

Tallinna Tehnikaülikooli Tartu Kolledž  
Keskkonnakaitse õppetool

**PESTITSIIDIDE MÕJU VIHMAUSSIDELE- JA MULLA  
MIKROOBIKOOSLUSELE**  
Magistritöö tööstusökoloogia erialal

**Tõnu Tuhkanen**

Juhendaja: MSc Jane Peda

Tartu 2016

## Autorideklaratsioon

Deklareerin, et käesolev magistritöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli magistrikraadi taotlemiseks ja et selle alusel ei ole varem taotletud akadeemilist kraadi.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

.....  
**Kuupäev**

.....  
**Allkiri**

# Sisukord

|  |    |
|--|----|
| Sissejuhatus .....   | 4  |
| 1. Kompostimine ja vermikompostimine .....                                   | 5  |
| 1.1 Vermikompostimine .....  | 5  |
| 1.2 Komposti tootmiseks sobiv vermikultuur parasvöötme tingimustes.....      | 6  |
| 1.3 Vihmausside ökoloogia .....  | 7  |
| 1.4 Eestis looduslikult elavad vihmaussi liigid .....                        | 8  |
| 1.5 Keskkonnatingimused kompostimisel ja vermikompostimisel .....            | 9  |
| 2. Pestitsiidid .....  | 11 |
| 2.1 Intensiivse põllumajanduse- ja pestitsiidide kasutamise mõju .....       | 11 |
| 3. Materjal ja meetodika .....   | 13 |
| 3.1 Katses kasutatud lahused .....   | 15 |
| 3.2 Laboris tehtud analüüsid.....  | 15 |
| 3.3 Andmetöötlus .....   | 17 |
| 4. Tulemused ja arutelu .....  | 18 |
| 4.1 Vihmausside koguarv ja suremus .....                                     | 18 |
| 4.2 Kuivainesisaldus .....   | 21 |
| 4.3 Vihmausside arvukus pestitsiidide kaupa.....                             | 22 |
| 4.4 Ühe vihmaussi kaal grammides .....                                       | 24 |
| 4.5 Valgeliimuklaste arvukus ja vihmaussi kookonite arvukus .....            | 27 |
| 4.6 pH .....   | 29 |
| 4.7 Mikroobide biomass (SIR) ja mikroobikoosluse hingamisaktiivsus (BA)..... | 30 |
| Kokkuvõte .....  | 32 |
| Summary.....   | 33 |
| Tänuõnad.....  | 34 |
| Kasutatud kirjandus .....  | 35 |
| Lisa 1 .....   | 38 |
| Lisa 2 .....   | 39 |
| Lisa 3 .....   | 40 |

## Sissejuhatus

Pestitsiidide kasutatakse laialdaselt põllumajanduses. Enamik seni tehtud uurimusi on läbi viidud mesilastega. Siiani on vähe tehtud uuringuid aga selle kohta, millist mõju avaldavad pestitsiidid mullaelustikule. Käesolevas lõputöös võtab töö autor uurimise alla pestitsiidide mõju mullaelustikule ja mikroobikooslusele, keskendudes peamiselt vihmaussidele.

Põllumajandusministeerium on koostanud taimekaitsevahendite säästva kasutamise tegevuskava aastateks 2013-2017 üldeesmärgiga taimekaitsevahendite kasutamisega inimese tervisele ja keskkonnale kaasnevate riskide vähendamine. Tegevuskava eesmärgi elluviimiseks rõhutatakse taimekaitsevahendite säästvat kasutamist, integreeritud taimekaitset, taimekaitseseadmete tehnilist kontrolli kui ka taimekaitsevahendite alase teadlikkuse kasvu vajalikkust (koolitus, nõuanne, avalikkuse teadlikkuse tõstmine). [38] Antud lõputöö aitab kaasa taimekaitsevahendite mõju uurimisele ja avalikkuse teadlikkuse tõstmisele antud valdkonnas.

Magistritöö eesmärgiks on uurida laborikatsetes pestitsiidide mõju vihmaussidele ja mulla mikroobikooslusele. Lähtuvalt eesmärgist püstitas töö autor endale uurimisülesanded:

- Uurida vihmausside kohanemist pestitsiidide mõjule, nende kasvu ja elujõulisust;
- Võrrelda erinevate pestitsiidide mõju mullaelustikule;
- Jälgida mulla mikroobikoosluse muutusi ja tuvastada võimalikke seoseid pestitsiidide kasutamisega.

Ühtlasi püstitab töö autor hüpoteesid:

- Pestitsiidide kasutamine mõjub vihmaussidele ja mulla mikroobikooslusele inhibeerivalt.
- Kasutatud herbitsiid ei mõjuta vihmausside ja mikroorganismide arvukust.

# 1. Kompostimine ja vermikompostimine

Kompostimine ja vermikompostimine on tõhusad orgaaniliste jäätmete käitlusprotsessid. Kompostimine hõlmab endas kontrollitud tingimuste juures orgaanilise aine lagunemist mikroorganismide vahendusel. [1] Kompostitava pinnase elurikkus on suur, eriti olulist rolli erinevate taimsete- ja loomsete jäätmete lagundamisel mängivad bakterid ja seened. Mida tervem ja puhtam on muld erinevatest saasteallikatest, seda enam on selles erinevat liiki elusorganisme kooselus, nii baktereid, seeni, vihmausse, mardikalisi, tervem pinnas toodab aga tervislikumat toitu. [2] Orgaanilise aine lagunemisel suureneb mikroorganismide arvukus, nende elutegevuse käigus vabanevad CO<sub>2</sub>, vesi, orgaanilised ühendid ja energia. Osa energiast kasutatakse ainevahetusprotsessides ja ülejäänud vabaneb soojusena. Kui kergesti kättesaadav toit ammendub, siis mikroobide kasv ja sooja eraldamine vähenevad ja valmib huumuselaadne materjal, mida nimetatakse kompostiks. [3]

Kompost annab taimedele vajalikke toitaineid, parandab mulla struktuuri, parandab niiskuse säilitamise võimet, samuti parandab pinnase viljakust ja taimede vastupanuvõimet haigustele. Kompostimine aitab talunikul säästlikumalt toota rohkem ja tervislikumat toitu, ilma, et peaks kasutama rohkelt väetisi. [2]

## 1.1 Vermikompostimine

Vihmausskompostimine, mille läbiviimiseks kasutatakse vermikultuuri, on lagunemisprotsess, milles vihmaussid ja mikroorganismid töötavad koos. Kuigi orgaanilise aine biokeemilise lagunemise eest vastutavad peamiselt mikroorganismid, on vihmaussidel äärmiselt oluline osa protsessi juhtimisel, kompostitava materjali peenestamisel ja mulla mikroobikoosluse aktiivsuse suurendamisel. Vihmaussid tegutsevad kui mehaanilised segajad, peenestades orgaanilist ainet, muudavad nad selle biooloogilist, füüsikalist ja keemilist olekut, järk-järgult väheneb süsiniku - lämmastiku suhe, samuti paranevad tingimused orgaanilise aine edasiseks lagunemiseks. Orgaaniline materjal, mis läbib vihmaussi soolestikku ja sealt väljub, muutub peenemaks ja bakteririkkamaks ühtlasema struktuuriga materjaliks. Bakterite, seente ja vihmausside kooselulise tegevuse lõpp-produktiks on valmis vermikompost, mis on stabiilne, madalama C:N suhtega kui algne materjal, huumuserikas, ja selles elab hulgaliselt kasulikke mullamikroobe. Vermikompostil on suur poorsus ja veemahutavus ning see sisaldab enamikke toitaineid taimedele omastataval kujul. Vihmaussi poolt läbiseeditud ja kobestatud pinnas on

orgaanikarikkam ning kõrge mineralisatsioonitasemega, mis parandab oluliselt taimede toitainete kättesaadavust. [4]

## 1.2 Komposti tootmiseks sobiv vermikultuur parasvöötme tingimustes

Parasvöötme liikidest on vermikomposti tootmisel vermikultuurina kasutusel sõnnikuussid (*Eisenia fetida* ja *Eisenia andrei*), punane vihmauss (*Lumbricus rubellus*), *Dendrobaena veneta*, *Dendrobaena rubida*. Kõige eelistatumad liigid vermikompostimiseks parasvöötme liikidest on sõnnikuussid (*Eisenia fetida* ja *Eisenia andrei*). [4] *Eisenia fetida* liigist vihmauss töötleb kiiresti läbi suuri orgaanilisi aine koguseid (päevas kuni kaks korda enam kui on isendi kaal), kiire paljunemisega ja tolerantne nii happesuse, temperatuuri kui niiskustingimuste kõikumise suhtes. Nad on elujõulised ja hinnatud vihmaussid, mistõttu kasvatatakse ja müüakse neid aastaringset. [5] *Eisenia fetida* on pigem mulla pinnakihi vihmauss, kes sügavaid urukäike ei kaeva, ta eelistab otsida oma elutegevuseks orgaanilise aine rohke pinnase, näiteks metsas lehekihi aluse või sõnnikuhunniku. [6] Vihmaussiliike on üle nelja tuhande, kuid ainult 6 liiki on vermikompostimiseks sobilikud. Levinuim liik nendest, mida enim kasutatakse on *Eisenia fetida*. [7] Sõnnikuussid on üldiselt lillakas-punast värvi, kuid nende värvus võib varieeruda punasest (Ameerika Ühendriikidest tuntaksegi neid punaste vihmausside nime all) kuni tumelillani. [5]

*Eisenia andrei* liigist vihmaussidel kulub suguküpsuse saavutamiseks 21-28 päeva, *Eisenia fetida* liigist vihmaussidel kulub suguküpsuse saavutamiseks veidi rohkem aega (28-30 päeva). Perekonna *Eisenia* liikide elutegevuseks on optimaalne temperatuur 25 °C ning optimaalne niiskustase 80-85%. Täiskasvanud usside keskmine kaal on 0,55 grammi. Maksimaalne eeldatav eluiga on sõnnikuussidel kuni 5 aastat. Looduslikes tingimustes on need näitajad oluliselt madalamad, kuna neil on looduslikult palju vaenlasi – parasiite ja kiskjaid [4]

*Dendrobaena veneta* vihmaussid on suure kehaga punakas-lillad vöödilised vihmaussid. Täiskasvanud isendite pikkus on 50-80 millimeetrit, laius 5-7 millimeetrit, keskmine kaal 0,92 grammi. Võrreldes teiste vermikompostimisel kasutatavate vihmaussiliikidega on tegemist selleks mõnevõrra vähem sobiva liigiga. Selle põhjuseks on *Dendrobaena veneta* väiksem sigivus (saab suguküpseks 65 päevaga, päevas produtseerib 0,28 kookonit) ja aeglane kasv (elutsükkel 100-150 päeva). Samas ei ole ta nii nõudlik keskkonnatingimuste suhtes kui teised kompostimisel kasutatavad liigid. [4]

*Lumbricus rubellus* tundub ka kui punane vihmauss, täiskasvanud isendid kasvavad 60-150 mm pikaks ja 4-6 mm laiaks. Vihmaussi seljaosa on punakas-pruuni sillerdava läikega, kõhupool aga kahvatu värvusega. Looduslikult on levinum Briti saartel ja mujal Euroopas. See konkreetne vihmauss eelistab mineraalsemat pinnast ja tarbib komposteerimise protsessis kõige orgaanikarikkamat osa pinnase ülakihist. [8]

### 1.3 Vihmausside ökoloogia

Vihmaussid võib jagada nelja ökotüüpi, millest igaüks kirjeldab erinevat käitumuslikku rühma:

