



## MINIMEERITUD HARIMISE MÕJU MULDADE OMADUSTELE JA KESKKONNASEISUNDILE

Töö teostaja: Põllumajandusuuringute Keskuse Mullaseire büroo; Tallinna Tehnikaülikooli Tartu Kolledž (Mari Ivask, Ellen Hiie)

### Uuringu eesmärk

Uuringu eesmärgiks on hinnata minimeeritud harimise mõju muldade omadustele ja keskkonnaseisundile – võimaliku erosiooni tõkestajana, süsiniku akumuldeerijana, mulla toite- ja veerežiimi ning mullaelustiku seisundi võimaliku muutjana. Tehnoloogiana on minimeeritud harimine järjest enam levinud, kuid harimisviisi mõju muldadele on Eesti kontekstis komplekselt vähe uuritud, arvestades nii mulla omadusi, mulla elustikku kui ka põldudel kasutatud taimekaitsevahendeid (TKV). Uuringu tulemusi kasutatakse põllumajanduslike keskkonnatoetuste hindamise ja seire taustinformatsioonina ning seireindikaatorite valiku täpsustamiseks. Samuti saab täpsustada põllumajandustoetuste abil toetatavate tegevuste valikut ja põhjendatust, selgitada erinevate agrotehnoogiate (otsekülv ja künnipõhine tavaharimine) toimimist ning koolitada põllumajandustootjaid.

### Metoodika

Minimeeritud harimise uuringu puhul on tegemist jätku-uuringuga. 2016. aastal võeti kordusproovid (2012. a esimest korda) neljalt tootmispõllult: kaks otsekülvi põldu O1 ja O3 ning kaks künniharimisega põldu K1 ja K3 (Tabel 1). Kõikidelt põldudelt võeti 2016. aastal kordusproovid samadest kohtadest ning määrati tähtsamad agrokeemilised näitajad (P, K, Mg, Ca), mulla happesus, orgaanilise süsiniku sisaldus (Corg), lasuvustihedus (Dm) ning arvutati lisaks üldpoorsus. Esmakordselt määrati sel aastal labiilse ehk liikuva süsiniku sisaldus mullas (DOC). Labiilne süsinik peegeldab mulla orgaanilise aine aktiivset fraktsiooni, mis koosneb kergesti lagunevatest ühenditest, mineraliseerub kiiresti ja ei ole mullas stabiilne. Kõiki näitajaid hinnati sügavuskihtide kaupa: 0-5, 5-15 ja 15-25 cm. Taimkaitsevahendite jääkide sisaldused määrati nii neljal uuritud põllul kui ka lisaks neljal otsekülvi põllul. Info külvikorra, kasutatud väetiste ja taimkaitsevahendite osas on pärit tootjate põlluraamatutest (Tabel 2).

Tabel 1. Minimeeritud harimise uurimisalad 2016. aastal

Põld	Siffer*	Tehnoloogia**	Kultuur 2016. a.	Proovivõtu aastad	Maakond
O1	Ko	otsekülv	taliniisu allakülvita	2012; 2016	Viljandi
K1	Ko(g)	künd (2012)	suvinisu allakülvita	2012; 2016	Viljandi
O3	LP	otsekülv	taliniisu allakülvita	2012; 2015 (elustik); 2016	Valga
K3	LP	künd (2014)	tritikale allakülvita	2012; 2015 (elustik); 2016	Valga
Soone1		otsekülv	põlduba/taliniisu	2016 (TKV jäägid)	Tartu
Soone2	LP	otsekülv	suvioder allakülvita	2016 (TKV jäägid)	Tartu
Pirmastu1	LP	otsekülv	oder/ristik	2016 (TKV jäägid)	Põlva
Pirmastu2	LP(g), Lkl	otsekülv	suviraps/taliniisu	2016 (TKV jäägid)	Põlva

\* Ko – leostunud muld, Ko(g) – gleistumistunnustega leostunud muld, LP – näivleetunud muld, LP(g) – gleistumistunnustega näivleetunud muld, Lkl – nõrgalt leetunud muld

\*\* sulgudes on märgitud aasta, mil toimus viimati kündmine

Mulla elustiku seisundi hindamiseks kasutati indikaatoritena mikroobide, hooghännaliste ja vihmausside kooslusi iseloomustavaid parameetreid. Mulla elustiku hindamise täpsem meetodika on kirjeldatud varasemates aruannetes.

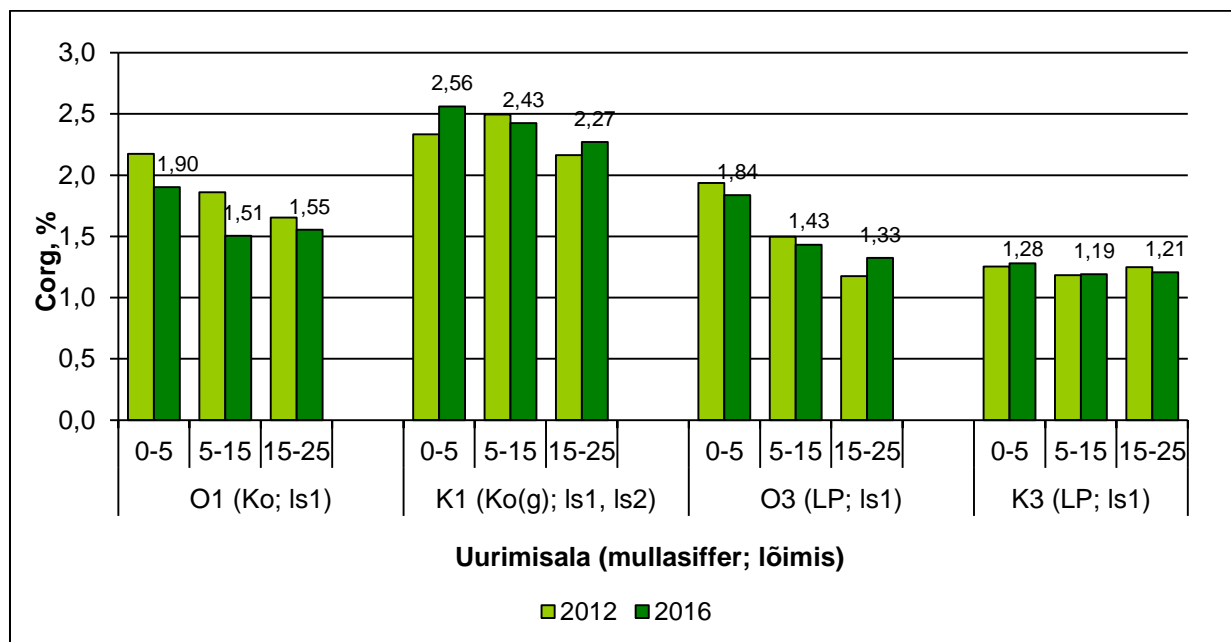
Tabel 2. Uurimisalade külvikord 2012-2016 aastatel ja kasutatud väetiste keskmine toiteelementide sisaldus aastas

Põld	Väetis N-P-K, kg/ha/a	Põllukultuur				
		2012	2013	2014	2015	2016
O1	144-17-45	oder	suviraps/suvirüps	suvinisu	suvinisu/suvioder	taliniisu
K1	88-14-35	oder	suviraps	taliniisu	suvioder	suvinisu
O3	119-7-30	taliniisu	kaer	taliniisu	ristik	taliniisu
K3	178-15-58	taliniisu	kaer	suviraps	suvioder	tritikale

**Tulemused**

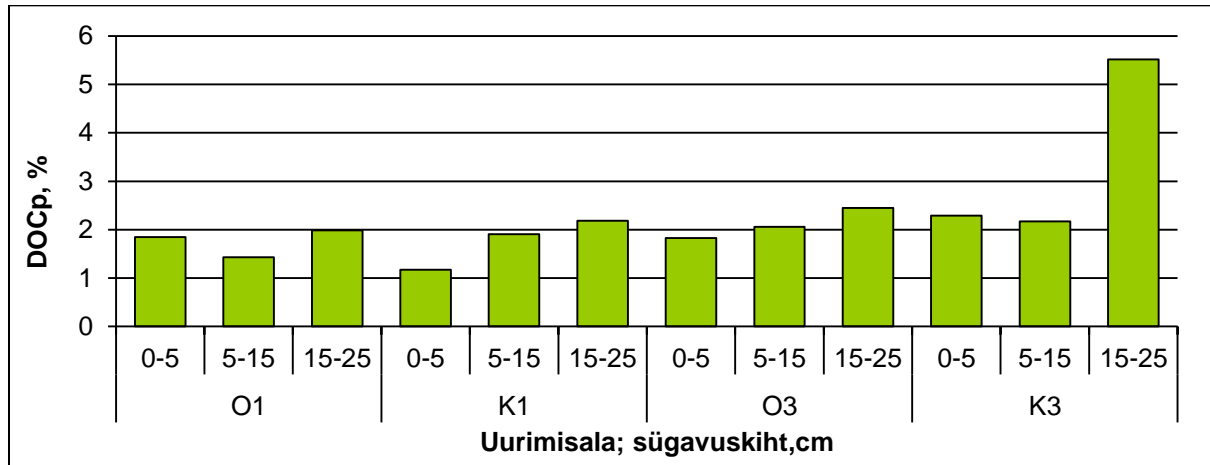
**Mulla huumusseisundi näitajad**

Mulla orgaanilise süsiniku sisaldus on kõige suurem mulla pindmises, 0-5 cm kihis sõltumata kasutatud tehnoloogiast (Joonis 1). Otsekülvi aladel on 2016. aastal võrreldes 2012. aastaga Corg sisaldus vähenenud mõlemal uurimisalal ning kõikides sügavuskihtides, va O3 15-25 cm. Kõige suurem vähenemine orgaanilise süsiniku sisalduses on toimunud O1 põllul kõikides sügavuskihtides, aga eriti ülemistes. Uurimisala O1 on olnud viimased viis aastat teravilja külvikorras, lisatud on ainult mineraalväetiseid (Tabel 2). Künniga aladel on pindmises kihis toimunud Corg suurenemine, K1 alal on suurenemine olnud 9,9% (0,23%) võrra. K3 uurimisalal ei ole nelja aasta möödudes Corgi sisalduses olulisi muutusi toimunud.



