koguses muda, kuid selle kasutamiseks põllumajanduses on vaja lahendada kaks probleemi:

1. ammutatud materjali toimetamine laotuskoha (põllu) vahetusse lähedusse;
2. laotamine mulla- ja keskkonnasäästlikul viisil (sh. segamine mullaga).

Järvemuda peamiseks logistiliseks puuduseks on madalast toitainesisaldusest johtuv suur veotööde maht ja materjali ebaühtlikkus. Samuti kipub järvemuda kleepuma veovahenditele. Üks kuupmeeter NPK mineraalväetist (näiteks NPK 16-16-16) sisaldab toitaineid vastavalt 383 kg, kaaludes umbes 1000 kg. Kuupmeeter järvemuda (kuivainesisaldusega 27%) aga kaalub ligikaudu 1100 kg ja sisaldab põhitaimetoitaineid väga vähe (N 1,25, P 0,8 ja K 0,7 kg). Sellest tulenevalt on sama toitainekoguse taimedeni toimetamiseks vaja laadida, vedada ja ladustada kordades suuremaid materjalikoguseid, võrreldes mineraalväetistega.

**Adru** mahukaal sõltub suuresti niiskusesisaldusest. Nädalaid rannas tuule ja päikese käes kuivanud adru pinnakihi on mahukaal lähedane vallasheinale (120-140 kg m<sup>-3</sup>), vahetult veest välja uhutul napilt väiksem vee erikaalust (1000 kg m<sup>-3</sup>). Kirjanduse andmed on vastukäivad, ulatudes 600 kuni 950 kiloni. Tõenäoliselt on põhjuseks liigiline erinevus. Toitainesisalduselt kuivaines sarnaneb adru järvemudale. Kuna tegemist on taimse massiga, vabanevad toitained aeglaselt mitme aasta jooksul vastavalt sellele, kuidas mulla elustik taimeosi lagundada ja ümber töödelda jõuab. Nagu ka käesoleva uuringu andmed näitavad, adrul laotamisaastal usutavat mõju saagile ega ka mulla viljakusele ei avaldanud. Seetõttu ei ole adru sobiv üheaastaste kultuuride väetamiseks ja külvikorra koostamisel tuleb adru järelmõju arvestada. Katsealadele laotatud adru järelmõju selgub järgnevatel aastatel.

**Järvemuda kogumiseks** on kasutusel kaks peamist moodust.

1. Ammutamine veetasel alandamata (allveekaevandamine) ujuva ekskavaatori, bageri või pumpseadisega;
2. Skreperite või buldoosritega teisaldamine ajutiselt veest vabastatud alalt.

Kumba valida, sõltub konkreetse järve asjaoludest ja kasutada olevast tehnikast. Kandva põhjaga ja tühjendamist talumatel veekogudel on otstarbekas materjali teisaldamine buldoosrite või skreperitega, pehme põhjaga või alaliselt täidetud veekogude puhul sobib pigem ammutamine veepinna alt. Veealune ammutamine annab tulemuseks väga märja

massi, millest nõrgub säilituse alguses märkimisväärses koguses vett. See vesi sisaldab rohkelt hõljumit ja võib sisaldada rohkelt toitaineid, mistõttu nõrgvesi tuleks juhtida veehaardesse läbi toitainepüünise. Kui võimalik, tuleks kasutada ajutisi selitustiike. Veekogu ajutine tühjendamine ei ole alati võimalik ning mõjub elustikule kahjulikult. Laugete nõlvadega paisveekogude puhul tasub seda siiski tööde olulise lihtsustumise tõttu kaaluda.

Nõrgumisalana võidakse kasutada ka sobivalt paiknevaid põldusid, kuhu järvemuda hiljem mullaviljakuse parandamiseks mulda segatakse. Sellisel juhul vähenevad logistikaprobleemid ja transpordi keskkonnamõju märkimisväärselt. Kui on soov ammutatud muda kasutada kaugemal või on materjali maht liiga suur kohapeal kasutamiseks, tuleb transpordi kava hoolikalt läbi mõelda, et mitte asjatult sõita.