- Komposti vihmaussid, keda leidub kompostis ja lehekõdus, eelistavad sooja ja niisket keskkonda. Nad võivad tarbida orgaanilist materjali väga kiiresti ja samuti ka kiiresti paljuneda. Tavaliselt on nad punaka värvusega ja vöödilised, neid kasutatakse orgaaniliste jäätmete ümbertöötlemiseks ja saasteainete eemaldamiseks pinnasest. Levinuimad selle ökotüübi esindajad on *Eisenia fetida* ja *Dendrobaena veneta*. [9]
- Epigeilised vihmaussid elavad mulla pinnakihis, eelistades lehekõdu. Nad ei eelista käike kaevata. Samuti nagu komposti ussid on ka epigeilised vihmaussid tavaliselt punakas-pruuni värvusega aga mitte vöödilised. Epigeilisteks vihmaussideks on *Dendrobaena octaedra*, *Dendrobaena attemsi*, *Dendrodrilus rubidus*, *Eiseniella tetraedra*, *Heliodrillus oculatus*, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus castaneus*, *Lumbricus festivus*, *Lumbricus friendi*, *Satchellius mammaalis*. [9]
- Endogeilised vihmaussid kaevavad urukäike ja on mullas väga liikuvad, elades ja toitudes kaevavad nad horisontaalseid käike. [9] Endogeilised liigid elavad peamiselt ülemises, suurema orgaanilise aine sisaldusega mullakihis, ebasoodsa perioodi elavad üle inaktiivses olekus (harilik mullauss *Aporrectodea caliginosa*, kes on meie haritavate ja looduslike muldade kõige tavalisem liik). [10] Tavaliselt on seda tüüpi vihmaussid kahvatut värvi, hallid, heleroosad, rohelised, sinised, mõned nendest kaevavad väga sügavaid käike. Levinuimad liigid on *Allolobophora chlorotica*, *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea icterica*, *Aporrectodea rosea*, *Murchieona muldali*, *Octolasion cyaneum* ja *Octolasion lacteum*. [9]
- Aneetsilised vihmaussid toituvad mulla pinnakihi lehekõdust, mida nad urgudesse viivad. Põhiline erinevus eelmiste ökotüübi esindajatega tuleneb sellest, et nad kaevavad vertikaalseid urukäike. Neid võib sageli leida heinamaadel, värvuselt on nende pea tagumine pool punakas-pruun, sabaosa aga heledam. Nad on Suurbritannia

levinuimad vihmaussid. Levinuimad liigid on *Lumbricus terrestris* ja *Aporrectodea longa*. [9]

Koosluse jaotumine 3 eluvormiks (epigeilised, endogeilised ja aneetsilised liigid) sõltub otseselt mullaharimisviisist ja selle intensiivsusest. Kõige tundlikum põllumajandustegevuse suhtes on epigeiline eluvorm, mida häirivad nii mullaharimine kui ka taimekaitsevahendid, mineraalväetised. Aneetsilised liigid elavad sügavates urgudes, kuid mullaharimine lõhub urud ja halvendab seega selle eluvormi elutingimusi, ka toitumas käivad need ussid maapinnal ja on seeläbi põllumajandustegevusest mõjutatud. Kõige vastupidavam inimtegevuse suhtes on endogeiline eluvorm. [11]

#### 1.4 Eestis looduslikult elavad vihmaussi liigid

Eestis elab 13 liiki vihmausse: harilik mullauss, roosa mullauss, roheline mullauss, sinakas soouss, piimjas soouss, punane vihmauss, nelikant-kaldauss, tume vihmauss, harilik sõnnikuuss, kaheksakant-kõduuss, peen kõduuss, harilik vihmauss, suur mullauss. [12] Aastatel 1996-2005 kogutud põllumuldade vihmaussikoosluste andmete statistilise analüüsi põhjal saab väita, et omavahel on seotud inimõju suhtes erineva taluvusega liigid, mis rühmituvad järgmiselt [10]:

- Põllumajandustegevuse ja keskkonnategurite suhtes kõige vähenõudlikum liik harilik mullauss *Aporrectodea caliginosa*, moodustab koosluses põhiosa. Tavaliselt moodustab see liik põllumuldade kooslustes 60...95%, mõnel juhul ka 100% kõigist isenditest. Mida rohkem on koosluses sellest liigist isendeid, seda tugevam on mõne ebasoodsa teguri, sh inimtegevuse mõju, mis ei lase tõusta tundlikumate liikide arvukusel. Paiguti võib dominantliigiks muutuda sinakas soouss *Octolasion cyaneum*, kelle nõudlused elupaigale, eluviis ja vastupidavus ebasoodsate tegurite mõjule on lähedased hariliku mullaussi omadele; seni on Eestis seda liiki massiliselt leitud vaid ühe piirkonna (Kuusiku, Raplamaa) põldude mullast.
- Roosa mullauss *Aporrectodea rosea* - ökoloogiliselt vähenõudlik endogeiline liik, ja punane vihmauss *Lumbricus rubellus* - laialt levinud ja ökoloogiliselt vähenõudlik, kuid epigeilise liigina enam kahjustatav mullaharimise ja kemikaalide poolt.
- Põllumajandustegevuse suhtes tundlikumad liigid: aneetsilised liigid harilik vihmauss *Lumbricus terrestris* ja suur mullauss *Aporrectodea longa*, samuti roheline mullauss



*Allolobophora chlorotica* - mullatingimuste suhtes nõudlik ja inimtegevuse suhtes tundlik endogeiline liik, kes eelistab elupaigana ülemist mullakihti ja taimede juurestiku piirkonda.

- Põllumajandustegevuse suhtes väga tundlik epigeiline liik tume vihmauss *Lumbricus castaneus*, esineb vaid üksikute põldude muldades.
- Liigid, mis tavaliselt ei esine põllumuldaes või satuvad sinna juhuslikult: peen kõduuss *Dendrodrilus rubidus*, kaheksakant-kõduuss *Dendrobaena octaedra*, sõnnikuuss *Eisenia foetida*. Spetsiifilise elupaiganõudlusega liigid (poolveelise eluviisiga nelikant-kaldauss *Eiseniella tetraedra* ja piimjas soouss *Octolasion lacteum*) ei esine kunagi põllumuldaes. [10]

### 1.5 Keskkonnatingimused kompostimisel ja vermikompostimisel

Mikroorganismid vajavad kompostimisprotsessi käigus kõige enam süsinikku (sahhariide) ja lämmastikku. Kui süsinikku on lämmastikuga võrreldes liiga palju, ei suuda mikroorganismid olemasolevat lämmastikku omastada - mikroorganismid hakkavad lagundama üksteist, et omandada piisavalt lämmastikku ning kokkuvõttes kompostimisprotsess seiskub [13]. C:N suhe huumuses jääb vahemikku 11-12, materjal, mis on edukalt stabiliseerunud, selle C:N suhe jääb alla 20-22 [14]. Vihmaussid on väga tundlikud ammoniaagi suhtes ja nad ei suuda ellu jääda orgaanilistes jäätmetes, kus on kõrge ammoniumiooni tase. Samuti mõjuvad vihmaussidele kahjulikult orgaanilised jäätmed, kus on suurtes kogustes anorgaanilisi sooli. [4] Parim temperatuur vihmaussidele on vahemikus 15-25°C. Temperatuur üle 30°C võib neid kahjustada, samuti ka temperatuur alla 10°C. [5] Madalal temperatuuril on mikroorganismide elutegevus häiritud. Bakterid, seened ja mikroorganismid vajavad aktiivseks tegevuseks temperatuuri vähemalt 10-12°C. [13] Vihmaussid omastavad hapnikku ja eemaldavad süsihappegaasi difusiooni teel naha kaudu. Seega on väga oluline, et niiskusesisaldus ja õhustatus oleksid vermikompostimisel sobivad. On leitud, et enamik vihmaussiliike eelistab niiskustaset vahemikus 50-90%. [4] Selleks, et kompostimisprotsessi õhustatus oleks optimaalne, võib lisada substraadile erinevaid sideaineid (saepuru, põhku, hakkepuitu, lehti). Tähtis on võimaldada üleliigse vee eemaldamine kompostist, sest liigniiskus muudab kompostimisprotsessi anaeroobseks, seda tuleb aga vältida, samuti pole hea ka liiga tugev õhustamine, mille korral kompostitav materjal kuivab liigselt. [13] Paljud vihmaussiliigid on suhteliselt taluvad pH suhtes, samas hoiduvad vihmaussid pinnasest, mille pH väärtus on

madalam kui 4,5, selline pinnas on nende jaoks liiga happeline. Vihmaussid alandavad oma elutegevuse käigus pinnase happesust ja muudavad selle omale sobivamaks elukeskkonnaks. [4] Optimaalsetes oludes valmib kompost umbes kahe kuuga. Soovides protsessi kiirendada, tuleb mikroorganismidele, nagu ka vihmaussidele luua võimalikult soodsad tingimused. [13]

## 2. Pestitsiidid

Taimekaitsevahendid ehk pestitsiidid on kemikaalid, mida kasutatakse kahjurloomade (insektitsiidid ja rodentitsiidid), umbrohu (herbitsiidid) ja taimehaiguste (fungitsiidid) tõrjeks. Taimekaitsevahendite kasutamise eesmärk on piirata taimehaiguste levikut, takistada toiduainete riknemist ja hävitada kahjulikke organisme. [15]

### 2.1 Intensiivse põllumajanduse- ja pestitsiidide kasutamise mõju

Eluslooduse mitmekesisuse ja maastiku seire andmetel olid 2009. aastal seirealadel liigirikkamad inimtegevusest mõjutamata või ekstensiivselt mõjutatud looduslikud rohumaad, kust leiti kuni 7 liiki vihmausse. Põllumajandusliku tegevuse poolt tugevalt mõjutatud rohumaadel leiti 3-6 vihmaussiliiki, haritavatel muldadel 2-5. Ka mikroobikoosluse biomassi ja hingamise aktiivsus olid suurimad looduslikel madala intensiivsusega karjatatavatel rohumaadel ja madalamad liivmuldadega aladel. [16] Seega oli vihmausside mitmekesisus suurim nendel aladel, kus ei kasutatud pestitsiide ega majandatud eriti aktiivselt. Põllumajanduslikust tegevusest mõjutavad vihmaussikooslusi enim iga-aastane maaharimine, väetamine ja pestitsiidide kasutamine, mistõttu on karja-, rohu- ja heinamaades vihmausside arvukus ja biomass sarnaste tingimuste juures üldjuhul suurem kui põllumaal. [17]

Intensiivse põllumajandusega aladel on seireandmete põhjal aedkimalase kui olulise põllumajanduskultuuride tolmeldaja arvukus langenud. [16] Pestitsiidide mõju mesilastele on kahtlemata suur ja negatiivne. Mesilased toimetavad lenduvate pestitsiidide jäägid õietolmuga tarudesse. Pestitsiidide jääke on leitud nii nektaris, õietolmus, kärjemees, suiras, haudmes, kärjetükkides kui mesilastes. Rasvlahustuvad pestitsiidid püsivad vahas ja võivad vähendada haudme ellujäämist, mesilaste eluiga või suurendada haigustesse nakatumise tõenäosust. [18]

Veterinaar- ja Toiduameti ja Põllumajandusameti taimekaitsevahendite jääkide 2014. aasta seire käigus analüüsiti 279-st proovist 485 erinevat taimekaitsevahendite jääki. 142-st proovist ei leitud ühtki jääki, 137-s proovis oli 1 kuni 18 erinevat taimekaitsevahendite jääki. Nõuetele mittevastavaid toitusid, milles oli vähemalt ühe taimekaitsevahendi jäägi kogus üle lubatud piirnormi, oli analüüsitud kolm. Piirnormi ületanud toidud olid ühel juhul Eesti päritolu porgand, Hiina päritolu tee ja Türgi päritolu viinamarjalehed soolvees. Viinamarjalehtest soolvees, mille proov võeti piiripunktis, leiti 18 erineva taimekaitsevahendi jääki, neist seitsme

kogus ületas lubatud piimormi. Nõuetele mittevastavad Hiina päritolu tee ja Türgi päritolu viinamarjalehed soolvees ei lubatud Euroopa Liitu. Eesti päritolu porgand kutsuti turult tagasi.  
[19]

### 3. Materjal ja metoodika

Antud töö puhul tehti katseid kolme pestitsiidiga. Nendeks olid Karate® Zeon, Stomp® 330 EC ning Fastac® 50, pestitsiidid saadi talunikult, kes omab taimekaitsetunnistust. Katse kestuseks oli 45 päeva, vastavalt siis 02.03.2015 kuni 16.04.2015.