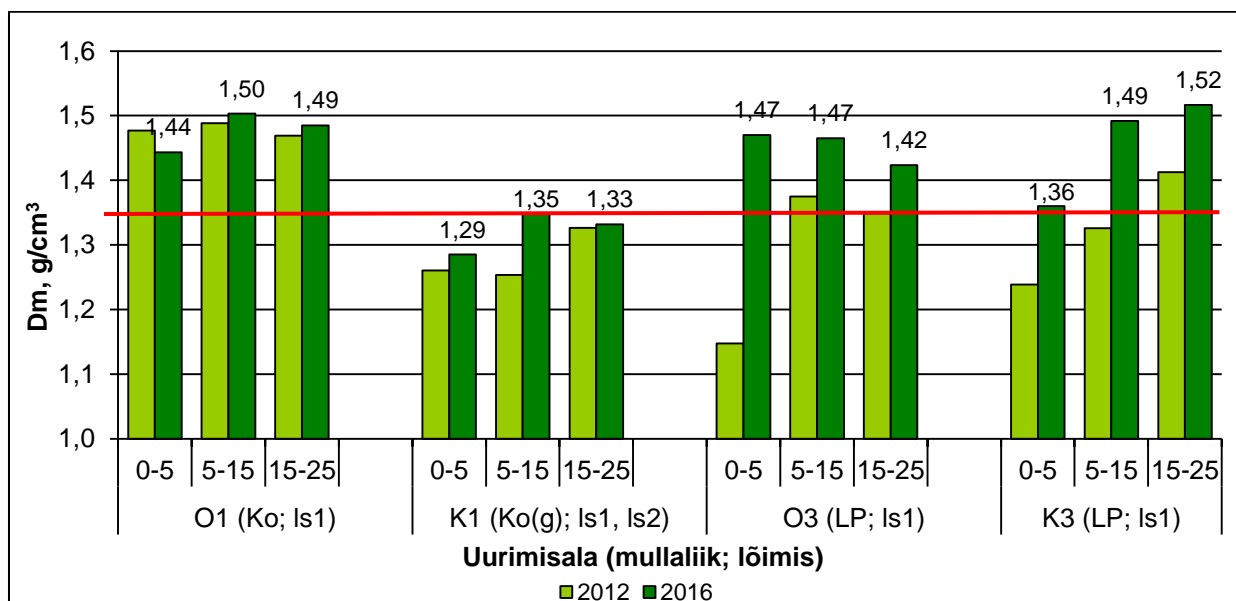
Joonis 1. Orgaanilise süsiniku (Corg) sisaldus aastatel 2012 ja 2016 erinevates mulla sügavuskihtides. Seevastu on K3 uurimisala labiilse süsiniku osakaalus kogu mulla Corg sisaldusest kihtide vahelised erinevused suured (Joonis 2). Üldiselt jääb labiilse süsiniku fraktsiooni sisaldus kogu Corg-ist 2% piiridesse, mis tähendab, et enamik Corgi on mullas passiivsel ehk püsival kujul. K3 ala künti 2014. aastal ning võib arvata, et suurem labiilse fraktsiooni osa viidi kündmisega alumisse kihti. Otsekülvi tehnoloogia kasutamisel võiks mullaprofiilis olla

väiksem labiilse süsiniku osakaal, sest mulda ei segata, kuid kahjuks ei ole suuri erinevusi tehnoloogiate vahel. Mõnevõrra madalam labiilse süsiniku osakaal K1 uurimisala pindmises mullakihis võib olla seotud suviteravilja kasvatamisega. Teistel aladel kasvatati taliteravilja, mis võiks väljenduda oluliselt kõrgemas labiilse süsiniku osakaalus kogu Corgi, sest taliviljade juurestik on massiivsem ja annab rohkem värsket orgaanilist materjal. Samas olid taliviljapõllud üle aasta harimata, mistõttu selle perioodi jooksul lisandus mulda orgaanilist materjali ainult läbi juurte.



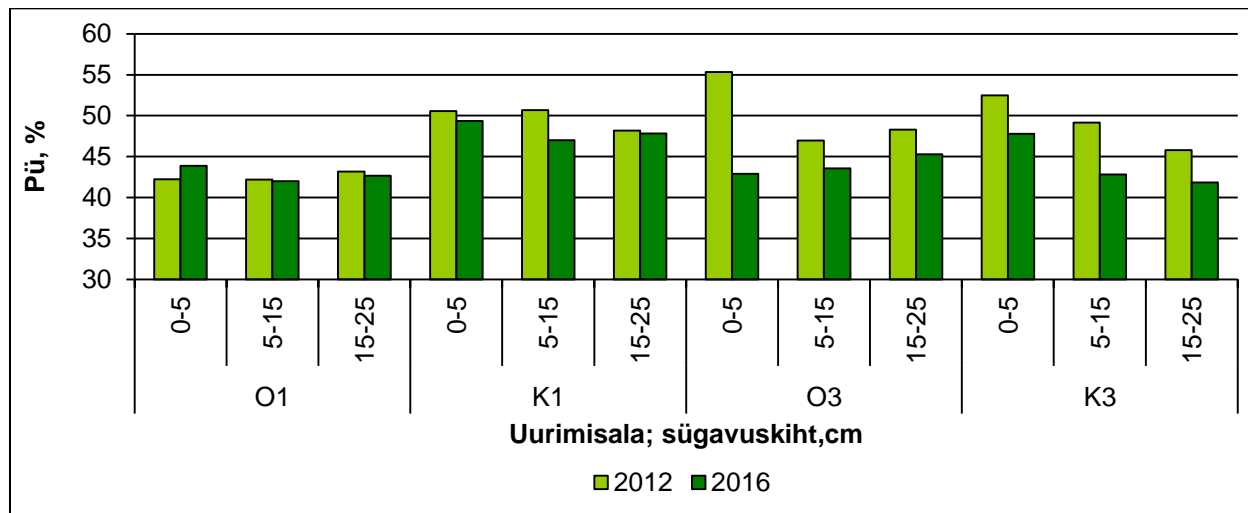
Joonis 2. Liikva orgaanilise süsiniku osakaal (DOCp) kogu mulla orgaanilisest süsinikust 2016. aastal

Lasuvustihedus on kõikidel uurimisaladel üldiselt suurenenud. Kui enamikel uurimisaladel on suurenemine olnud nelja aastaga väiksem kui  $0,09 \text{ g/cm}^3$  siis K3 alal on toimunud oluliselt suurem tihenemine ja seda kõikides sügavuskihtides (Joonis 3). Üldiselt on suurem tihenemine toimunud võrdluspaaris O3 ja K3 ning nelja aastaga on põldude seisund jõudnud kriitilise lasuvustiheduseni mullas (kerge liivsavi lõimisel on kriitiline lasuvustihedus mullale  $1,35\text{-}1,50 \text{ g/cm}^3$ ). Muldade tihenemise põhjuse leiame külvikorrast, kõikidel põldudel on viimasel neljal aastal kasvatatud ainult teravilja (va O3, 2014. a. ristik) (Tabel 2).



Joonis 3. Mulla lasuvustihedus aastatel 2012 ja 2016 erinevates mulla sügavuskihtides. Punane joon tähistab kriitilise lasuvustiheduse piiri algust mullale (kerge liivsavi alates  $1,35 \text{ g/cm}^3$ )

Mulla tihenemist iseloomustab ka mulla üldpoorsus, mis muutub vastupidiselt lasuvustihedusega (Joonis 4). Üldpoorsus on vähenenud rohkem O3 ja K3 aladel kus oli suurim mulla tihenemine nelja aasta lõikes. Kõige stabiilsemate lasuvustiheduse ja üldpoorsuse näitajad on otsekülvi O1 põllul, kuid paraku on sealne lasuvustihedus juba väga kriitiline ( $1,35-1,5 \text{ g/cm}^3$ ), mis mõjutab oluliselt mulla vee- ja õhurežiimi ning toitainete omastamist mullast. Teise otsekülvi ala O3 suuri muutused pindmises mullakihis tuleks võtta kriitiliselt, ilmselt on tekkinud viga proovi kogumisel või analüüsimisel 2012. aastal.