**Aдру mehhaniseeritud kogumist** on katsetatud 1970. aastatel saartel, kuid heade tulemusteni ei jõutud. Probleemideks oli rohke võõrkehade sisaldus ja madal tootlikkus. Erinevalt toonasest tehnikast, on praegu võimalik kasutada erinevaid piisulguriga kopp- või harktööseadisega (näiteks <http://mtm.ee/silohaarats/>) laadureid. Kuigi on olemas ka vaalukogurid, on nende maastikusuutlikkus küsitav. Laadimistöö peamiseks probleemiks on kaldale uhtud adru ebaühtlane paiknemine. Lained ja tuul tekitavad kuhjatisi, milles adru niiskusesisaldus võib erineda märkimisväärselt. Samuti kipuvad kuhjad sisaldama erinevaid võõrkehi, millest tuleb enne laotamist vabaneda. Eriti suur probleem on klaastaara, mis võib olla ohtlik nii tehnikale kui inimestele-loomadele. Plastmaterjal ei ole otseselt ohtlik, kuid sellest võib erituda kahjulikke ühendeid ja kindlasti on võõrkehad probleemiks laotamisühtlikkuse tagamisel. Samuti ei ole käitlemisel puruneva plasti lisamine põllumullale kuigi hea mõte ka keskkonna aspektist. Kuigi orgaanilise materjali sõelumiseks on olemas mobiilsed puhastusliinid, pole mõeldav nii hinnalise seadmepargi ülesseadmine väikese toitainesisaldusega materjali käsitlemiseks. Otstarbekam on laadimise ja vaheladustamise ajal käsitööna võõrkehad eemaldada, eriti väiksemate mahtude korral.

Kui vaadelda adru kogumist põllumajanduse asemel keskkonnakaitse ja heakorra aspektist, siis muutunud rõhuasetuse tõttu muutub ka otstarbekuse kriteerium. Kui rannaala tuleb korrastada niikuinii, siis saab jäätmekäitlusesse suunatava materjali mahtu oluliselt vähendada. Taimekasvatusele sobiva orgaanilise materjali saab suunata ringlusesse ja jäätmekäitlusesse suunata vaid taaskasutuseks sobimatud materjalihulgad. Siiski ei ole selline tegevus majanduslikult isetasuv, vaid vajab täiendavat panust kas raha või tööjõuna.

Aдру kogumisel on väga oluline jälgida väljaspool teid liikumise reegleid, kuna materjal paikneb rannikul hajutatult. Transpordivahendiga tohib väljaspool üldkasutatavaid teid liigelda vaid maaomaniku loal. Märkimisväärne osa rannajoonest kuulub kas erinevatele riigiasutustele või munitsipaalmaana kohalikule omavalitsusele (KOV). Rannaalal adru mehhaniseeritud kogumiseks peab olema vastava pädeva riigiasutuse või KOV luba. Eramaadelt kogumiseks on vajalik maaomaniku luba.

Kui adru soovitakse koguda kaitsealalt või selle piiranguvööndist, siis on maa-alal liikumise loale lisaks vajalik arvestada kaitsealal või piiranguvööndis kehtivate erinõuetega. Vajaliku info saab KOV vastavatelt ametnikelt.

### **Orgaanilise aine laotamine.**

Eestis on valdavalt tavaks laotada orgaanilisi väetisi põhimullaharimise eel. Sellisel juhul ei jää materjal mulla pinnale ja ei kaota toitaineid. Paraku tähendab see parima laotamisaja sattumist mullaharimistöode kõrgaega. Kuna orgaaniliste väetiste laotamiseks sobivaim

ajavahemik on lühike, on otstarbekas materjali ettevedu ja laotamine teineteisest lahutada. See omakorda tähendab sobivate vaheladustuspaikade leidmist põldudele või nende vahetusse lähedusse. Arvestades Eesti vihmaderohket ilmastikku, tuleb kaaluda nõrgunud ja uuesti kuhjatud järvemudakuhjade katmist, et oluliselt vähendada toitainete ärakandumise riski pinnaveega. Siinkohal tasub tõsiselt võtta sõnniku ladustamisel saadud kogemusi ja arvestada veekaitse nõuetega. Kuna järvemuda säilitamiseks pole eraldi nõudeid kehtestatud, tasub lähtuda sõnniku hoidmisele kehtestatud nõuetest (Veeseadus. <https://www.riigiteataja.ee/akt/103032017030?leiaKehtiv>, eelkõige §26 kõigis lõigetes) [21.11.2017]. Arvestades seadusandluse pidevat muutumist on oluline enne tegevusega alustamist kontrollida parasjagu kehtivaid nõudeid.