Pestitsiid Karate® Zeon (töös edaspidi Karate) on laia toimespektriga kontaktne ja söötmürk kahjurputukate tõrjeks aianduses, põllukultuuridel ja hoidlates. Preparaadi vormiks on mikrokapselsuspensioon ja toimeaineks 50 g/l lamda-tsühalotriin. Lambda-tsühalotriin on kiiretoimeline kontaktne ja söötmürk, mis on mõeldud nii närivate ja imevate kahjurputukate kui ka lestade tõrjeks. Toimeaine läbib kiiresti kutiikula ja paralütseerib kahjurputuka närvisüsteemi. Desorientatsioon ja toitumistegevuse katkemine ilmneb mõne minuti jooksul. Antud taimekaitsevahendit ei tohiks kasutada lähemal kui 30 m veekogudest. [20] Herbitsiid Stomp® 330 EC (töös edaspidi Stomp) on taimekaitsevahend, mida kasutatakse lühiealiste umbrohtude tõrjeks hernel, oal, ristikul, lutsernil, kapsal, kartulil, porgandil, küüslaugul, juurpetersellil, porrul ja sibulal. Antud toode on väga mürgine veorganismidele ja võib põhjustada pikaajalist veekeskonda kahjustavat toimet. Toimeaineks on pendimetalliin 330 g/l ja preparatiivseks vormiks on emulsioonkontsentraat. Antud herbitsiid on kahjulik allaneelamisel, ärritab silmi ja nahka, võib põhjustada allergilist reaktsiooni. [21] Fastac® 50 (töös edaspidi Fastac) on insektitsiid, mida kasutatakse kahjurite tõrjeks teraviljadel, rapsil, kartulil, lutsernil, herne seemnepõldudel, linal, porgandil, kapsal, viljapuudel, katmikala maguspipral, kurgil, tomatil, dekoratiivtaimedel, metsanduses ja ladudes. Fastac on laia toimespektriga, pika järelmõjuga kontaktne insektitsiid põllu-, aia-, kasvuhoone- ja laokahjurite tõrjeks. Pärast pritsimist tungib Fastac taimi katvasse vahakihti toimides sellisel viisil ka söötemürgina. Fastac`iga töödeldud taimik säilitab vastupanuvõime kahjurite suhtes kauaks. Parema tulemuse saavutamiseks tuleb pritsimise ajal jälgida, et põllule ei jääks pritsimata triipe. Suuremat kulunormi kasutatakse ebasoodsate ilmastikutingimuste ja kahjurite suurema arvukuse korral. Kui Fastac jõuab kleepuda lehti katvale vahakihi on ta vähetundlik vihma suhtes ning see tagab preparaadi mõju pikema aja jooksul. [22] Fastac 50 toimeaineks on alfa-tsüpermetriin 50 g/l ja preparaadi vormiks emulsioonikontsentraat. [23]

Käesolevas töös käsitletud pestitsiidide mõju-uuringu puhul kasutati pinnase lähteainetena Biolan külvi- ja pikeerimismulda koos lehmasõnnikuga. Biolani külvi- ja pikeerimismuld on valmistatud heledast kasvuturbast, millele on lisatud liiva, muld on peeneteraline. [24] Antud mullasegu tooraineteks on puidukiugraanulid, broilerisõnnik, koorepuru, hele kasvuturvas.

Lupjamisaineks on lisatud magneesiumisisaldusega paekivipulber, biolani mullasegu pH on 6,0. Toitainete sisaldused mullasegus: N (vees lahustuv) 100 mg/l, P (lahustuv) 70 mg/l, K (lahustuv) 400 mg/l, mullasegu niiskussisalduseks on tootja märkinud 45%. [25] Lehmäsõnnik pärines talunikult, sõnnik oli pikaajaliselt kõdunenud peale loomapidamise lõpetamist. Sõnnik oli komposteerunud ja rikastas vihmausside kasvupinnast. Katse jaoks kasutati plastikust vihmaveetorst (läbimõõt 80mm) lõigatud silindreid kõrgusega 10 cm, ühte topsi sai lisatud 10 vihmaussi (v.a D-1 kuni F3 topsid) koos sõnnikuse kasvupinnasega. Silindrid asetati kandikutele. Silindrite alla lõikas töö autor papptaldrikutest alused, et neid oleks parem liigutada vihmausside lugemiseks ja kaalumiseks (vt Lisa 2, joonis 20). Igasse silindrisse lisati 280 g mulla-sõnnikusegu ning vastavalt katseskeemile lisandeid. Katse ülesehitust kirjeldab täpsemalt joonis 1.

|                          |    |    |                         |    |    |                          |    |    |                                 |    |    |                                 |    |    |
|--------------------------|----|----|-------------------------|----|----|--------------------------|----|----|---------------------------------|----|----|---------------------------------|----|----|
| A1                       | A2 | A3 | B1                      | B2 | B3 | C1                       | C2 | C3 | D1                              | E1 | F1 | O1                              | O2 | O3 |
| A1                       | A2 | A3 | B1                      | B2 | B3 | C1                       | C2 | C3 | D2                              | E2 | F2 |                                 |    |    |
| A1                       | A2 | A3 | B1                      | B2 | B3 | C1                       | C2 | C3 | D3                              | E3 | F3 |                                 |    |    |
| Karate,<br>vihmaussidega |    |    | Stomp,<br>vihmaussidega |    |    | Fastac,<br>vihmaussidega |    |    | Vihmaussideta,<br>pestitsiidiga |    |    | Vihmaussidega,<br>pestitsiidita |    |    |

Joonis 1. Katse ülesehitus

Kokku oli kasutusel 39 silindrit, millest 9 olid ilma vihmaussideta, kuid pestitsiidiga (D1 kuni D3 Karate kolmes kontsentratsioonis, E1 kuni E3 Stomp kolmes kontsentratsioonis, F1 kuni F3 Fastac kolmes kontsentratsioonis), 3 vihmaussidega aga ilma pestitsiidita (O1 kuni O3), ülejäänud (27) olid erinevate pestitsiidi kontsentratsioonidega topsid vihmaussidega (vt joonis 1). Toppides A1 kuni A3 oli Karate kolmes erinevas kontsentratsioonis (A1 kõige lahjema, A2 keskmise ja A3 kõige kangema kontsentratsiooniga), topsides B1 kuni B3 Stomp kolmes erinevas kontsentratsioonis ja topsides C1 kuni C3 Fastac kolmes erinevas kontsentratsioonis (suhtepõhist pestitsiidi- ja veekulu vahekorda vt tabel 1). Katsetopsid olid pealt kaetud ajalehtedega, mida sai kord nädalas põhjalikult niisutatud (vt Lisa 1, joonis 19), samuti sai kord nädalas eraldi topside pinnast pritsi abil niisutatud (igale topsile 50 ml vett). Vihmausse, nende kookoneid ja valgeliimuklasi luges töö autor iga kahe nädala tagant (vt Lisa 2, joonis 21). Pärast lugemist vihmaussid kaaluti.

### 3.1 Katses kasutatud lahused

Soovitatud kulunormiga pritsimislahuse kohta sai töö autor teavet taimekaitsevahendi registrist, see on suhe pritsipaagi mahu (veekulunorm hektarile) ja kemikaali kulu vahel hektarile. [26] Sama suhe sai üle kantud lahuste valmistamiseks. Pestitsiidikogused sai võetud mõõtpipetiga ning lahjenduseks kasutati destilleeritud vett. Enne sai valmistatud kõige kangem lahus ja seejärel destilleeritud vee lisamisel madalama kontsentratsiooniga lahused. Lahused valmistati plastiktopsidesse, kust võeti süstla abil sobiv kogus taimekaitsevahendit. Erinevad kultuurid said valitud selle loogikaga, et lahuste kontsentratsioonid oleksid erinevad (sõltuvalt sellest, milliseid kultuure pritsitakse), mis võimaldaks täheldada erinevatest kontsentratsioonidest tingitud muutusi mullaelustikule (vt tabel 1). Veekulu normi aluseks hektari kohta sai võetud kõigil ainetel keskmiselt 250l. Karatel ja Fastacil oli vastavad soovitusel veekulule 200-300l. Stompi kohta leidis autor veidi kangema Stomp CS-i kohta soovitusel 200-400 l/ha kohta aga kasutaja vastutusel võib ka vähendatud veekogusega 100l/ha kohta kasutada, kuigi tõrje efektiivsust sellise vähendatud veekogusega pole põhjalikult uuritud [22, 27, 28].

Tabel 1. Pestitsiidide kulunormid erinevatele kultuuridele ja veekulunormid

| Aine   | Tops | Kulunorm l/ha | Veekulu l/ha | Pritsitav kultuur   |
|--------|------|---------------|--------------|---------------------|
| Karate | A1   | 0,1           | 250          | Kartul              |
|        | A2   | 0,5           | 250          | Maasika emaistandus |
|        | A3   | 0,8           | 250          | Õunapuud            |
| Stomp  | A1   | 1,5           | 250          | Hernes              |
|        | A2   | 3             | 250          | Kartul              |
|        | A3   | 5             | 250          | Kapsas              |
| Fastac | A1   | 0,2           | 250          | Kapsas              |
|        | A2   | 0,4           | 250          | Kartul              |
|        | A3   | 0,6           | 250          | Viljapuud           |

[26]

### 3.2 Laboris tehtud analüüsid

Kuivainesisalduse mõõtmiseks kasutati massikao meetodit. Autor kaalus iga topsi pinnasest 10 grammi, kuivaine saamiseks olid pinnaseproovid 24 tundi püsiva 105°C juures kuivatuskapis. Peale seda proovid kaaluti. Proovi kaaluvahest enne ja pärast kuivatamist arvutati proovi kuivainesisaldus valemite 1 ja 2 järgi:

$$N = \frac{p - a}{p} * 100, (1)$$

$$KA = 100 - N, \text{ kus } , (2)$$

N – proovi niiskusesisaldus, %;

KA – proovi kuivainesisaldus, %;

p – proovi mass enne kuivatamist, g;

a – proovi mass pärast kuivatamist, g [29]

Antud katsepinnase happesuse mõõtmiseks kaalus töö autor mõõtekolbi 10 grammi pinnast, millele lisati 50 ml destilleeritud vett. Proovid segati ja lasti 24 tundi seista, seejärel mõõdeti lahuste vastavad näitajad, kasutades selleks pH- meetrit WTW Multi 340i. Pinnases leiduvate mikroobide biomassi hinnati substraadi poolt indutseeritud hingamise (SIR) alusel. Selle meetodi puhul eeldatakse, et maksimaalne hapniku tarbimine mikroobide poolt glükoosi lisamisel on proportsionaalne mikroobide biomassiga. [30] Kasutusel olnud materjali mikroorganismide aktiivsus määrati Saksa WTW firma OxiTop manomeetrilise mõõtesüsteemi alusel. OxiTop® süsteemis on kasutusel standardsuurusega klaasnõud, kuhu paigutatakse proov ja nõu suletakse hermeetiliselt. Mikroorganismid tarbivad oma elutegevuseks vajaliku hapniku hermeetiliselt suletud anumast olevast õhust. Eralduv CO<sub>2</sub> seotakse absorbendi poolt ja ei põhjusta seega rõhu tõusu mõõteanumas. Hapniku tarbimisest tulenev rõhu langus fikseeritakse spetsiaalsete tundlike mõõtepeade abil. OxiTop mõõtesüsteem ja katsetingimused vastavad rahvusvahelistele standardmeetoditele. Süsteemi mõõtetäpsus on 1 mbar. [31] Mikroobikoosluste parameetrite määramiseks sai katse lõpus võetud kasutatud pinnas eraldi kilekottidesse ja kaalutud. Sama kontsentratsiooniga pestitsiiditopsidest pärit pinnas sai pandud proovide võtmiseks kokku (A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3), eraldi sai võetud see pinnas, kus oli pestitsiid ilma ussideta (D1, D2, D3, E1, E2, E3, F1, F2, F3) ja kokku sai võetud ka nende topside pinnas, kus olid vihmaussid ilma pestitsiidita (O1 – O3). Mikroobide biomassi uurimiseks SIR-meetodil võeti katsetopside pinnasest proovid (ühe proovi kaal 50 grammi). Proovidele lisati 0,050 grammi glükoosi. Hermeetiliselt suletud nõud asetati 24 tunniks 22°C juurde. ACHAT OC tarkvara abil kanti andmed digitaalkujul arvutisse, misjärel toimus andmete töötlus ja analüüs Microsoft Office Exceli programmis. Mikroobikoosluse hingamisaktiivsuse määramiseks võeti katsetopside pinnasest proovid (ühe proovi kaal 100 grammi). Proovid pandi mõõtmisanumasse (anuma maht 1 liiter), absorbendina kasutati



natroonlupja. Mõõtmisanumad suleti ja mõõtepead monteeriti külge, hermeetiliselt suletud nõud pandi 96 tunniks 25°C juurde. ACHAT OC tarkvara abil kanti andmed digitaalkujul arvutisse, misjärel toimus andmete töötlus ja analüüs Microsoft Office Exceli programmis.