Joonis 4. Mulla üldpoorsus aastatel 2012 ja 2016 erinevates mulla sügavuskihtides

Muldade üldise huumusseisundi hindamiseks leiti mulla orgaanilise süsiniku varu (Corg varu) igas kihis ja kogu uuritud sügavuses 0-25 cm keskmisena. Keskmisena kogu mullaprofiili lõikes on suuremad Corg varud Viljandimaa uurimisaladel O1 ja K1 võrreldes Valgamaa aladega O3 ja K3 (Tabel 3). Üldiselt on Corg varu nelja aasta jooksul suurenenud ja seda pigem läbi lasuvustiheduse suurenemise. Oluline Corg varu vähenemine (-8,6 t/ha) on toimunud otsekülvi põllul O1, mis on tingitud Corg sisalduse vähenemisest nelja aasta jooksul. Otsekülvipõllu O1 Corg sisalduse ja varu oluline vähenemine nelja aastaga on tugevasti seotud teraviljapõhise külvikorra ning mineraalsete väetiste kasutamisega. See põld on vähemalt 15 aastat olnud otsekülvi põld ning trend on Corgi osas vähenemise suunas. Ilmselt aitaks siin kultuuride mitmekesistamine külvikorras ning orgaaniliste väetiste kasutamine. Positiivse näitena saab tuua otsekülvipõllu O3, kus 2014. aastal kasvatati teraviljade vaheaastal hoopis ristikut, mis parandas mulla huumusseisundit oluliselt. O3 alal oli ka kõikidest 2016. aasta uurimisaladest kõige suurem positiivne muutus Corg varus. Ristiku kasvatamise mõju O3 alal eristub ka kihtide lõikes, kus 15-25 cm sügavuses suurenes Corg varu nelja aastaga 3 t/ha ja pindmises kihis 2,4 t/ha. Künniga aladel on K1 põllul toimunud ühtlane Corg varu suurenemine kõikides sügavuskihtides, aga K3 põllul on see diferentseeritum. K1 põllu kõrgem Corg sisaldus ning seeläbi ka suurem Corg varu mullas tuleneb ka gleistumistunnustega mullast, mis oma omadustelt ei lase ajutiselt liigniisketes tingimustes Corgil mineraliseeruda.

Tabel 3. Mulla orgaanilise süsiniku varu (t/ha) sügavuskihtide kaupa ja kogu 0-25 cm mullakihis 2012. ja 2016. aastal

Sügavus	2012				2016			
	O1	K1	O3	K3	O1	K1	O3	K3
0-5 cm	16,0	14,7	11,1	7,8	13,7	16,5	13,5	8,7
5-15 cm	27,7	31,3	20,6	15,7	22,6	32,7	21,0	17,8
15-25 cm	24,3	28,7	15,9	17,7	23,1	30,2	18,9	18,3
0-25 cm	68,0	74,7	47,6	41,1	59,5	79,4	53,4	44,8
Muutus, t/ha					-8,6	4,7	5,8	3,7

Võrreldes erinevaid harimistehnoloogiaid on väga oluline teha seda sügavuskihtide kaupa, sest kogu profiili keskmised väärtused ei anna edasi mulla seisundit ja muutuseid aastate vahel (Tabel 4). Näiteks, Corg sisaldused on otsekülvi aladel üldiselt kõrgemad just pindmises mullakihis, seevastu künniga aladel ei ole eristumine kihtide vahel nii selge. Samuti ei peegeldu üldisest keskmisest näitajast ala kohta liikuva süsiniku suur osakaal kogu Corg-ist K3 ala alumises 15-25 cm kihis. Samas tuleb üldiste näitajate puhul välja, et keskmisena on liikuva süsiniku üldsisaldus suurem künniga aladel võrreldes otsekülvi aladega.

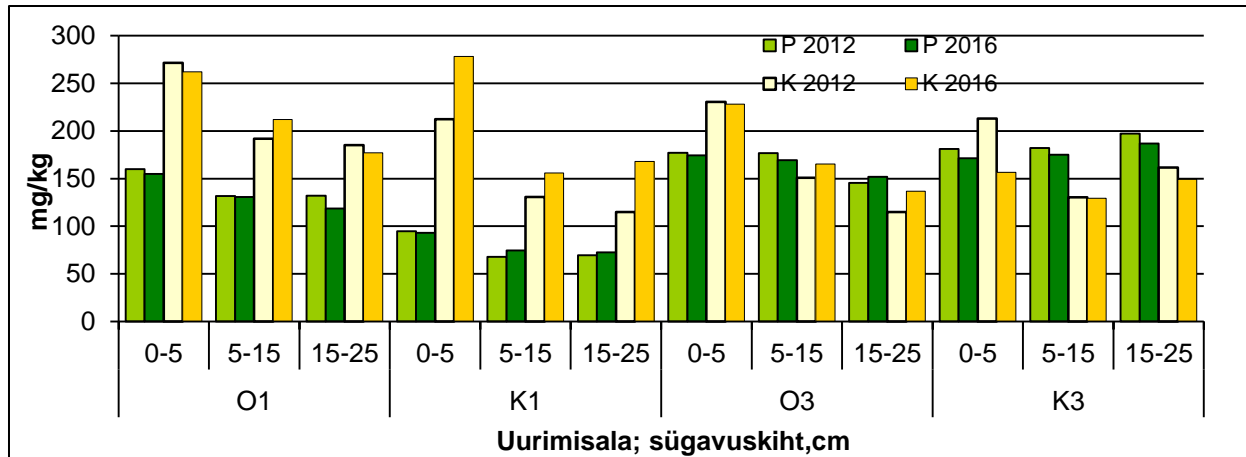
Tabel 4. Mulla orgaanilise süsiniku sisaldus, lasuvustihedus, liikuva süsiniku sisaldus, liikuva süsiniku osatähtsus orgaanilise süsiniku sisaldusest, orgaanilise süsiniku varu aastatel 2012 ja 2016

Põld	Corg, %		Dm, g/cm <sup>3</sup>		DOC, mg/g	DOCp, %	Corg varu, t/ha	
	2012	2016	2012	2016	2016	2016	2012	2016
O1	1,9	1,7	1,48	1,48	0,29	0,18	68	59,5
K1	2,3	2,4	1,28	1,32	0,42	0,17	74,7	79,4
O3	1,5	1,5	1,29	1,45	0,32	0,21	47,6	53,4
K3	1,2	1,2	1,33	1,46	0,41	0,33	41,1	44,8

#### Mulla happesus ja toiteelementide sisaldus uurimisaladel

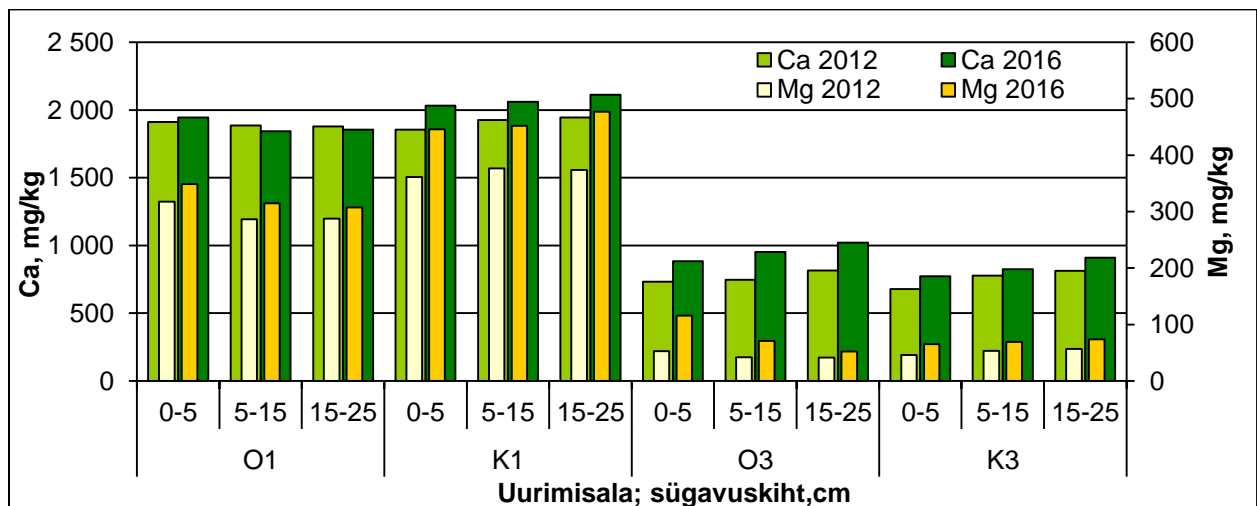
Mulla happesus uurimisaladel ootuspäraselt oluliselt ei muutunud nelja aastaga. Viljandimaa O1 ja K1 põllud on neutraalse reaktsiooniga ning 2016. aastal on pH tõusnud 0,1 võrra võrreldes 2012. aastaga. Valgamaa uurimisalad O3 ja K3 on nõrgalt happelise mullaga ning otsekülvi alal suurenes pH 0,2 ühikut ja künniga alal vähenes 0,2 ühikut.