Järvemuda etteveo ja laotamise tegevuste ajaline lahutamine võimaldab paremini ära kasutada talvel väikese koormusega töötavaid kallurhaagisega veoautosid. Väikese mahukaalu ja abrasiivsuse tõttu tulevad kõne alla ka liikurpõhja või lükkeseina abil tühjenevad hakkpuidu või viljaveokid. Ka need on väljaspool kasvuperioodi vähem hõivatud. Arvestades materjali väikest mahumassi ja madalat abrasiivsust, siis ei tekita võõrkehade järvemuda või adru vedu veovahenditele kahjustusi. Samas vajavad need enne oma tavapärasele tööle naasmist põhjalikku pesu, kuna mõlemad materjalid sisaldavad kleepuvaid osiseid ja seetõttu saastavad veokasti.

Talvisel ajal saab ära kasutada ka teede läbikülmumise tõttu suurenenud kandevõimet. Külmunud teetammid ja põllud kannavad raskeid vedukeid probleemideta. Sügisesel ja kevadisel teedelagunemise ajal on probleeme põldudeni viivate teede kandevõimega. Mitmed teevaldajad (enamasti KOV) piiravad tee säilimise huvides sõidukite teljekoormust, näiteks 8 t peale. Vastasel korral kahjustatakse teetammi ning teekate võib muutuda tavaliiklusele läbitamatuks. Seetõttu on mõistlik töökorralduses säärast olukorda vältida, valides töö teostamiseks piiranguteta aja.

Siinkohal on oluline märkida, et kuigi nõrgumakuhjatud järvemuda külmub aeglaselt, on suure pakase korral võimalik olukord, mil laadimistehnika ei ole võimeline töötama või laaditud materjal külmub veovahendile. Viimast on võimalik vältida soojendusega veokastide kasutamisel.

Kõik eespool öeldu piirab järvemuda etteveoks sobiliku aja väljapoole taimede aktiivse kasvu perioodi.

Praktikas kontrollimist vajab vooliktoitelise laotamise tehnoloogia. Ületamatuid tehnilisi probleeme veealuse väljapumpamise puhul pigem ei ole, sest sellisel viisil ammutatava materjali kuivainesisaldus jääb väidetavalt 10% kanti. See on torudes voolav ja pumbatav materjal. Vedelsõnniku laotussüsteemides on analoogsete omadustega materjali puhul kasutatud kuni 8 kilomeetrise etteandetrasse. Vajadusel on võimalik kasutada rõhutõstepumpasid trassi kriitilistes lõikudes. Vooliktoitelise laotussüsteemi suurim pluss on mullasõbralikkus ja töö kõrge jõudlus. Miinuseks kõrge esmane investeering ja vajadus arvestada toitevooliku liikumisvabadusega põldude suuruse ja sõidusuuna valikul põllul. Vooliktoitelise laotus ei sobi väikestele, liigendatud või rohkelt takistusi sisaldavatele põldudele. Samuti on esinenud probleeme kivistel põldudel, kus toitevoolik kulub kiiresti. Kui kasutada laotusseadise avalõhe- või pealemuldamislaotust, ei ole tavapäraste ilmastikutingimuste korral laotusnormide 100 t ha<sup>-1</sup> puhul toitainete ärakandumist karta. Siinkohal on oluline meelde tuletada, et laotusnormi valikul tuleb lähtuda võimalikest piirangutest, eelkõige P puhul (Veeseadus).

Vooliktoite asemel võib kasutada laotamist paakhaagistega. Samuti saab neid kahte tehnoloogiat kombineerida: paigaldada etteandedorustik, millega täidetakse pidevalt puhvermahutit, millest omakorda tangivad laoturid. Probleemiks, sarnaselt vedelsõnniku laotamisega, on põllu kandevõime ületamise oht, samuti laadimiskoha saastumine ja liigne tihenemine.