### 3.3 Andmetöötlus

Andmetöötluste läbiviimiseks ja statistikaks kasutati programmi Microsoft Excel, korrelatsioonide hindamiseks programmi Statistica 10.0.

## 4. Tulemused ja arutelu

### 4.1 Vihmausside koguarv ja suremus

Vihmausside suremus (vt tabel 2) väljendab, et suurim suremus esines Fastaciga topsides. Fastaciga topsides esines kahe esimese katsenädala jooksul 62% suremus (vt tabel 3). Ainus pestitsiid, kus vihmausside suremus oli katse lõpus negatiivne, oli Stomp, kus esines vihmausside juurdekasv, vastavalt siis 6 vihmaussi võrra (6,67%).

Tabel 2. Vihmausside suremus

| Suremus ainega | 16.03.15 | 30.03.15 | 16.04.15 | Keskmine |
|----------------|----------|----------|----------|----------|
| Karate         | 24       | 22       | 10       | 18,67    |
| Stomp          | 49       | 19       | -6       | 20,67    |
| Fastac         | 56       | 22       | 7        | 28,33    |
| Pestitsiidita  | 13       | 15       | 0        | 9,33     |

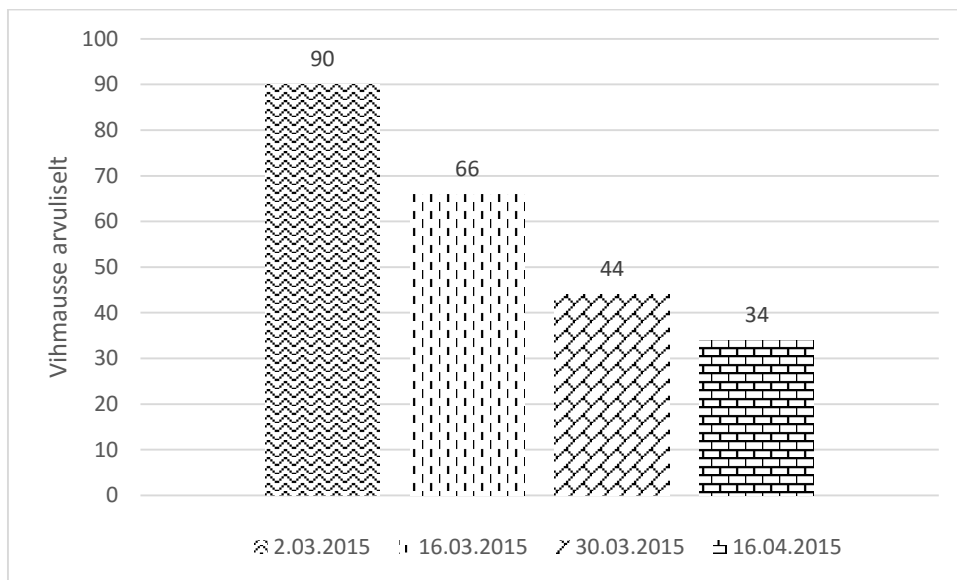
Tabel 3. Vihmausside suremuse %

| Suremus ainega | 16.03.15 | 30.03.15 | 16.04.15 |
|----------------|----------|----------|----------|
| Karate         | 26,67    | 24,44    | 11,11    |
| Stomp          | 54,44    | 21,11    | -6,67    |
| Fastac         | 62,22    | 24,44    | 7,78     |
| Pestitsiidita  | 43,33    | 50,00    | 0,00     |

Mitmed teadlased on leidnud, et pestitsiidid mõjutavad vihmausside reproduktsiooni kiirust negatiivselt, kõige tundlikum pestitsiidide mõjule on vihmausside võime toota kookoneid. Pestitsiidid omavad negatiivset mõju sperma kvaliteedile, mistõttu on pärsitud ka vihmausside

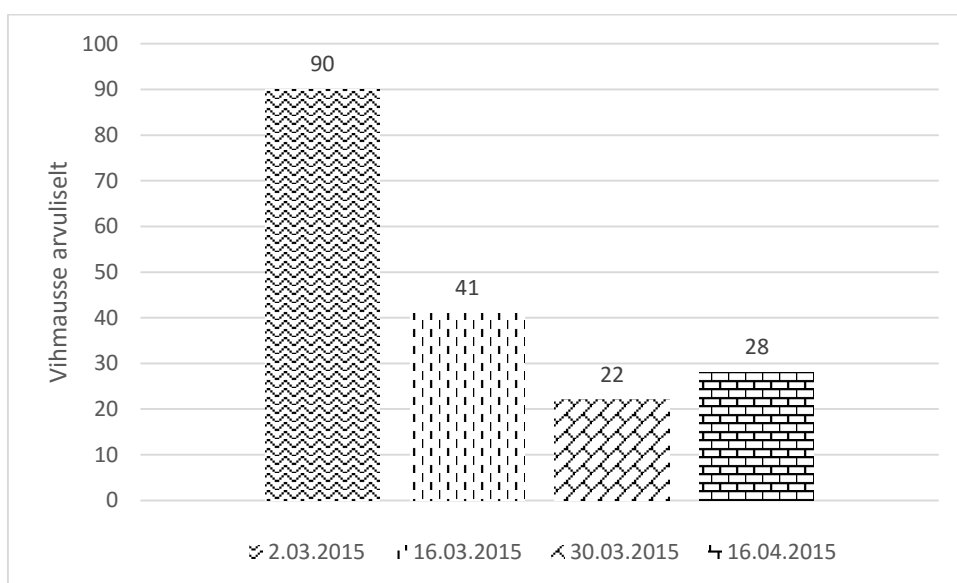
juurdekasv. [36] Ka antud katse põhjal võib väita, et vihmausside juurdekasv oli pärsitud, kuna vihmausside arvukused katse vältel pidevalt vähenesid.

Vihmausside koguarv Karate Zeoniga (vt joonis 2) vähenes katse vältel ühtlase langustrendiga, katse lõpuks oli alles 34 vihmaussi mis moodustab esialgsest umbes 38%.



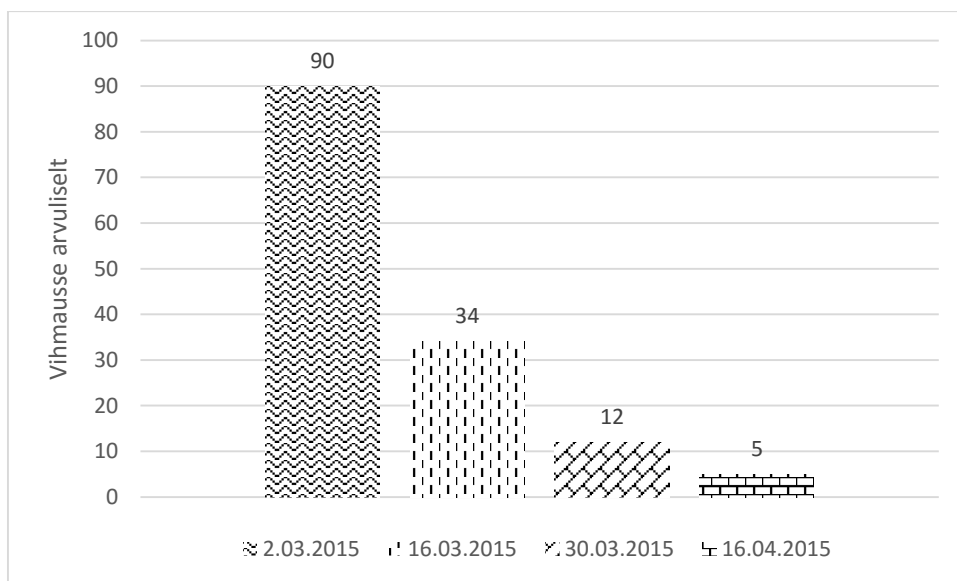
Joonis 2. Vihmausside koguarv Karate Zeoniga katseperioodil

Vihmausside koguarv Stompiga vähenes samuti katse käigus (vt joonis 3). Esimese kahe katsenäda jooksul oli vihmausside suremus Stompiga suurem kui Karatega, küll aga oli katse lõpus näha vihmausside arvukuse väikest kasvu.



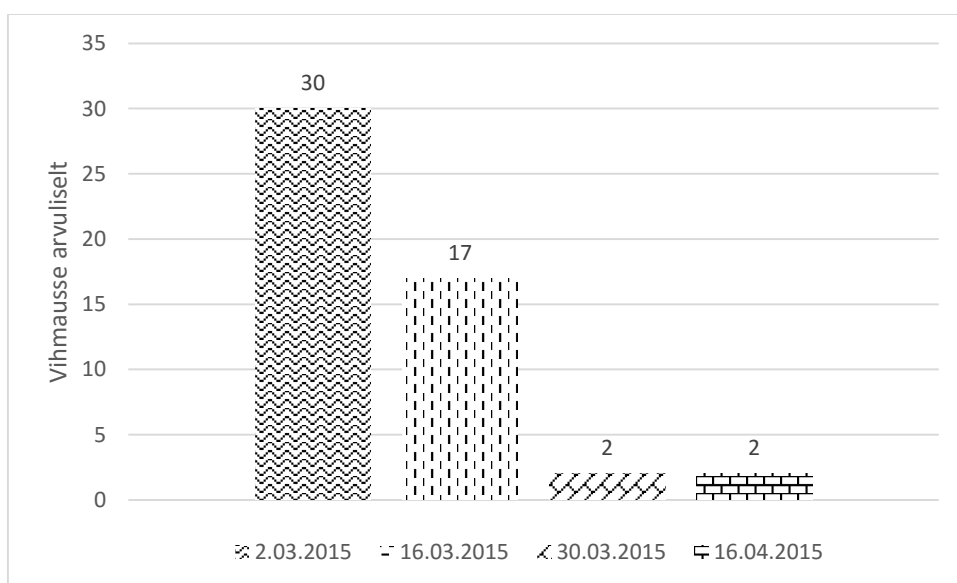
Joonis 3. Vihmausside koguarv Stompiga katseperioodil

Vihmausside koguarv Fastaciga vähenes samuti (vt joonis 4). Fastaciga oli vihmausside arvukuse alanemine pestitsiididest kõige suurem. Katse lõpuks jäi 90-st vihmaussist elama vaid 5.



Joonis 4. Vihmausside koguarv Fastaciga katseperioodil

Vihmausside koguarv pestitsiidita (vt joonis 5) vähenes samuti märgatavalt (katse lõpuks oli elus vaid 2 vihmaussi). Seda võib põhjendada asjaoluga, et need topsid kuivasid teistest enam (asusid enam päikesele avatud lauaosal) ja kuna niiskussisaldus oli madalam, siis ka vihmausside elutegevuseks vähemsobilik (vt joonis 6). Vihmaussidele oluks optimaalne niiskussisaldus üle 50% [4] aga topsides (O1-O3) oli vastav näitaja katse lõpus vaid ligi 40%.