Toiteelemendi P-sisaldused langesid nelja aasta perioodil kõikidel aladel ja peaaegu kõikides kihtides (Joonis 5). Ainult K1 põllul on alates 5 cm toimunud P-sisalduse suurenemine, mis on vajalik põllu P-sisalduse parandamiseks (kuulub keskmisesse väetistarbeklassi). K-sisalduse osas ühest trendi välja ei joonistu. Künniga harimise ala K1 eristub teistest taaskord, K-sisaldus on võrreldes teiste uurimisaladega oluliselt tõusnud (keskmiselt 48,1 mg/kg). Kõige suurem langus toimus künniharimisega põllu K3 pindmises kihis, kus K-sisaldus langes 26% ehk u 56 mg/kg võrra. Otsekülvaladel langes K-sisaldus pindmises mullakihis, sügavusel 5-15 cm toimus sisalduse suurenemine.



Joonis 5. Fosfori ja kaaliumi sisaldused 2012. ja 2016. aastal erinevates mulla sügavuskihtides

Ca sisaldus oli Valgamaa põldudel O3 ja K3 optimaalsest toiteelemendi sisaldusest oluliselt madalam (Mehlich3 meetodikaga määratud Ca optimaalseks sisalduseks loetakse 1500 mg/kg), vaatamata Ca sisalduse suurenemisele, mis on nelja aasta jooksul toimunud (Joonis 6). Seejuures on rohkem suurenenud O3 põllu Ca sisaldus (u 187 mg/kg) tänu 2015. aastal kasutatud lubiväetisele. Lubiväetise mõju avaldub nii suurenenud Ca ja Mg sisalduses, vähenenud P-sisalduses kui ka pH tõusus. K3 alal on keskmine Ca sisaldus 835 mg/kg suurenedes nelja aasta perioodil 79 mg/kg võrra ning kindlasti tuleks sellele tähelepanu pöörata, kuna ka pH näitab langustrendi. Põlluraamatu järgi pole viimasel viiel aastal sobivaid lubiväetisi põllul kasutatud. Ka teisel künniga alal K1 on toimunud Ca sisalduse suurenemine ning seda eriti pindmises ja alumises sügavuskihis (vastavalt 176 ja 169 mg/kg). Otsekülvi alal O1 ei ole suuri muutusi nelja aasta jooksul toimunud. Mg sisaldus suurenes kõikidel uurimisaladel sõltumata sügavuskihist.



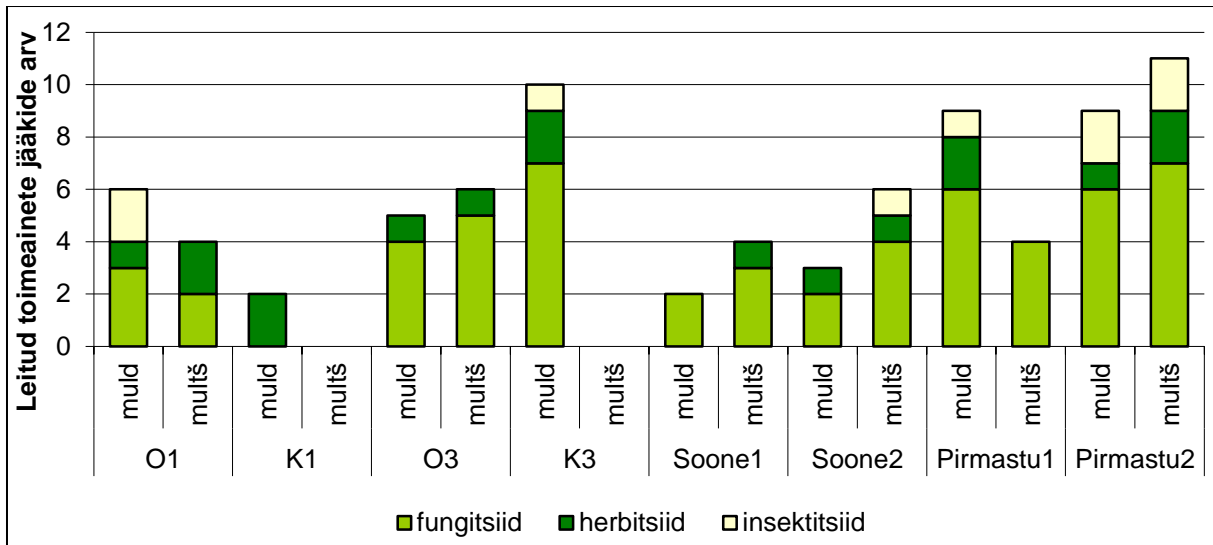
Joonis 6. Kaltsiumi ja magneesiumi sisaldused aastatel 2012 ja 2016

**Taimkaitsevahendite jäägid mullas ja multsis**

Nii mullast kui multsist kokku leiti 2016. aasta kaheksa uurimisalal põllult 22 erinevat toimeainet 79 erineval korral ja neist 51,8% (41 juhul) juhtudest oli tegemist toimeaine sisaldusega alla määramispiiri ehk jälgedega. TKV-klassidest oli enam esindatud fungitsiidid (55 juhul), järgnesid herbitsiidid (16 juhul) ja insektitsiidid (8 juhul) (LISA 1). Tavaharimisega põllul K1 leiti ainult üks herbitsiidi jälgi, so trifluraliin, mis tuvastati ka 2012.

aastal läbi viidud uuringust (PMK, 2013a). Trifluraliini jälgi leiti veel K3, O1, Primastu1, Pirmastu2 ja Soone2 uurimisaladelt, sh multšist. Lisaks trifluraliinile leiti keelatud taimekaitsevahenditest kolme uurimisala mullast DDT ja neonikotinoid klotianiidiini jälgi. Need keelatud taimekaitsevahendite jäägid püsivad mullas seega väga pika perioodi jooksul ja lagunevad aeglaselt.

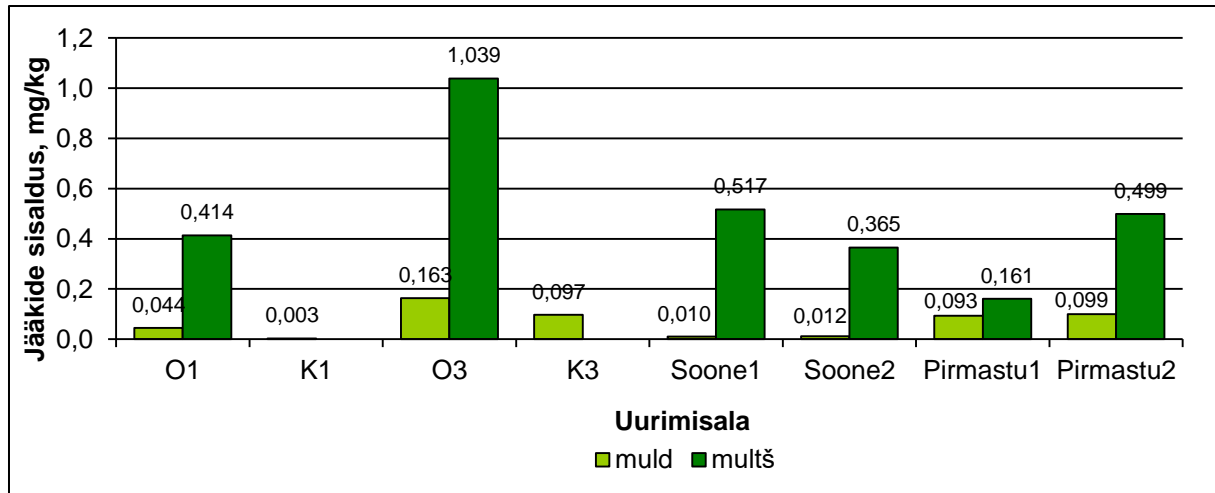
TKV jääke leidub üldiselt rohkem multšis kui mullas (Joonis 7), kusjuures toimeaine jääkide üldsisaldused on multšis kõrgemad (Joonis 8). Seega jätkub sama trend, mida eelmises aruandes kirjeldati ehk otsekülvi põllul olev multš toimib sarnaselt absorbendina ja sinna ladestunud jäägid lagunevad aeglasemalt kui mullas.