Puhvermahutit on võimalik täita ka etteveo paakhaagistega.

Väikese mahukaaluga ainete logistika tõsine probleem on laadimise tootlikkus, eriti ümberlaadimine väljaspool eriterminale. See kehtib eriti adru korral. Looduslike järvede korrastamisel ammutatud materjali ladustamiseks tõenäoliselt ei ole kasutada kõva kattega platse ja suure jõudlusega laadimistehnikat. Ka rannik on enamasti liigendatud maastikuga ja Eesti oludes ka kivine. Põllul või looduslikule pinnasele rajatud vaheladustusplatsil toimuv ümberlaadimine on ohtlik ja juhult kõrget professionaalsust nõudev ettevõtmine. Laadimistöde planeerimisel tuleb silmas pidada:

- 1) laadurite maastikuvõimekust. Seda nii stabiilsuse (põld on harva täiesti tasane) kui läbivuse suhtes;
- 2) laaduri jõudlust ja
- 3) valitud laadimismeetodi sobivust (kopast eraldumise täielikkus, piisav laadimiskõrgus ja tühjenduskaugus).

Kui maastikuvõimekus on masina omadus, siis materjali muutuvad omadused võivad laadimise jõudlust ka töö käigus oluliselt mõjutada. Liiga märja massi korral ei täitu kopp piisavalt (üleliigne voolab välja üle madalaima serva), liiga kuiv mass kleepub kopale. Adru puhul lisandub võimalik tuulekanne, kui kerged taimeosised võivad tuulega kopast välja kanduda.

**Järvemuda** ümberlaadimisel tasub kaaluda tsüklilise laadimisviisi asemel (ekskavaatorid, rataslaadurid) pidevatoimeliste (elevaatorlaadurid, mitmeastmelised lumefreesid) kasutamist. Oma füüsikalistelt omadustelt (sõmer materjal) ei erine nõrutatud järvemuda oluliselt kevadisest lumest. Kui kasutada suure mahukaaluga lume teisaldamiseks mõeldud seadmeid, väheneks oluliselt laadimisseadme tühisõitude arv ja üldine ruumivajadus, sest sellisel juhul sõidavad laadur ja transpordivahend kõrvuti. Komposti ümberlaadimisel on mitmeastmelisi lumepuhureid edukalt kasutatud.

Nõrutatud järvemuda ei esita laotusseadmele kuigi kõrgeid nõudmisi. Materjal on sõre, kleepub vähe, ei võlva laoturites. Etteandesüsteem peab laotusseadisele andma ette ühtlase voo ja laotusseadis selle nõutud töölaiausele ühtlaselt laotama. Mida suurem on soovitatav laotuslaius, seda keerukamaks muutub seade, seda rohkem on vaja võimsust materjali ühtlaseks laialipaikamiseks ja seda rohkem hakkavad materjali heterogeensus ja külgtuul laotusühtlikkust mõjutama. Ühtlase laotustulemuse saamiseks peaks kasutama nii etteandebiiitrite kui ka laotusketastega varustatud laotureid. Pelgalt laotusbiiitritega seadmete laotusühtlikkus sõltub suuresti laaditud koorma ühtlikkusest ning pankliku või liiga väikese kuivainesisaldusega materjali korral ei ole ühtlik laotamine võimalik.

**Adru** laotamine on sarnane rohkelt põhku või heina sisaldava sõnniku laotamisega. Lõikenugadega rebimisbiiitritega laoturid võimaldavad saada hea laotusühtlikkuse, ülevoolu-rõhtbiiitritega laoturid kuiva ja kiulise materjali ühtlast laotamist ei võimalda. Tasub tähele panna, et kui püstbiiitritega laoturid töötlevad vaid osa massist läbi, siis rõhtsate rebimisbiiitritega laoturid peavad kogu materjali mahu läbi soputama ja laotusketastele

puistama. See on energiamahukas protsess, mistõttu antud masinate kasutamist adru laotamiseks tasub vältida.