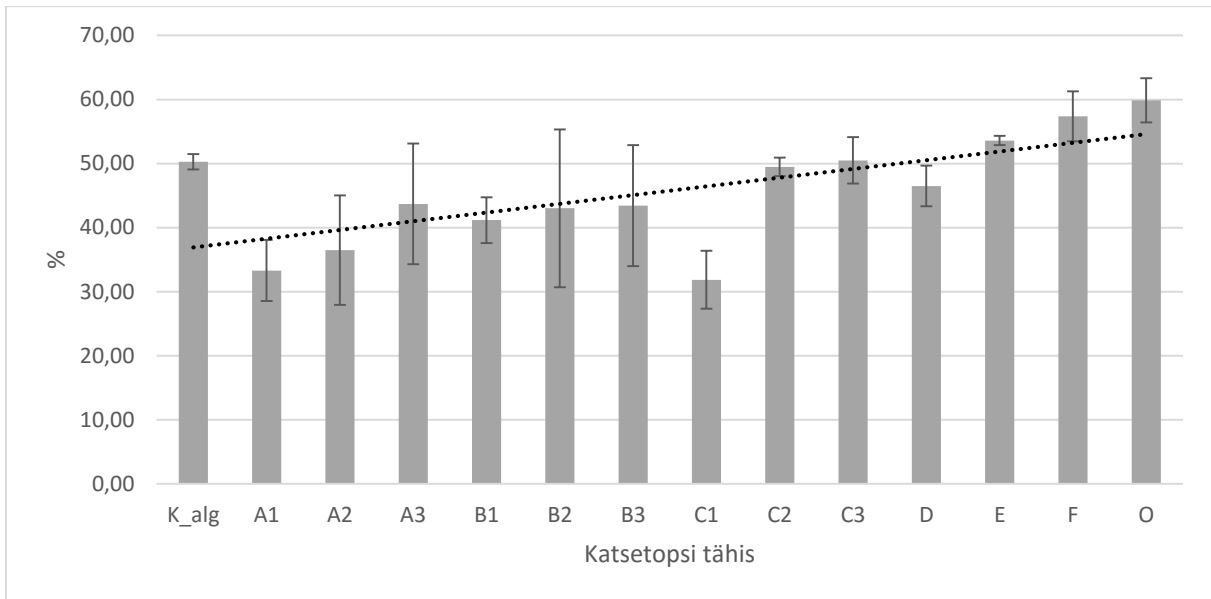


Joonis 5. Vihmausside koguarv pestitsiidita katseperioodil

Kahe nädala möödudes peale katse algust oli enim vihmausse Karatega topsides ja pestitsiidita topsides, katse lõppedes Karatega- ja Stompiga topsides (Karates katse lõpus 6 vihmaussi rohkem kui Stompis).

## 4.2 Kuivainesisaldus

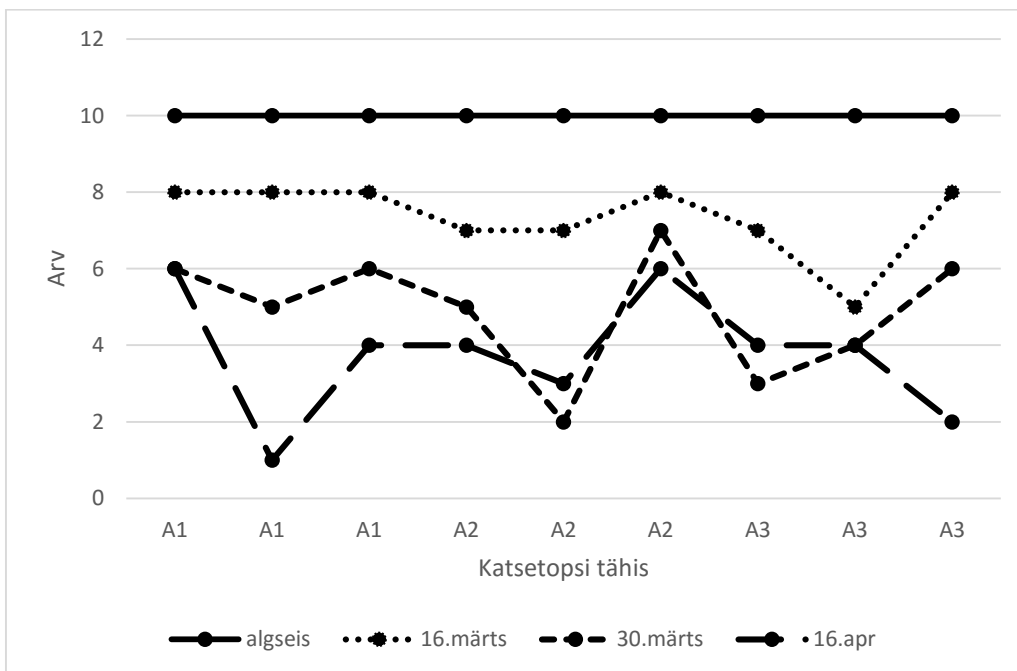
Katse käigus suurenes pinnases kuivainesisaldus (vt joonis 6), mis võis tingitud olla ilmade soojenemisest ja sellega seoses ka ruumi temperatuuri mõningasest tõusust (katse algas märtsi algul ja lõppes aprilli keskpaigas). On teada, et suured temperatuurimuutused põhjustavad vihmaussidele stressi. [37] Seega võib pestitsiidita topsides (O1-O3) suurt suremust põhjendada vihmausside stressiga. Kord nädalas sai topse niisutatud ja topsid kaetud märgade ajalehtedega aga sellest hoolimata niiskussisaldused vähenesid. Samuti võis niiskuskaole mõjuda ka see, et pinnase hulk katsetopsis oli väike ja see kuivas kiiremini läbi, kastmisest tulenev niiskus kogunes topsi alaossa ja imbus paberist alustaldriku kaudu aluskandikule, (märjad) ajalehed aga ei suutnud säilitada niiskust piisavalt kaua. Seega soovitab töö autor edaspidistes analoogsetes katsetes kasutada suuremaid põhjaga katseanumaid, kuhu mahuks enam pinnast ja vihmausse. Vihmaussidele optimaalne niiskussisaldus pinnases on 50-90% [4], antud katse puhul oli lõpuproovide keskmine niiskussisaldus 54,59%, vihmaussidega Karatel 62,17% (topsid A1-A3), vihmaussidega Stompil 57,45% (topsid B1-B3), vihmaussidega Fastacil 56,04% (topsid C1-C3), vihmaussideta Karatel 53,50% (topsid D1-D3), vihmaussideta Stompil 46,40% (topsid E1-E3), vihmaussideta Fastacil 42,62% (topsid F1-F3) ja pestitsiidita topsides koos vihmaussidega 40,11% (topsid O1-O3). Seega aisad topsid, kus niiskussisaldused vihmaussidele polnud päris optimaalsed olid O1-O3 ehk pestitsiidita topsid. Statistilise analüüsi tulemused näitasid, et elus vihmausside arv on statistiliselt oluliselt ja negatiivselt seotud kuivainega ( $r = -0,48$ ,  $P = 0,05$ ).



Joonis 6. Kuivainesisaldus

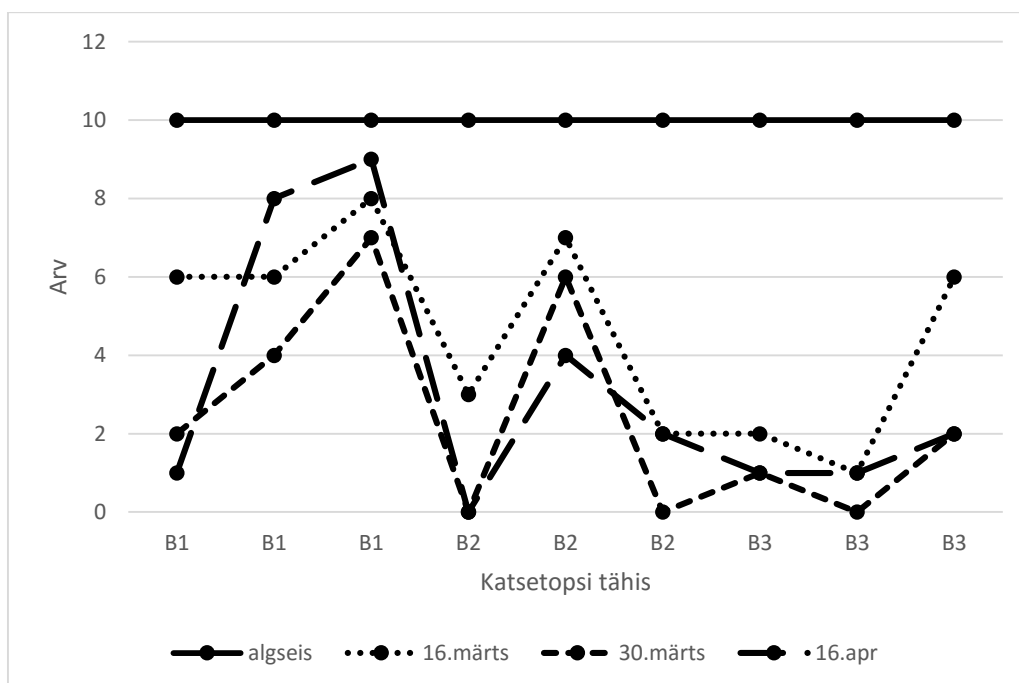
### 4.3 Vihmausside arvukus pestitsiidide kaupa

Vihmausside arvukus Karate Zeoniga (vt joonis 7) väljendab loogikat, et madalama kontsentratsiooniga topsides oli vihmausside arvukused keskmiselt suuremad.



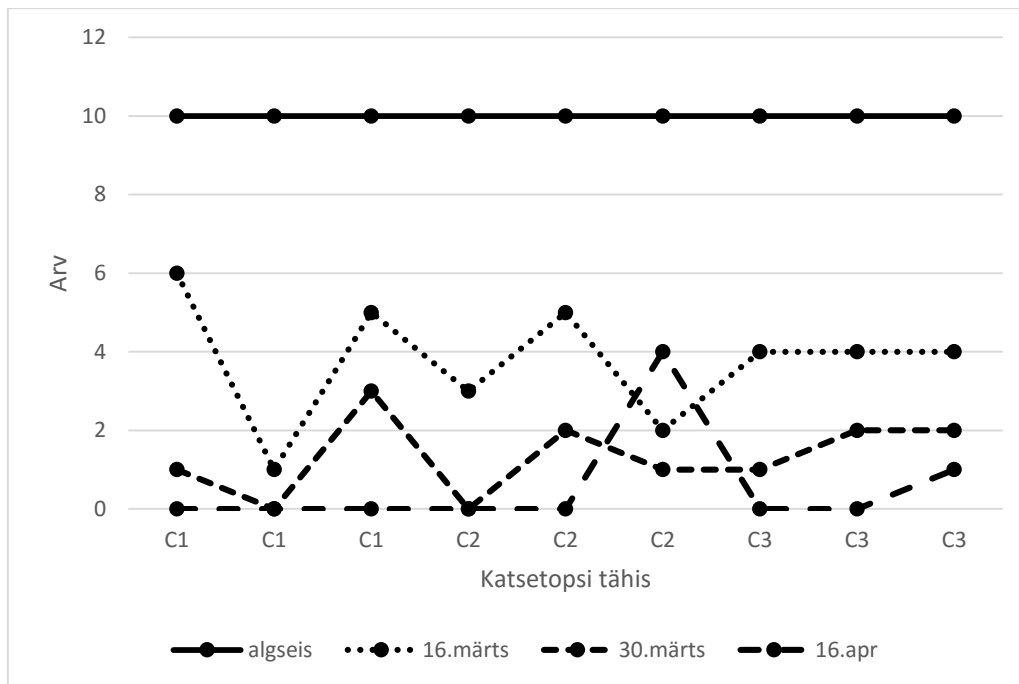
Joonis 7. Vihmausside arvukus Karate Zeoniga

Vihmausside arvukus Stompiga (vt joonis 8) näitab jällegi, et madalama kontsentratsiooniga topsides oli vihmausside arvukus suurem. Märkimisväärne on ka asjaolu, et Stompiga oli erinevates topsides suurem arvuline kõikumine, nt keskmise kontsentratsiooni juures leidus tops, kus oli 7 vihmaussi ja samas kõrval ka 2.