Joonis 7. Leitnud taimekaitsevahendite jääkide arv uurimisaladel 2016. aastal

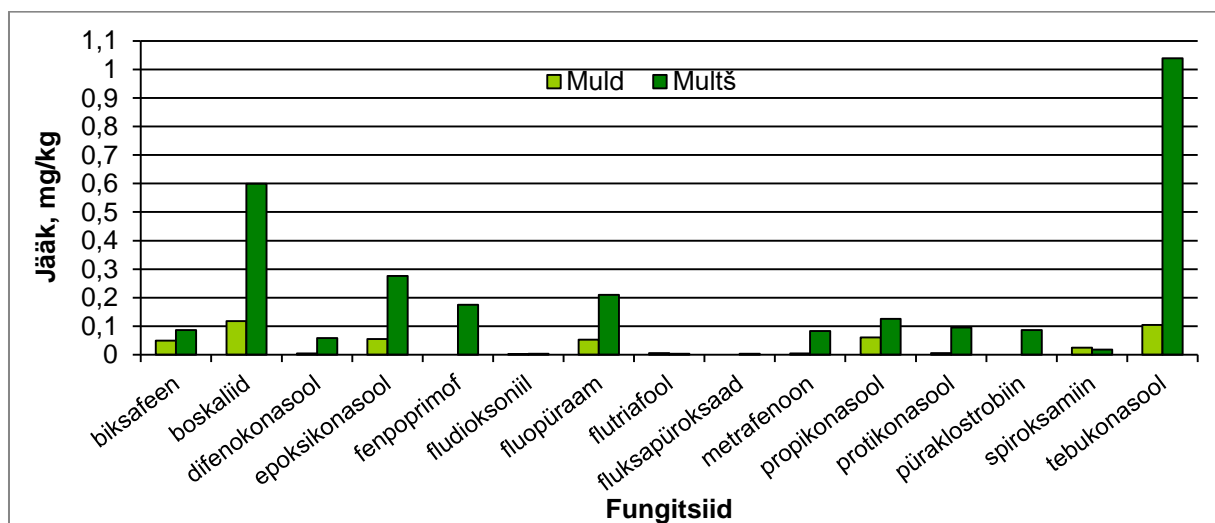
Herbitsiididest leiti peale trifluraliini jälgede ka glüfosaadi jääke ja jälgi. Glüfosaadi jääkide üldsisaldused ei kajastu (Joonis 8), sest 2016. aasta proovidest leiti mõnedelt uurimisaladelt väga kõrgeid jääkide sisaldused. See oli põhjustatud väga lühikesest ajavahest pritsimise ja proovivõtmise vahel. Näiteks, kaheksa päeva peale pritsimist glüfosaadi preparaadiga (toimeaine sisaldus 540 g/l ja kogus 2 l/ha) leiti multši proovist 154 mg/kg glüfosaadi jääke. Võrdlusena, kasutades glüfosaadi preparaati väiksema toimeaine sisaldusega (360 g/l) ning väiksemas koguses (1 l/ha) oli kaheksa päeva möödudes oluliselt väiksem glüfosaadi jäägi sisaldus multšis (18,149 mg/kg).





Joonis 8. Taimekaitsevahendite jääkide kogusisaldus (va glüfosaat) uurimisalade mullas ja multšis 2016. aastal

Fungitsiididest leiti kõige suuremate summaarsete kogustega tebukonasooli ja boskaliidi jääke (Joonis 9). Seejuures leiti boskaliidi jääke leiti ainult kahel uurimisalal, kuid tebukonasooli jääke pooltelt uurimisaladel. Võrreldes kasutatud preparaate ning tuvastatud toimeainete jääke saab öelda, et mõnede laiatoimelise spektriga fungitsiidide jäägid esinevad mullas ja multšis sagedamini võrreldes kitsatoimeliste fungitsiididega ja seda sõltumata uurimisalast. Lisaks tootjate kasutatud taimekaitsevahenditele jõuab multši ka teraviljaseemne puhtimispreparaatide toimeainete (difenokonasool, fludioksoniil) jälgi.



Joonis 9. Fungitsiidide jääkide üldsisaldused minimeeritud harimise uurimisaladel 2016. aastal

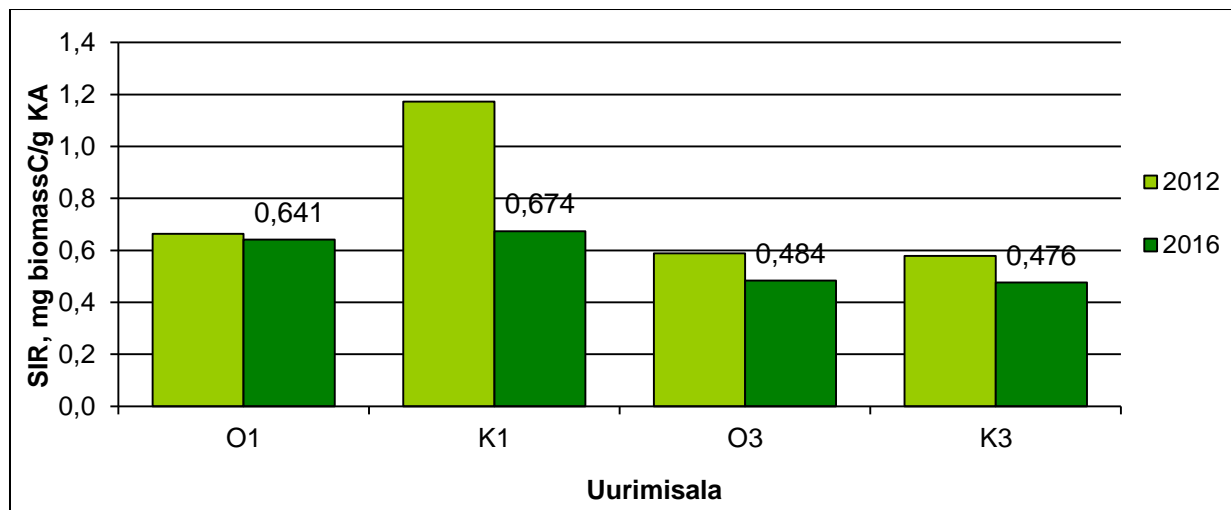
### Mullaelustiku näitajad

Mullaelustiku analüüsid teostati Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži teadlaste poolt neljal uurimisalal O1, K1, O3, K3 (Tabel 1). Proovid võeti kõrretüüga põldudel peale saagikoristust. Mullaproovide keskmine niiskussisaldus (üldproovis 0-10 cm sügavusel) oli uurimisaladel sarnane (16,28-16,77%), natuke kõrgem oli see gleistumistunnustega K1 põllul (20,85%).

Kõrgeim mulla mikroobide biomass oli K1 proovialal (0,674 mg biomass C/g KA) ning madalaim K3 proovialal (0,476 mg biomass C/g KA) (Joonis 10). Valgamaa põldude



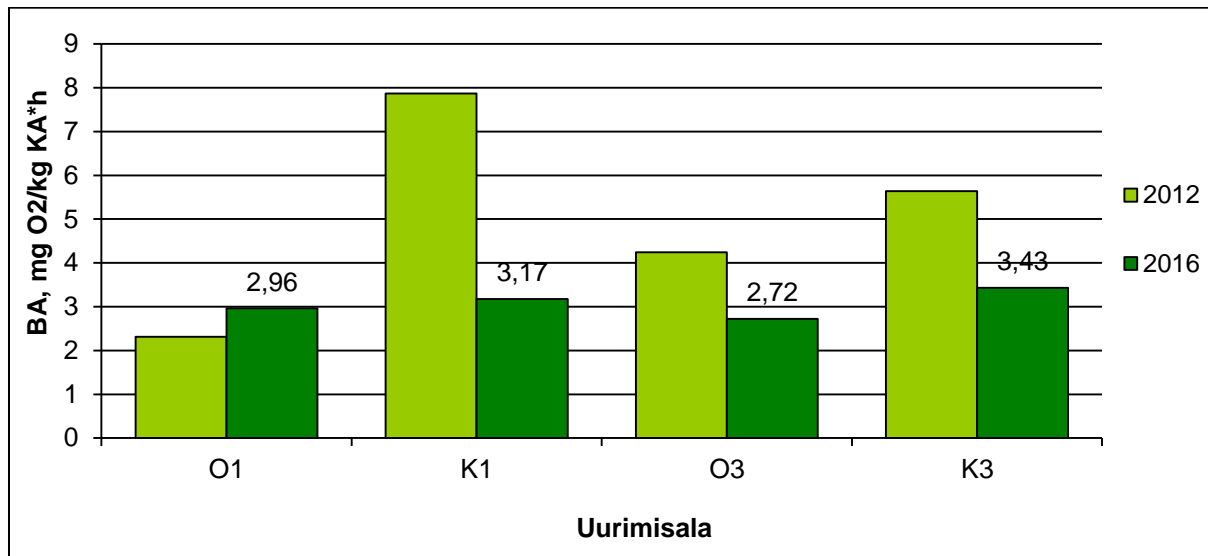
mikroobide aktiivne biomass oli oluliselt madalam Viljandimaa põldudest. Mulla mikroobide biomass on otseselt mõjutatud mulla pH-st (optimaalne on 7), savi sisaldusest ja orgaanilise süsiniku sisaldusest (sh labiilse süsiniku sisaldusest). Sellega on seletatav Valgamaa põldude madalam mikroobide biomass, sest seal on võrreldes Viljandimaa uurimisaladega happelisem muld (pH 5,4) ja madalam Corg sisaldus, mis pärsivad mikroobide tegevust. Huvitava seosena saab välja tuua ka selle, et K1 põllul leiti ainult ühe TKV jääk mullas, seevastu teistel aladel oli see oluliselt suurem, mõjutades ilmselt mulla elustiku toidubaasi. Lisaks sellele ei kasutatud K1 põllul ühtegi fungitsiidi ning ka O1 alal kasutati ainult ühte fungitsiidi, O3 ja K3 alal seevastu kasutati mitmeid erinevaid fungitsiide ja insektitsiide. Võrreldes harimisviise, siis eelduseks on, et mikroobide hingamisaktiivsus peaks kõrgem olema minimeeritud harimisega aladel võrreldes künniga aladega, kuid käesolevas uuringus puudus arvestatav erinevus mikroobide aktiivse biomassi ja tehnoloogia vahel. Trendina saab välja tuua, et võrreldes 2012. aastaga on 2016. aastal toimunud kõikidel uurimisaladel mikroobide aktiivse biomassi vähenemine. Kõige suurem muutus on toimunud künniga K1 põllul, kus mikroobide aktiivne biomass on vähenenud 42% (0,496 mg biomass C/g KA) võrra ja hingamisaktiivsus 59,7% (4,7 mg O<sub>2</sub>/kg KA\*h) võrra. Võib eeldada, et siin on suur mullaliigi mõju, tegemist on gleistumistunnustega leostunud mullaga, mis on rohkem mõjutatud aasta mullaniiskussisaldusest (2012. a oli niiskussisaldus 31,7%).