Laotatud materjal tuleb mullaga segada. See vähendab oluliselt võimalikku toitainete lendumist ja ärakannet pinnaveega. Vastavalt Veeseadusele on laotatud sõnniku muldaviimine nõutud 48 tunni jooksul kasvavate kultuurideta pinnal. Kuna adru ega järvemuda kohta erinõudeid pole kehtestatud, tasub nende käitlemisel lähtuda tahesõnniku normidest.

Laotatud materjali on võimalik mulda viia erinevasse sügavusse kasutades erinevaid mullaharimise riistu:

1. ader või hõlmkoorel, millega viiakse sügavale (20...25 cm) mullakihi alla. Siinkohal on oluline mõista, et hõlmtööriistaga muldaviimine annab tulemuseks kihiti paiknevad mulla ja orgaanikavööndid, mis tuleb edaspidi läbi segada;
2. rullrandaal või ketaskoorel, millega segatakse ülemisse mullakihti (5...15 cm). Niimoodi saab segada väiksemaid norme (kihi paksusega mitte üle 3 cm);
3. rullkäpprandaal või muu kobesti, millega segatakse kogu saadaolevasse aktiivkihti (0...25 cm).

Lausharimiskultivaatoreid ja äkkeid ei saa mullaga segamiseks soovitada, kuna nende mulda segav toime on vähene ja töösügavus ei ole piisav. Sobiv riist tuleb valida eel- ja põhikultuuri nõuete kohaselt ning arvestades põllul oleva mullastiku eripära ning kasutatava traktori võimekust. Kui hõlmriistad ei ole nõudlikud töökiirusele, siis ketasriistad vajavad kvaliteetseks tööks piisavat töökiirust (enamasti 10 km h<sup>-1</sup> ja rohkem). Orgaanilise materjali (sh. järvemuda ja adru) laotamisel võib oodata suurenenud veorastate läbilisemist ehk nühamist, sest põllu pinnal olev materjal on sõre ja libe ning ei paku rehvide mullaga võrdset haardumist. Seda tuleb arvestada masinate valikul ja traktori kaalujaotuse kohendamisel lisaraskuste valikul (ballastimisel). Tuleb tagada piisav haardekaal, kuid samas hoiduda mulda liigselt tallamast.

Kui kasutada nõrutamata järvemuda otse põllule laotamist, tuleb valida tasased põllud, kus oleks minimaalne pinnakande risk. Soovitav on anda materjal kas pinnaviisilise laotusena kasvavale kultuurile või ülemuldamislaotusena esmase mullaharimise käigus. Oluline on jätkusuutlik viljavaheldus, kus tulu- ja vahekultuurid järgnevad nii, et põld ei oleks pikemat aega taimkatteta.

Võimalik on kasutada vedela järvemuda muldaandmiseks ka sisestuslaotust, kuid selle puhul on suurim kasutatav kogus piiratud lõhe mõõtmetega. Vedelsõnniku sisestuslaotus on selline laotamismeetod, mille korral põllu pinda lõigatakse lõhe ja laotatav aine juhatakse selsse. Näiteks 70 mm sügavusse avalõhese ei mahu üle 30 kuupmeetri hektarile laotatavad kogused ja materjal hakkab välja pressima. Pinnale jäänud materjal on aga ärakandealdis. Tekkiv olukord on selline, mida tuleks töö planeerimisel vältida.

Põllul liikumise ajal on oluline vältida mulla tallamist. Suurim on kahju liigniiske mulla korral. See olukord on Eestis sagedane sügisel, mistõttu tuleks vältida orgaanilise väetise laotamist hilissügisel, kui muld on põllul veega küllastanud.

Tehnilised võimalused mulla säästmiseks on järgmised:

1. rehvimõõdu suurendamine;
2. rehvirõhu alandamine;
3. topeltrataste kasutamine;
4. mitmeteljeliste telikute kasutamine (tuleb kõne alla peamiselt haagistel);