Joonis 8. Vihmausside arvukus Stompiga

Vihmausside arvukus Fastaciga (vt joonis 9) näitas jällegi, et madalama kontsentratsiooni korral oli vihmausside arvukused suuremad. Märkimisväärne oli see, et katse lõpuks olid enamused vihmausse Fastacis surnud, anomaalseks võib lugeda keskmise kontsentratsiooniga topsi, milles oli katse lõpus 4 vihmaussi elus, järelkult oli antud topsis kõige elujõulisemad kookonid.



Joonis 9. Vihmausside arvukus *Fastacia*ga

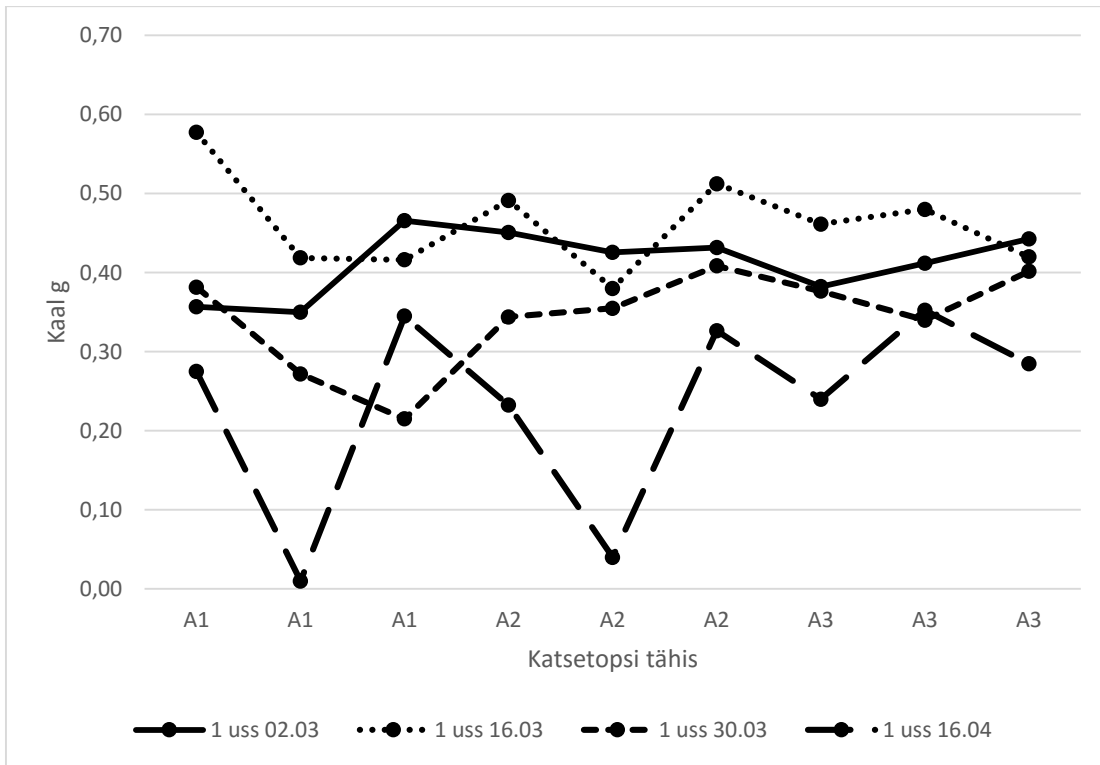
Vihmausside arvukused pestitsiidita topsides olid samuti väikesed. Kui kahe esimese katsenäda möödudes oli 30-st vihmaussist elus 17, siis katse lõpuks kõigest 2. Vihmausside väikest arvu ilma pestitsiidita võib põhjendada võimaliku kuivusega, kuna need topsid (suurema nummerdusega topsid) olid teistest enam aknast tulevale valgusele avatud ja ilmad soojenesid katse käigus.

#### 4.4 Ühe vihmaussi kaal grammides

Ühe vihmaussi kaalu sai antud pestitsiidiga topsi vihmausside kaalud jagatuna antud topsi vihmausside arvuga. Teadlased on leidnud, et pestitsiide sisaldav pinnas mõjub vihmausside kaaludele pärssivalt. [36] Kokkuvõtvalt võib öelda, et ka antud katse vältel vihmausside kaalud valdavalt alanesid.

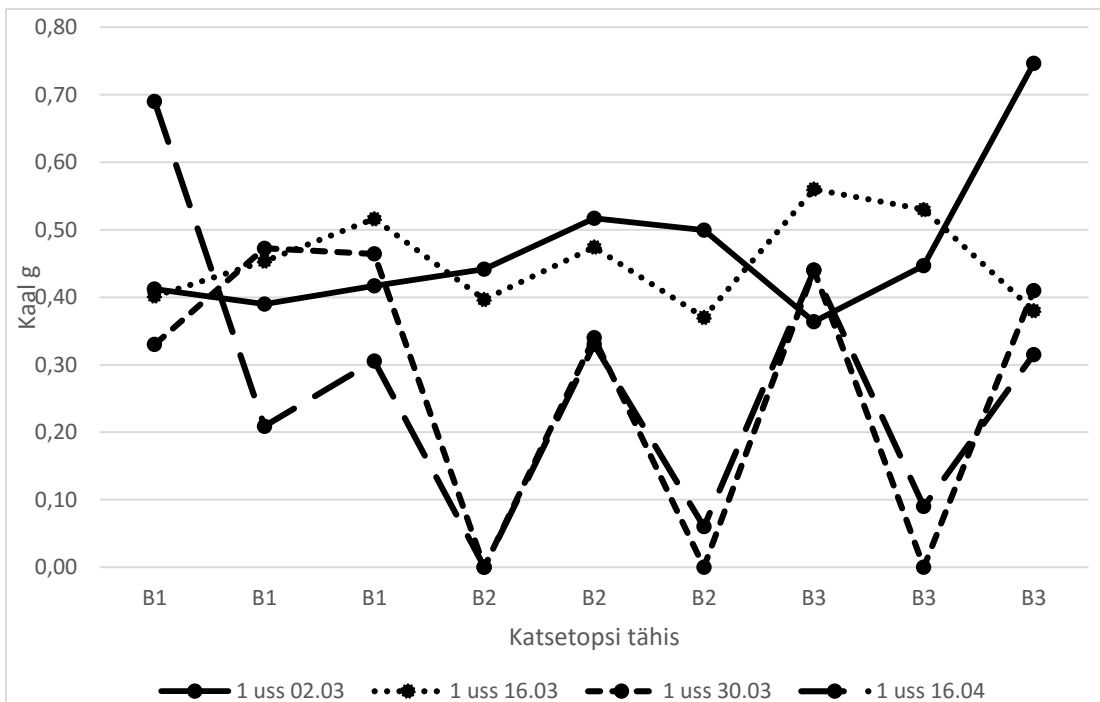
Ühe vihmaussi kaal *Karate Zeoniga* (vt joonis 10) väljendab seda, et kaks nädalat peale katse algust vihmausside kaal keskmiselt mõnevõrra kasvas, katse lõpupoole aga kahanes. Katse alguses oli ühe vihmaussi kaal keskmiselt 0,41g, kaks nädalat hiljem 0,46g, katse lõpuks oli vastav näitaja 0,23g, seega katse lõppedes polnud täiskasvanud vihmausse nii palju kui katse alguses.





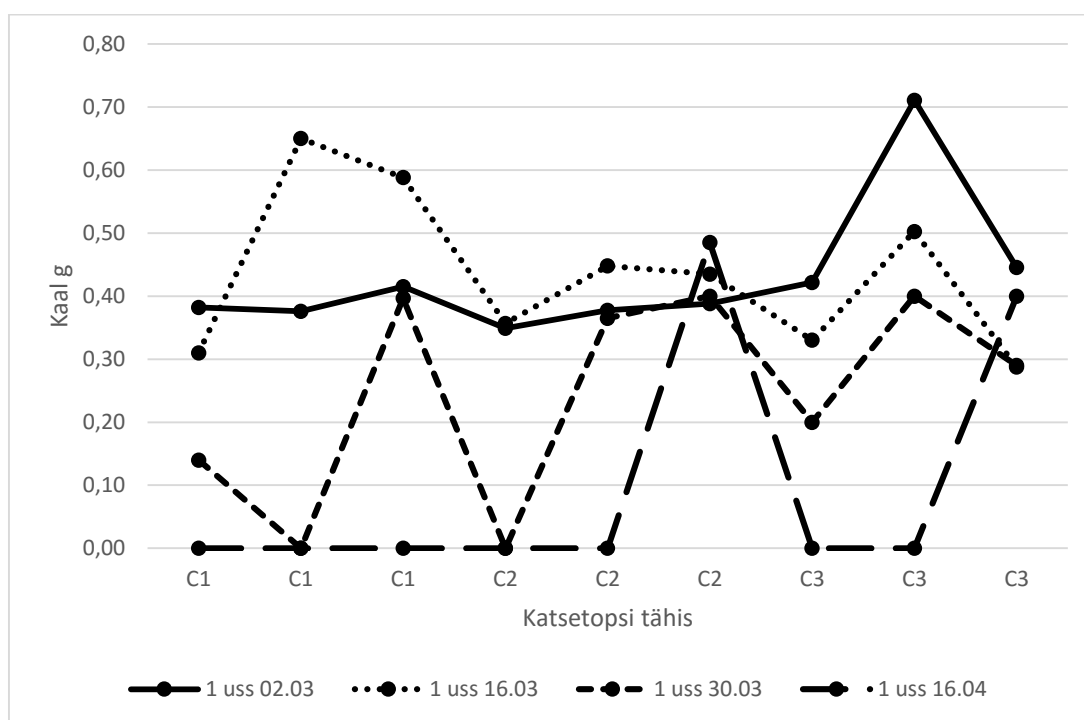
Joonis 10. Ühe vihmaussi kaal Karate Zeoniga

Ühe vihmaussi kaal Stompiga (vt joonis 11) väljendab seda, et vihmausside kaalud hakkasid katse käigus vähenema. Kui katse alguses oli 1 vihmaussi keskmine kaal 0,47g, siis kahe nädala pärast 0,45g, katse lõpus aga 0,27g. Katse lõpupoole oli vihmausside kaaludes (alloleval joonisel) suuri kõikumisi, kuna osades topsides surid kõik vihmaussid.