Joonis 10. Mulla mikroobide aktiivne biomass substraadi poolt indutseeritud hingamise (SIR) meetodil aastatel 2012 ja 2016

Mikroobikoosluse üldine aktiivsus hingamisaktiivsuse alusel oli kõrgeim K3 proovialal (3,42 mg O<sub>2</sub>/kg KA\*h) ja madalaim O3 proovialal (2,72 mg O<sub>2</sub>/kg KA\*h) (Joonis 11). Hingamisaktiivsus oli üldiselt kõrgem künniga variandis võrreldes minimeeritud harimisega. Kuna otsekülvpõldude aktiivse biomassi põhiline osa asub mulla ülemises kihis, aga küntud põldudel jaguneb ühtlaselt kogu künnikihi ulatuses (u 25 cm), siis otsekülvalade mikroobikooslus oli rohkem mõjutatud sügisesest õhutemperatuuri langusest. Mikroobikooslus saab olla aktiivne, kui on toitaineid, st kui mullas on väga palju orgaanilist materjali või on mulda rikastatud mineraalväetistega. Nelja aasta võrdluses on O1 alal mikroobikoosluse üldine aktiivsus suurenenud 28% (0,65 mg O<sub>2</sub>/kg KA\*h) võrra. Ülejäänud kolmel alal on näitaja oluliselt langenud. Kui põllumuldades on mikroobikoosluse aktiivsuse näitajad >0,60 (SIR) ja >4,5 (BA), on põhjust teatud määral häireks – mullas on põllumulla

kohta liiga palju toitaineid. Viljandimaa proovialade kõrged mikroobikoosluse näitajad viitavad just sellisele olukorrale.



Joonis 11. Mikroobikoosluse üldine aktiivsus hingamisaktiivsuse (BA mg O<sub>2</sub>/kg KA\*h) alusel aastatel 2012 ja 2016

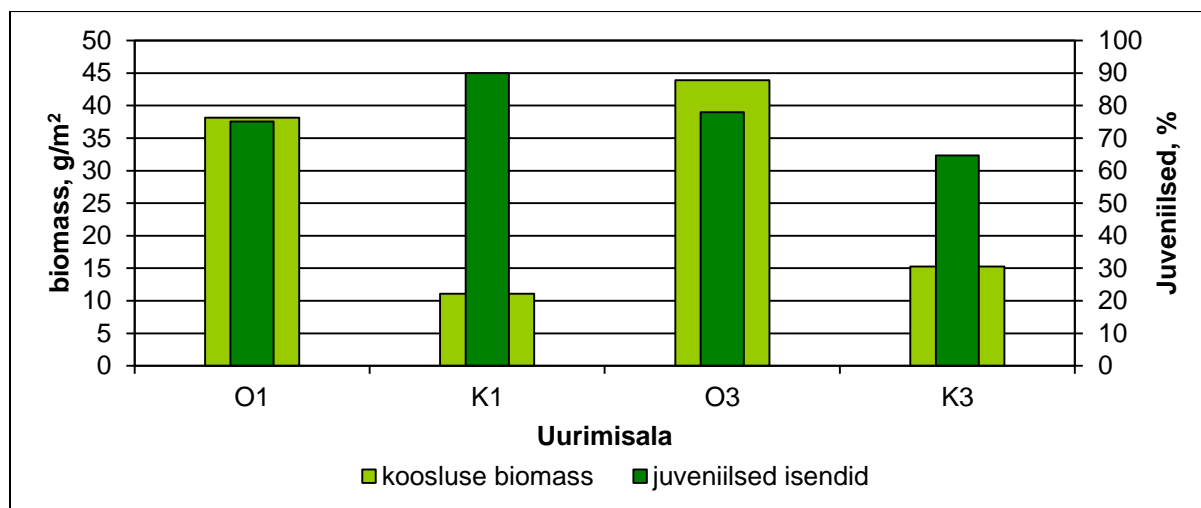
Vihmausside arvukust mõjutavad enim mulla pH, lõimis, mullaniiskus ja toitainete kättesaadavus. pH ilmselge mõju on vihmausside arvukusele ka minimeeritud harimise uurimisaladel. Nimelt on leitud, et *L. rubellus* talub hästi happelisemat mulda (Jänsch *et al.*, 2013) ning seetõttu on nende arvukus suurem nõrgalt happelisel O3 ja K3 uurimisaladel võrreldes neutraalse mullaga O1 ja K1 aladega (Tabel 5). Arvestades ka mulla huumusesisalduse mõju *L. rubelluse* arvukusele, on ta ainuke uurimisaladel tuvastatud liik, mis eelistab rohkem muldasid huumusesisaldusega üle 4% (Jänsch *et al.*, 2013). Seetõttu on tema arvukus kaks korda suurem K1 alal võrreldes O1 alaga vaatamata ebasoodsale mulla happesusele. Ülejäänud vihmaussiliigid eelistavad muldasid huumusesisaldusega alla 4% ning seega see näitaja arvukuse määravaks teguriks ei saa. Happesuse suhtes eelistavad *A. rosea* ja *A. longa* neutraalsemat mulda, mida peegeldab O1 ja K1 vihmaussiliikide arvukus. *L. castaneus* puhul ei ole leitud eelistusi pH ega mulla huumusesisalduse suhtes, ent meie uurimisaladel puudub ta täielikult Viljandimaa O1 ja K1 alalt. *L. castaneus* ei ole tavaline liik Eesti põllumuldades ning tema esinemise korral viitab see parematele põllumajanduslikele või ökoloogistele tingimustele (Ivask *et al.*, 2007). Tehnoloogiate võrdluses on aneetsiliste vihmaussiliikide (eriti *L. terrestris*) osakaal otsekülvi põldudel suurem kui künnipõhistel põldudel.

Tabel 5. Vihmaussiliikide arvukus (is./m<sup>2</sup>, kolme proovi keskmisena), eluvormi osakaal kooslustest (%), kolme proovi keskmisena) ning liikide arv 2016. aastal

Eluvorm/liik	O1	K1	O3	K3
Epigeiline				
% kooslusest	6,1	26,7	53,2	58,9
<i>Lumbricus rubellus</i>	4	8	32	19
<i>Lumbricus castaneus</i>	0	0	19	9
Endogeiline				
% kooslusest	64,6	57,8	31,6	38,1