5. võimalikult pehme seinaga rehvide (madalsurvehvide) kasutamine. Kõige operatiivsem võimalus on topeltrehvide kasutamine ja rehvirõhu alandamine. Mõlema võtte korral tekivad probleemid liikumisega avalikel teedel. Topeltrataste korral ületab masina laius 2,5 m, mistõttu on vajalik teevaldaja luba. Madala rehvirõhu korral tekib transpordikiirusel oht rehvi vastupidavusele, kuna rohke deformatsioon kuumutab rehvi ja võib esile kutsuda väsimuspurunemise. Seda eriti siis, kui liikumiskiirus ja rehvi koormus koormaga sõites ei ole vastavuses rehvi valmistaja nõuetega. Töökiirusel sõitmisel langeb tootlikkus ja takistatakse teisi liiklejad. Mida kaugemal on laadimiskoht põllust, seda suurem probleem on transpordikiiruse langusest tingitud tootlikkuse vähenemine. Masinale lisatud rehvirõhu käsi- või automaatseadesüsteemid võimaldavad vajaliku rõhu seada kiiresti ja enamasti juhikohalt lahkumata. Võimaluse korral tasub põllutöid tegevdad masinad juba soetamisel rehvirõhu muutmise süsteemiga varustada ja neid vastavalt vajadusele ka kasutada.

### **Orgaanilise aine laotamise keskkonnaaspekte.**

Eelmises lõigus käsitlesime orgaanilise aine käitlemise tehnilisi aspekte. Siinkohal on oluline mitte unustada iga tegevuse keskkonnamõju. Selle saab jagada otseseks ja kaudseks keskkonnamõjuks.

Kui otsene mõju on selgelt märgata (valesse kohta kogunevad nõrgveed, rööpad, masinate heitgaasid ja müra, jms), siis kaudse mõju toime ei pruugi esmapilgul avalduda. Orgaaniliste mullaparandusainete käitlemisel saab esmaste kaudsete mõjudena käsitleda peamiselt mullastiku kahjustamist ebaõigest valitud töökorralduse, masinate või töö teostamise aja tõttu ja võimalikku kasutamata toitainete leostumist. Esimeste jaoks on leevendusmeetmed varasemates lõikudes juba loetletud. Võimalik toitainete leostumine on aga teema, mida peab käsitlema viljavahelduse kontekstis. Tuleb meeles pidada, et toitained vabanevad mitme aasta jooksul ja kõik taimede ning mulla elutegevuses kasutamata jäävad toitained uhutakse sügiseste vihmadega mulla ülemisest kihist ära kas leostumise (vertikaalne uhtumine) või pinnakande (horisontaalne uhtumine) tõttu. Mõlemad saab töö ettenägeliku planeerimisega oluliselt vähendada. Selleks tuleb vältida suurte orgaanilise aine koguste laotamist sügisese mullaharimise alla olukorras, kus põllule ei külvata vahekultuuri. Väike kogus (N15-30) on vajalik eelkultuuri põhu lagundamiseks, kuid sellest kõrgemad kogused võivad veega kaduma minna. Eelkultuuri põhu tõhusa lagunemise eelduseks on selle muldaviimine, mis on väga mõistlik ühitada orgaanilise väetise laotamisega. Orgaaniliseks väetiseks võib olla ka käesoleva töö teemaks olevad mullaparandusained, eelkõige järvemuda. Adu kui põllulejäänud taimeosadega sarnane materjal pigem tarbib toitaineid lagunemisprotsessi alguses, olles seetõttu pigem täiendavaks koormuseks. Seetõttu on vaja kindlasti koostada toitainebilanss, kas ja millises mahus võiks toitainete vajadus olla kaetud ja mida vajadusel juurde anda.

Kui majanduslik kadu toitainete ärakandumisest ettevõtte lõikes on väike, siis võimalik kumuleeruv kahju paratamatult juba praegu eutrofeerunud Läänemere on märkimisväärne. Kuigi ei saa nõustuda levinud väitega, et valdav osa veekogude toitaineliast on põllumajanduslikku päritolu (see pole teadaolevate toitainekoguste juures lihtsalt võimalik, eriti P puhul), ei saa eitada meie igaühe vastutust jätkusuutliku elukeskkonna tagamisel.