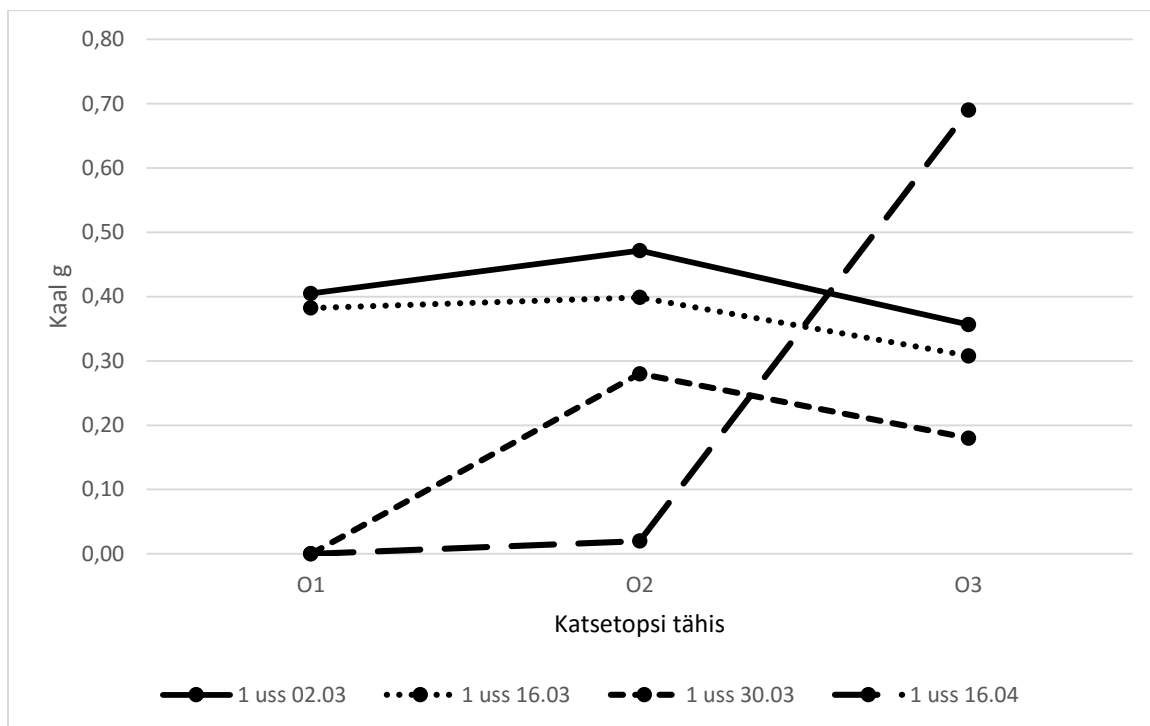
Joonis 11. Ühe vihmaussi kaal Stompiga

Ühe vihmaussi kaal Fastaciga (vt joonis 12) väljendab seda, et esimese kahe nädalaga säilis keskmiselt ühe vihmaussi kaal st 0,43g. Katse edasises käigus vihmausside kaal alanes ja vihmausside suremus kasvas. Katse lõpuks sai keskmist kaalu arvutada vaid kahe topsi põhjal ja ühe vihmaussi kaal Fastaciga tuli veidi enam kui katse alguses st 0,44g. Need vihmaussid, kes ellu jäid kaalusid seega palju ehk nad olid täiskasvanud.



Joonis 12. Ühe vihmaussi kaal Fastaciga

Ühe vihmaussi kaal pestitsiidita topsis (vt joonis 13) väljendab seda, et vihmausside kaalud hakkasid katse käigus alanema. Katse lõpuks oli elus üks väiksem ja üks priskem vihmauss, viimane tekitas joonisel väikese anomaalia, kuna teised vihmaussid keskmiselt nii palju ei kaalunud.

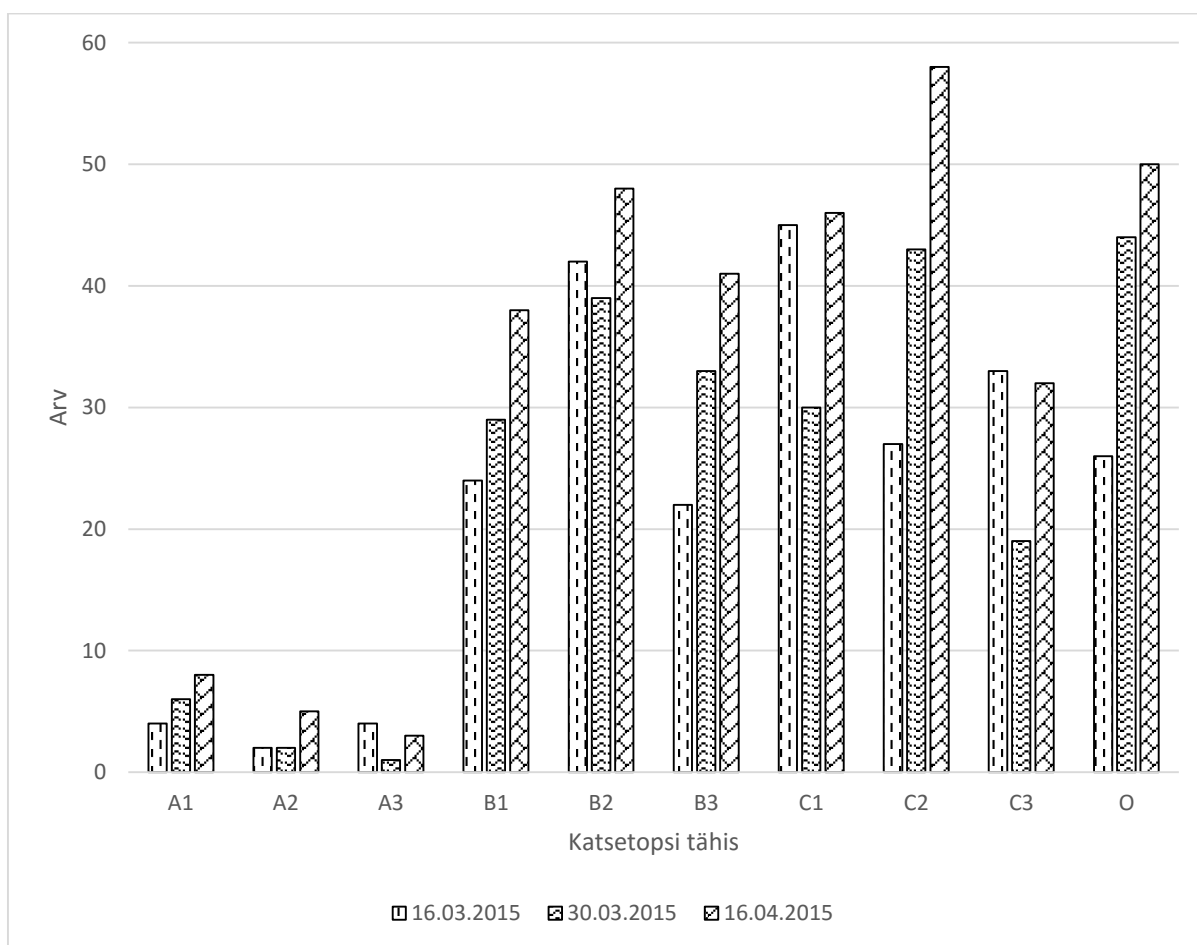


Joonis 13. Ühe vihmaussi kaal pestitsiidita

#### 4.5 Valgeliimuklaste arvukus ja vihmaussi kookonite arvukus

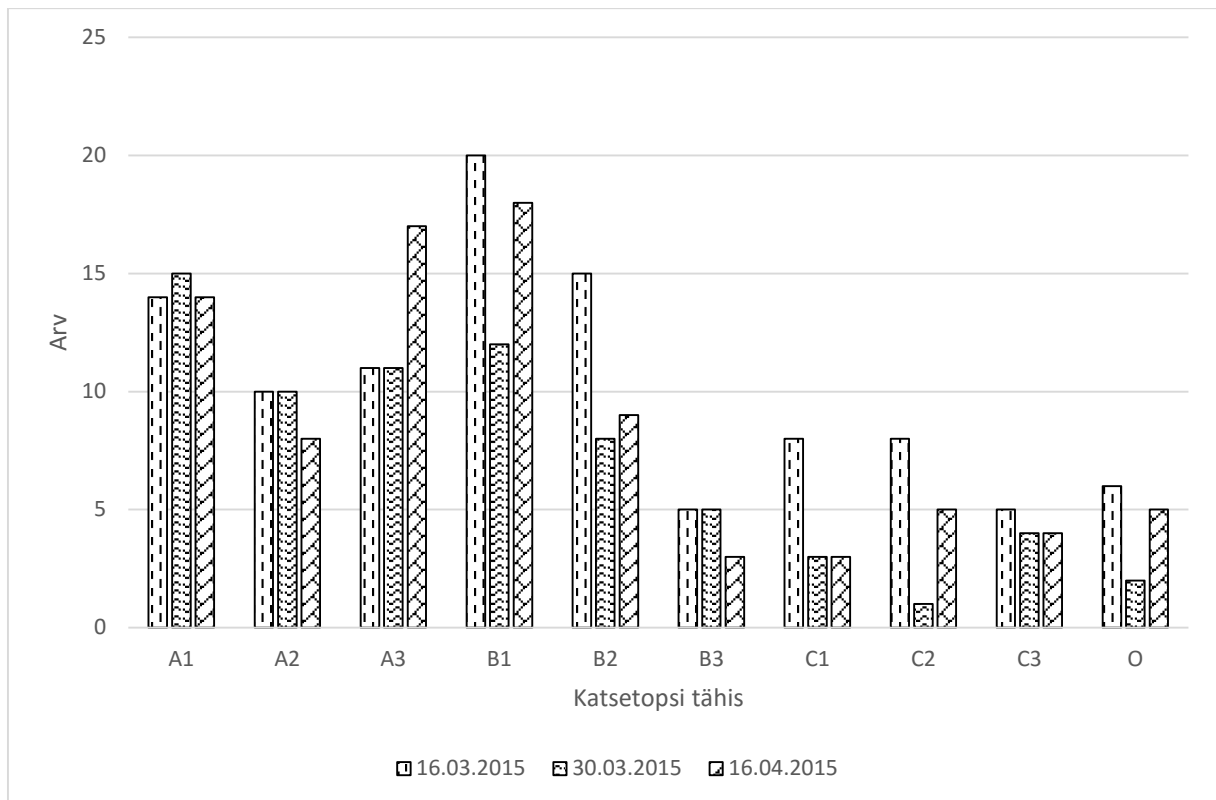
Katse käigus sai vihmausside lugemise, kaalumise kõrvalt loetud ka vihmausside kookoneid ja valgeliimuklaste arvukust (vt lisa 3, tabel 4). Karate topsides oli valgeliimuklasi keskmiselt 1,3, kookoneid 4,07. Seega valgeliimuklasi esines vähe ja kookoneid üsna palju, erinevad kontsentratsioonid ei omanud suurt erinevust, kuid kõige madalama kontsentratsiooni korral oli nii valgeliimuklaste kui ka vihmaussi kookonite arvukus suurim. Stompiga topsides oli valgeliimuklasi märgatavalt enam, keskmiselt 11,7, kookoneid oli aga keskmiselt vähem (3,52) kui Karatega topsides. Stompi puhul oli selgelt näha, et kõrgema kontsentratsiooni korral oli vihmaussi kookoneid vähem. Kõige madalama kontsentratsiooni korral oli vihmaussi kookoneid keskmiselt 5,56, kõige kõrgema kontsentratsiooniga topsides aga 1,44. Fastaciga topsides oli valgeliimuklasi samuti rohkem kui Karatega topsides aga sarnases suurusjärgus Stompi topsidega, keskmine näitaja 12,33. Kookoneid oli ühtlaselt vähe, keskmine 1,52. Pestitsiidita topsides oli valgeliimuklasi samas suurusjärgus Stompi ja Fastaciga, vastav näitaja 13,33. Kookoneid oli pestitsiidita topsides vähe, keskmine näitaja 1,44.