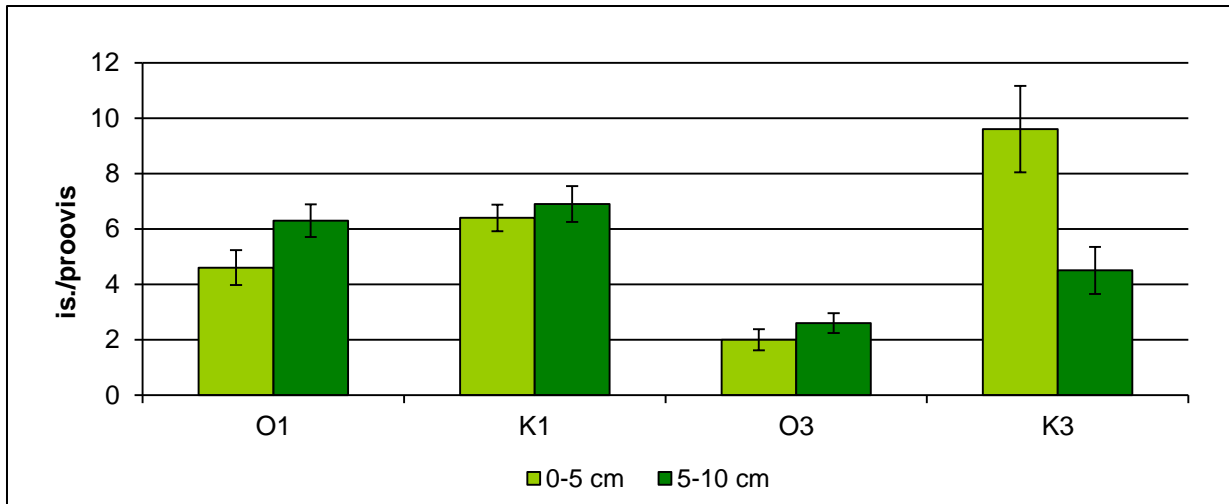
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	57	21	28	24
<i>Aporrectodea rosea</i>	17	21	0	3
Aneetsiline				
% kooslusest	29,3	15,6	15,2	3,0
<i>Aporrectodea longa</i>	23	13	0	0
<i>Lumbricus terrestris</i>	13	0	13	3
Liikide arvukus	115	64	92	57
Liikide arv	5	4	4	5

Otsekülvaladel on keskmine vihmausside arvukus 103 is/m<sup>2</sup> ja keskmine vihmaussi koosluse biomass 41 g/m<sup>2</sup>, olles oluliselt kõrgemad võrreldes künnipõhiste aladega, vastavalt 68,8% ja 211,3% võrra. Keskmine suurem vihmausside biomass ning ka ühe isendi mass otsekülvaladel (Joonis 12) on tingitud koosluses rohkem esinevate aneetsiliste vihmausside isendite suurest kaalust, samuti on suuremad ka teiste liikide täiskasvanud isendid otsekülviga põldudel.



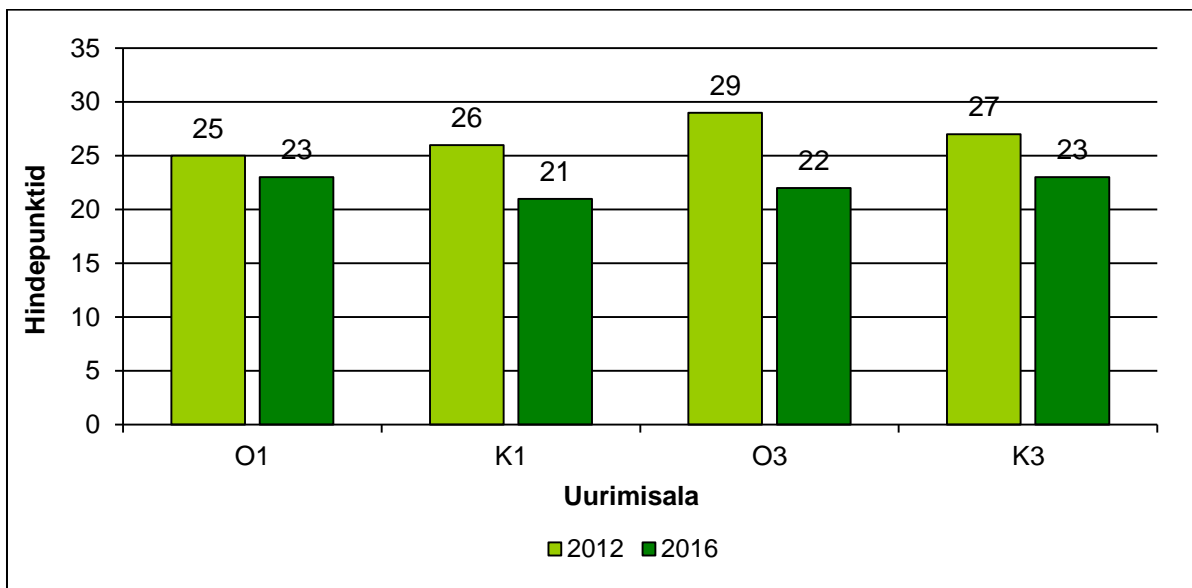
Joonis 12. Vihmaussikoosluste isendite biomass ja juveniilsete isendite osatähtsus kogu vihmaussikoosluse isendite arvust 2016. aastal

Kokku leiti uurimisalade põldude muldadest 17 erinevat liiki hooghännalisi. Hooghännaliste keskmine arvukus oli enamusel uurimisaladel suurem alumises mullakihis (5-10 cm), va põllul K3 (Joonis 13). Uurimisalal K3 tehti 2014. aastal kündmist ning lisaks on seal väga kõrge taimekaitsevahendite jääkide sisaldus, mis võivad mõjutada hooghännaliste arvukust. Silmapaistvalt väikese hooghännaliste arvukusega ja liikide arvuga oli põld O3. Keskmisest madalamaks loetakse hooghännaliste arvukust alla 30 isendi, seega oli 2016. aastal kõikidel proovialadel madal arvukus.



Joonis 13. Hooghännaliste keskmine arvukus ( $\pm$ standardhälve) proovikoha kohta (10 proovi keskmine) 2016. aastal erinevates sügavustes

Mullaelustikule koondhinnangu andmiseks on eelnevalt välja töötatud vastav meetodika (PMK, 2013a), kus erinevaid elustiku parameetreid hinnatakse hindepunktidega, mis summeeritakse. Vastava gradatsiooni järgi loetakse mullaelustik halvas seisundis olevaks, kui hindepunkte on <18, keskmises seisundis olevaks, kui hindepunkte on 18-26 ja >26 hindepunkti loetakse heaks seisundiks. Sellise hinnangu alusel selgus, et mullaelustiku kooslused olid 2016. aastal keskmises seisundis, kuid võrreldes 2012. aastaga on toimunud seisundi halvenemine kõikidel aladel (Joonis 14).



Joonis 14. Üldhinnang uurimisalade mullaelustiku seisundile hindepunktides aastatel 2012 ja 2016

### Kokkuvõte

- Minimeeritud harimise uuringu raames tehti kordusproovid neljal uurimisalal (kaks otsekülvi ja kaks tavaharimisega põldu), mis esmakordselt analüüsiti aastal 2012. Kõige rohkem on orgaanilist süsinikku talletunud pindmisesse ehk 0-5 cm tusedusse mullakihti sõltumata kasutatud tehnoloogiast. Otsekülvipõldudel on toimunud 0-15 cm mullakihi Corg sisalduse vähenemine, mis on eriti märkimisväärne pikaajasel



otsekülvi põllul O1. Tavaharimisega põldudel pigem tõusis Corg sisaldus või oli stabiilne nelja aasta möödudes.

- Orgaanilise süsiniku aktiivne, vees lahustuva labiilse süsiniku osa analüüsiti esmakordselt uuringu põldudel. Tehnoloogiate vahel ei olnud erinevusi labiilse süsiniku üldsisalduses sügavuskihtide kaupa, ent keskmisena olid veidi kõrgemad labiilse süsiniku sisaldused tavaharimisega põldudel. Labiilse süsiniku osakaal kogu Corgist oli ca 2%, ainult künniga põllul K3 oli see sügavaimas kihis kaks korda suurem.
- Mulla lasuvustihedus suurenes nii otsekülvi kui künnipõhistel põldudel praktiliselt kõikides kihtides ja ületab kolmel uurimisalal kriitilise lasuvustiheduse piiri (1,35 g/cm<sup>3</sup>). Seejuures on oluline märkida, et kaks põldu ei olnud nelja aasta eest sellises seisus ning muldade tihenemine on olnud suur.
- Muldade üldine huumusseisund, arvestades nii Corg sisaldust, lasuvustihedust ja huumusvaru, on 2016. a. minimeeritud harimise põldudel veidi halvenenud, kuigi kolmel alal huumusvaru on suurenenud. Nimelt on kõikide põldude teraviljapõhine külvikord suurendanud muldade tihenemist ning ainult mineraalväetiste kasutamine ei ole olnud piisav Corg stabiilse sisalduse tagamiseks. Kõige otsesemalt on külvikorra ja mineraalväetiste mõjud nähtavad pikaajasel otsekülvipõllul O1, kus huumusvaru on vähenenud 8,6 t/ha võrra.
- Taimetoiteelementide osas ei olnud muutused nelja aasta võrdluses ühesuunalised. Fosfori sisaldused langesid nelja aasta perioodil kõikidel aladel ja peaaegu kõikides kihtides. Kaaliumi sisalduses nii selget trendi ei olnud. Erandina saab mõlema taimetoiteelemendi osas välja tuua tavaharimisega põllu K1, kus on toimunud nelja aasta jooksul nii liikuva P kui K tõus.
- Ca ja Mg sisaldus suurenes kõikidel uurimisaladel nelja aasta möödudes, ent Valgamaa põldudel O3 ja K3 on see jätkuvalt optimaalsest toiteelemendi sisaldusest (1500 mg/kg) oluliselt madalam. Otsekülvipõllul O3 on püütud olukorda leevendada läbi lubiväetiste kasutamise 2015. a, mis suurendasid veidi Ca ja Mg sisaldust, vähendasid P-sisaldust ning tõstsid pH-d.
- Taimekaitsevahendite jääkide analüüs viidi 2016. a läbi kaheksal uurimisalal. Analüüsi tulemusena leiti nii mullast kui multšist 22 erinevat toimeainet 79 erineval korral ja neist 51,8% (41 juhul) juhtudest oli tegemist toimeaine sisaldusega alla määramispiiri ehk jälgedega. Enim leiti fungitsiidide jääke ja jälgi ning spetsiifilisemalt leiti kõige suuremas koguses tebukonasooli ja boskaliidi jääke. Paljudel uurimisaladel leiti ka taimekaitsevahendite jääke, mis on olnud aastaid keelatud toimeainete nimekirjas, ent nad on siiski mullas väga püsivad. Tehnoloogiate võrdluses leiti koguseliselt rohkem jääke otsekülvipõldudelt.
- Mullaelustiku seisund oli kõikidel uurimisaladel keskmine, kuid on halvenenud nelja aastaga. Mulla vihmausside keskmine mass ja arvukus olid kõrgemad otsekülvi põldudel võrreldes künniga põldudega. Vihmaussiliikide elukohaelistused lähtuvalt pH-st ja huumussisaldusest on selgelt eristatavad *L. rubelluse*, *A. rosea* ja *A. longa* näitel. Hooghännaliste arvukus oli kõikidel proovialadel väga madal ning erinevusena eelmistest aastatest oli nende arvukus ja liikide arv suurem künnipõhistel proovialadel.