### **Järeldused.**

Käesolevas töös käsitletud orgaanilised mullaparandusained adru ja järvemuda on kohalik ressurss, mida on mõistlik kohaliku aineringluse tingimustes pigem põllumajanduses ära kasutada. Selleks on olemas alusteadmised ning vajalik tehnika. Ainete laiemat levikut piirab vähene teadlikkus ja orgaaniliste ainete logistika keerukus. Oma osa mängivad ka

keskkonnanõuded, millega tuleb materjali hankimisel ja laotamisel arvestada. Kõige selle tõttu on adru ja järvemuda kasutamine kohaliku orgaanilise väetisena pigem võimalus väiksematele tootjatele.

**Järvemuda** tekib veekogude elutsüklis paratamatult ning põllumajanduses on võimalik see keskkonnasõbralikult ära kasutada. Selleks tuleb juba tööde planeerimisel nii vaheladustamise koha valikul kui ka ammutamistöõde korraldamisel valida vajalikul ajal transpordivahenditega juurdepääsetavad kohad, kus oleks samal ajal täidetud veekaitseõuded ning tekiks vähim muu kahjulik mõju. Põllule laotamisel tuleb jälgida kehtestatud piiranguid aja ja koguse suhtes ning korraldada töö võimalikult mulda säästval viisil. See tähendab esmajoones võimalikult kergete masinate valimist ning tööd võimalikult kvaliteetselt ja kiiresti teha võimaldavat tööviisi.

**Adru** kantakse merest perioodiliselt välja iga-aastaselt ning kohaliku orgaanilise materjalina on sel potentsiaali mullaparandusainena, kui lahendatakse kvaliteetse materjali kogumise probleemid keskkonnasõbralikul viisil. Adru potentsiaal on pigem toormena väärimiseks kõrgema väärtusega toodeteks kui põllumajanduslikuks otstarbeks orgaanilise väetisena suures mahus. Väikeses mahus on adru mullaparandusainena kasutatav, kuid tasub silmas pidada võimalikku raskemetallide kogunemise probleemi.

**Projekti eluviimiseks kasutatud töökohtade arv, tööülesannete kirjeldus ja jaotus uurimisgrupi liikmete vahel:**

Uurimisgrupi liige	Tööülesanded	Koormus
1. Liina Edesi	Projekti juhtimine. Mullaproovide võtmine Saku ja Jõgeva katsealadelt. Erinevate mullaparandusainete mõju hindamine mulla mikrobioloogilisele seisundile.	2016- 0,4 2017-0,15
2. Ene Ilumäe	Põldkatse korraldamine Saku katsealal.	2016- 0,1 2017-0,1
3. Tiia Kangor	Põldkatse korraldamine Jõgeva katsealal. Saagiproovide kogumise ja analüüsimise korraldamine. Alternatiivsete mullaparandusainete mõju saagikusele ning saagi kvaliteedile.	2016- 0,2 2017-0,1
4. Valli Loide	Alternatiivsete mullaparandusainete mõju mulla keemilisele koostisele.	2016- 0,1 2017-0,1
5. Raivo Vettik	Majandusliku hinnangu koostamine. Mullaparandusainete kättesaadavuse ja majandusarvutuste alusel prognoosi andmine nende kasutamisest mahetootmises lähiaastatel.	2016- 0,1 2017-0,2
6. Kalvi Tamm	Seadmed järvemuda ja adru transpordiks, laadimiseks, laotamiseks ning mulda segamiseks. Mullaparandusainete kättesaadavuse ja majandusarvutuste alusel prognoosi andmine nende kasutamisest mahetootmises lähiaastatel.	2016- 0,0 2017-0,1
7. Tiit Plakk	Mulla niiskuse ja soolsuse määramine põllul "in situ" taimede erinevates kasvufaasides.	2016- 0,2 2017-0,0

8. Edvin Nugis	Mulla füüsikaliste parameetrite mõõtmine.	2016 -0,1 2017-0,0
9. Taavi Võsa	Seadmed järvemuda ja adru transpordiks, laadimiseks, laotamiseks ning mulda segamiseks.	2016- 0,0 2017-0,2
10. Elina Akk	Taimiku taimehaigustesse nakatumise hindamine. <i>Fusarium</i> seente arvukuse määramine teradel.	2016 -0,0 2017-0,0

### **Projektiga seotud taristu kasutamine projekti elluviimisel:**

#### Mullaharimine

Traktor Valtra N121H 6794TA, traktor T25; traktor New Holland TN55D, pöördader, kultivaator K 8,0 S, ökoäke SINE-024E, garaaž-töökoda, kaarhall masinate hoidmiseks.