## KASUTATUD KIRJANDUS

- Ivask, M., Kuu, A., Sizov, E. 2007. Abundance of earthworm species in Estonian arable soils. *European Journal of Soil Biology*, 43, 39-42.
- Jänsch, S., Steffens, L., Höfer, H., Horak, F., Roß-Nickoll, M., Russell, D., Burkhardt, U., Toschki, A. and Römbke, J. 2013. State of knowledge of earthworm communities in German soils as a basis for biological soil quality assessment. *Soil Organisms*, 85(3), 215-223.
- PMK, 2013a. (kuupäev puudub). *Eesti Maaelu Arengukava 2007-2013 2. telje püsihindamisaruanne 2012. aasta kohta*. Allikas: [http://pmk.agri.ee/pkt/files/f32/PMK\\_pysihindamisaruanne\\_2012\\_kohta\\_030613\\_lisa\\_dega.pdf](http://pmk.agri.ee/pkt/files/f32/PMK_pysihindamisaruanne_2012_kohta_030613_lisa_dega.pdf)


**LISA 1. TAIMEKAITSEVAHENDITE TOIMEAINETE SISALDUS MULLAS 2016. AASTAL OTSEKÜLVI UURINGU PÕLDEDEL**

Ala nimi	Kultuur 2016	Toimeaine	Sisaldus, mg/kg	Sisaldus alla määramispiiri mg/kg	Liik
O1	talinisu	Clothianidin	< 0,005	0,003	insektitsiid
		Epoxiconazole	< 0,005	0,001	fungitsiid
		Spiroxamine	< 0,005	0,001	fungitsiid
		Tebuconazole	0,038		fungitsiid
		Σ DDT	<< 0,01		insektitsiid
		4,4-DDE	<< 0,01		insektitsiid
		Trifluralin	< 0,01	0,0013	herbitsiid
		Trifluralin	< 0,02	0,002	herbitsiid
		Spiroxamine	< 0,01	0,007	fungitsiid
		Tebuconazole	0,405		fungitsiid
Glüfosaat	3,44		herbitsiid		
K1	suvinisu	Trifluralin	< 0,01	0,003	herbitsiid
O3	talinisu	Boscalid	0,091		fungitsiid
		Epoxiconazole	0,037		fungitsiid
		Flutriafol	0,006		fungitsiid
		Tebuconazole	0,029		fungitsiid
		Glüfosaat	0,1		herbitsiid
		Boscalid	0,599		fungitsiid
		Pyraclostrobin	<0,1	0,087	fungitsiid
		Epoxiconazole	0,167		fungitsiid
		Flutriafol	<0,01	0,004	fungitsiid
		Tebuconazole	0,182		fungitsiid
Glüfosaat	1		herbitsiid		
K3	tritikale	Boscalid	0,027		fungitsiid
		Σ DDT	< 0,01		insektitsiid
		4,4-DDE	< 0,01		insektitsiid
		4,4-DDT	< 0,01		insektitsiid
		Propiconazole	< 0,01	0,0041	fungitsiid
		Trifluralin	< 0,01	0,006	herbitsiid
		Bixafen	0,009		fungitsiid
		Epoxiconazole	0,009		fungitsiid
		Prothioconazole, desthio-	< 0,010	0,002	fungitsiid
		Spiroxamine	0,012		fungitsiid
		Tebuconazole	0,028		fungitsiid
		Glüfosaat	< 0,10	0,05	herbitsiid





Ala nimi	Kultuur 2016	Toimeaine	Sisaldus, mg/kg	Sisaldus alla määramispiiri mg/kg	Liik
Soone1	põlduba	Fludioxonil	<0,005	0,002	fungitsiid
		Tebuconazole	0,008	± 0,001	fungitsiid
		Fludioxonil	<0,01	0,003	fungitsiid
		Prothioconazole-desthio	0,062	± 0,031	fungitsiid
		Tebuconazole	0,452	± 0,226	fungitsiid
multš		Glüfosaat	154	± 55,45	herbitsiid
		Fludioxonil	<0,01	0,003	fungitsiid
		Prothioconazole-desthio	0,062	± 0,031	fungitsiid
		Tebuconazole	0,452	± 0,226	fungitsiid
		Glüfosaat	154	± 55,45	herbitsiid
Soone2	suviuder	Glüfosaat	0,16	± 0,025	herbitsiid
		Metrafenone	<0,01	0,005	fungitsiid
		Epoxiconazole	0,007	± 0,001	fungitsiid
		Fenpropimorph	0,175	± 0,088	fungitsiid
		Metrafenone	0,083	± 0,042	fungitsiid
		Pirimiphos-methyl	<0,02	0,001	insektitsiid
		Trifluralin	<0,02	0,001	herbitsiid
		Epoxiconazole	0,104	± 0,052	fungitsiid
		Spiroxamine	<0,01	0,001	fungitsiid
Pirmastu1	oder/ristik	Propiconazole	0,052	± 0,008	fungitsiid
		Trifluralin	<0,01	0,002	herbitsiid
		Bixafen	0,024	± 0,005	fungitsiid
		Clothianidin	< 0,005	0,002	insektitsiid
		Epoxiconazole	< 0,005	0,001	fungitsiid
		Prothioconazole, desthio-	< 0,010	0,002	fungitsiid
		Spiroxamine	0,008	± 0,001	fungitsiid
		Tebuconazole	< 0,005	0,002	fungitsiid
		Glüfosaat	<0,1	0,047	herbitsiid
		Propiconazole	0,126	± 0,063	fungitsiid
		Bixafen	0,03	± 0,015	fungitsiid
		Fluopyram	<0,01	0,001	fungitsiid
		Spiroxamine	<0,01	0,004	fungitsiid
		Pirmastu2	suviraps-talinisu	Difenoconazole	<0,01
Propiconazole	<0,01			0,005	fungitsiid
Trifluralin	<0,01			0,003	herbitsiid
Bixafen	0,016			± 0,004	fungitsiid
Fluopyram	0,053			± 0,005	fungitsiid
Methiocarb	<0,005			0,003	insektitsiid
Methiocarb sulfone	<0,005			0,001	insektitsiid
Methiocarb sulfoxide	0,006			± 0,001	insektitsiid
Prothioconazole, desthio	<0,010			0,002	fungitsiid



Ala nimi	Kultuur 2016	Toimeaine	Sisaldus, mg/kg	Sisaldus alla määramispiiri mg/kg	Liik
multš		Spiroxamine	<0,005	0,004	fungitsiid
		Thiacloprid	<0,005	0,001	
		Difenoconazole	0,058	± 0,029	fungitsiid
		Trifluralin	<0,02	0,002	herbitsiid
		Bixafen	0,056	± 0,028	fungitsiid
		Epoxiconazole	<0,02	0,005	fungitsiid
		Fluopyram	0,209	± 0,104	fungitsiid
		Fluxapyroxad	<0,01	0,003	fungitsiid
		Methiocarb	<0,01	0,004	insektitsiid
		Methiocarb sulfone	<0,01	0,001	insektitsiid
		Methiocarb sulfoxide	0,011	± 0,005	insektitsiid
		Prothioconazole-desthio	0,034	± 0,017	fungitsiid
		Spiroxamine	<0,01	0,006	fungitsiid
		Thiacloprid	0,11	± 0,055	insektitsiid
		Glüfosaat	18,149	± 6,53	herbitsiid