#### Katsetööde läbiviimine

Veoauto Scania koos tõstukiga, teravilja kombikülvik Tume HKL D 4000, muruniiduk Avant 1200 mm A21046, trimmer, katsekombain Hege, kombain Sampo, sõiduauto Opel Corsa, sõiduauto Peugeot 5008, järelkäru.

#### Katsetööd, mõõtmised ja proovide kogumine

Maamöödusirkel, ekker, plastmassist katse märkimistikud, maamöödulint, labidas, külmakastid, mullaproovi puur, ämbrid, rehad, elektroonilised kaalud (25 kg kaalumiseks), perkomeeter, kilekotid proovide kogumiseks.

#### Saagi käitlemine

Riidest kotid saagi koristuseks, katsekuivatid, gaasikatel, katsesorteerid, elektroonilised niiskusemõõtjad, elektroonilised kaalud, hooned saagi kaalumiseks ja sorteerimiseks, laohooned koos riiulitega saagikottide hoidmiseks, kilekotid laboriproovideks.

#### Laborianalüüsid

Laboratoorne veski, NIR aparaat, teravilja mahukaal, külmutuskapid, kaalud, fotospektromeeter, kuivatuskapp, kliimakapp, gaaskromatograaf-massidetektoriga, vortex, magnet segaja, tsentrifuug, autoklaav, loksuti, mullasõelad.

#### Andmete töötlemiseks

Lauaarvutid+tarkvara, statistikaprogramm Agrobases.

### **Soovitused ja ettepanekud:**

Kuna looduskeskkonna, eriti veekogude saastumise riskid on küllaltki suured, ei pruugi loodusest pärit mullaparandusained olla alati sobivad mahepõllumajanduslikus taimekasvatuses kasutamiseks. Seega tuleks nii adru kui ka järvemuda kasutamisel mullaparandusainena jälgida neis leiduvate raskmetallide sisaldusi.

Tähelepanu tuleks pöörata ka sellele, et järvemuda koostisse kuulub suur osa, 43–56%, mineraalset ainet, milles on toiteelementide seotus ja vabanemine oluliselt erinev orgaanilise aine omast. Seega ei anna toiteelementide sisalduse määramine sama meetodiga mis sõnniku puhul sõnnikuga võrreldavat tulemust. Sõnnikus leiduvad toiteelemendid on kergesti lahustuvad ja taimedele kättesaadavad, järvemudas mineraalosaga seotud toiteelemendid aga mitte. Seepärast peaks määrama järvemuda iseloomustamisel lisaks orgaanilise ainega seotud toiteelementide sisaldusele ka toiteelementide liikuvad vormid Mehlich 3 meetodiga.

Katsetulemuste põhjal selgus, et järvemuda mullaparanduslikud omadused on küllaltki tagasihoidlikud, seega tuleb positiivse mõju saamiseks kasutada suuri koguseid. Sellest lähtuvalt vajaks veel välja selgitamist asjaolu, kui suuri järvemuda koguseid võib ühe hektari põllumaa kohta kasutada ilma, et sellele järgneks negatiivne mõju nii saagikusele, mulla füüsikalistele, keemilistele kui ka mikrobioloogilistele näitajatele.

### **Projekti tegevuste ja tulemuste levitamise kava:**

1. Projekti tulemusi on tutvustatud Eesti Taimekasvatuse Instituudi poolt läbiviidavatel suvistel põllupäevadel.
2. Projekti raames valmis Tallinna Tehnikakõrgkooli keskkonnatehnoloogia ja -juhtimise eriala tudengil Gerda-Käddi Altingul bakalaureusetöö.
3. Mahetootjatele mõeldud kogumikus „Teaduselt mahepõllumajandusele 2017“ on ilmumas kaks artiklit; "Raskmetallide sisaldus Eesti mereadrus" ja "Adru ja sapropeeli kasutamine mahekaera kasvatamisel".
4. Plaanis on projekti tulemuste põhjal publitseerida veel mitu artiklit nii kohalikes kui ka rahvusvahelise levikuga ajakirjades.