Valgeliimuklaste arvud (vt joonis 14) väljendavad, et enamus topsides kasvas nende arvukus katse käigus. Kõige enam valgeliimuklasi oli katse lõpus keskmise kontsentratsiooniga Fastaci topsides. Mujal maailmas tehtud uuringud näitavad, et valgeliimuklased on elujõulisemad kui *Eisenia fetida* vihmaussid, eriti, mis puudutab saastunud pinnases elamist. Valgeliimuklased kohanevad paremini toorhuumusmullaga, erinevate kemikaalide sisaldusega pinnases, suutes säilitada produktiivsuse ja elujõu. [32,33]



Joonis 14. Valgeliimuklaste arvud erinevatel loendamispäevadel

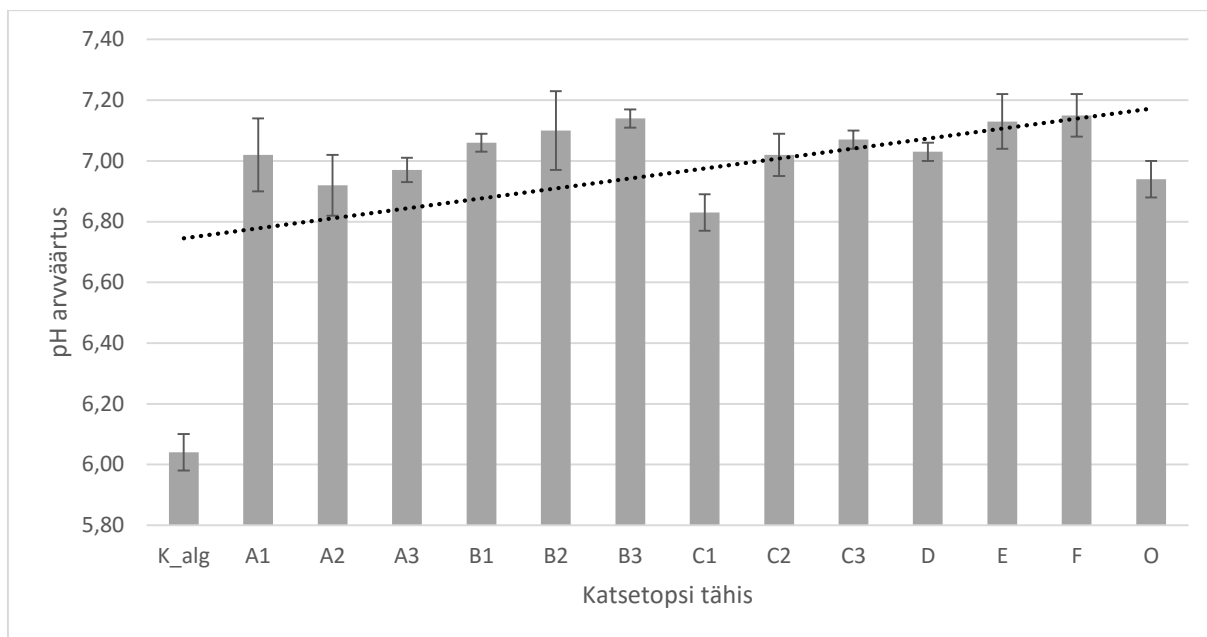
Vihmaussi kookonite arvud (vt joonis 15) väljendavad, et enamus topsides kookonite arvukus vähenes. Kahe viimase katsenädala jooksul toimus kõige suurem kookonite arvukuse kasv kõrgema kontsentratsiooniga Karate topsides ja madalama kontsentratsiooniga Stompi topsides. Kõige enam leidus kookoneid madala kontsentratsiooniga Stompi topsides, keskmiselt 5,56 kookonit topsi kohta (vt lisa 3, tabel 4)



Joonis 15. Vihmaussi kookonite arvud erinevatel loendamiskuupäevadel

#### 4.6 pH

pH (vt joonis 16) näitab, et alpinnase pH oli  $6,04 \pm 0,06$  ja katse lõpus keskmine  $7,03 \pm 0,03$ . Seega muutus pinnas katse käigus aluseliseks, mida näitab ka kerge tõusev pH trend. Iga vihmauss omab kolme paari näärmeid, mis eritavad kaltsiumkarbonaati ( $\text{CaCO}_3$ ), seega suudavad vihmaussid ise pinnase happesust omale sobilikumaks muuta. [34] Vihmaussid on tolerantsed üpris suure pH kõikumise osas (5 kuni 9) aga pH alla 4,5 on neile liiga happeline, antud katse pH 6-7 oli aga vihmaussidele optimaalne elukeskkond. [4] Enamus vihmaussiliike eelistab neutraalset pH-d ehk pinnas, mille pH = 7 on neile väga sobiv elukeskkond. [37] Statistilise analüüsi tulemused näitasid, et elus vihmausside arv oli positiivselt korrelatsioonis pH algväärtusega ( $r= 0,59$ ,  $P=0.05$ ).

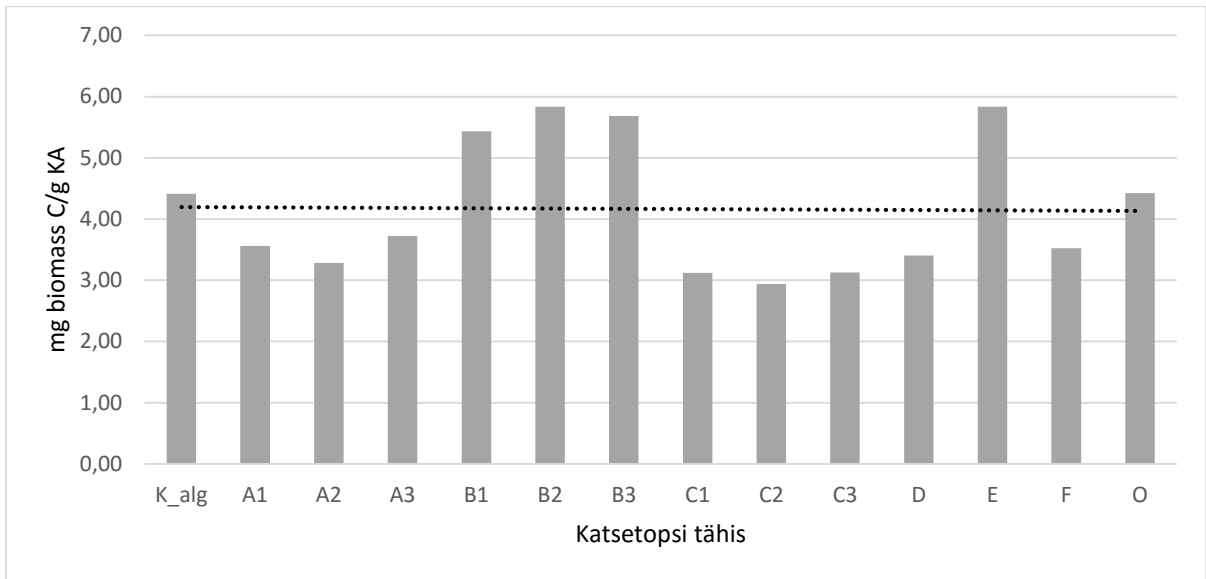


Joonis 16. pH algpinnasest ja lõpuproovidest

#### 4.7 Mikroobide biomass (SIR) ja mikroobikoosluse hingamisaktiivsus (BA)

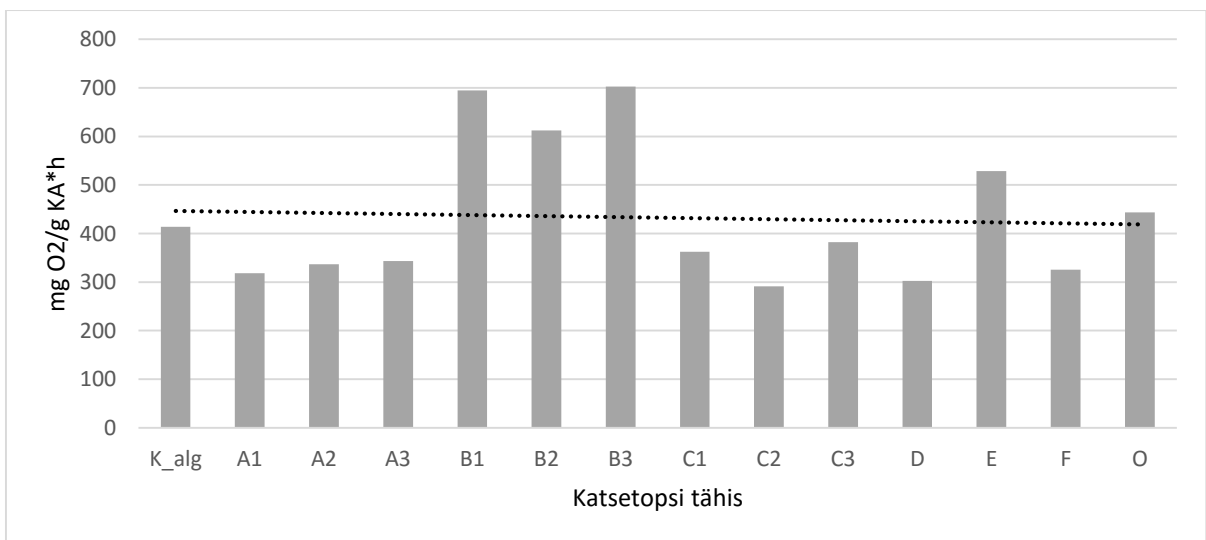
Mikroobide biomass (vt joonis 17) väljendab kerget langustrendi, küll aga mõjus teistest ainetest erinevalt Stomp. Vihmaussidega Stompi topsides (B1-B3) suurenes katse lõpuks (keskmise 5,65 mg biomass C/g KA ) katse algusega võrreldes (4,41 mg biomass C/g KA) mikroobide biomass märkimisväärselt. Samuti suurenes märkimisväärselt nendes topsides mikroobide biomass, kus oli Stomp ilma ussideta (E1-E3), katse lõpuks oli vastav näitaja 5,84 mg biomass C/g KA. Võrreldes kontrolliga alguses suurenes ka ilma pestitsiidita topsides (O1-O3) mikroobide biomass, ülejäänud topsides mikroobide biomass vähenes.

Vihmaussid on väga olulised mulla mikroobikoosluse aktiivsuse tõstmisel, paljud mikroobid esinevad pinnases madala ainevahetustegevusega olekus aktiveerudes sobivate tingimuste juures, vihmaussidega koosmõjus on aga mikroobikoosluse hingamisaktiivsus- ning mikroobide biomass suurem ja seega soodustatud ka mikroorganismide tegevus ja orgaanilise aine lagunemine. [35] Antud katse seisukohast saab väita, et Stompiga topsides (millega vihmaussid kohastusid paremini kui teiste pestitsiididega topsides), kus katse lõpuks vihmausside arvukus kasvas, mõjus vihmausside tegevus positiivselt ka mikroobikoosluse hingamisaktiivsusele, samuti mõjus see hästi ka topsides O1-O3, kus puudus pestitsiid.



Joonis 17. Mikroobide biomass

Samuti nagu mikroobide biomassi puhul oli ka mikroobikoosluse hingamisaktiivsus (BA) suurim Stompiga topsides (vt joonis 18). Lineaarne korrelatsioonikordaja SIR-i ja BA vahel oli  $r = 0,91$ . Stompi vihmaussidega topside (B1-B3) keskmine BA oli 669,89 mg O<sub>2</sub>/g KA\*h, ilma ussideta Stompil (E1-E3) 528,37 ja pestitsiidita topsidel (O1-O3) 443,29 mg O<sub>2</sub>/g KA\*h. Teistes topsides oli BA esialgselt kontrolli tulemusest (414,19 mg O<sub>2</sub>/g KA\*h) madalam.



Joonis 18. Mikroobikoosluse hingamisaktiivsus

## Kokkuvõte

Kõik pestitsiidid mõjusid vihmaussidele kahjulikult, küll oli nende toime erinev. Karate puhul säilis suurim vihmausside arvukus, seega oli negatiivne mõju kõige väiksem. Stompi puhul vihmausside arvukus vähenes enam kui Karatel aga katse lõpus leidis aset vihmausside arvukuse kasv, st et vihmaussid kohanesid pestitsiidiga ja toimus põlvkondade uuenemine. Samuti suurenes Stompiga (ainukese pestitsiidina) katse lõpus mikroobide biomass (SIR) ja mikroobikoosluse hingamisaktiivsus (BA). Fastaci puhul vihmaussid ei kohanenud ja pestitsiid inhibeeris täielikult vihmausside elutegevuse. Ilma pestitsiidita topside pinnases suurenesid samuti mikroobide biomass ja mikroobikoosluse hingamisaktiivsus aga need topsid kuivasid enam kui pestitsiididega topsid ja tulemuseks oli vihmausside pärssitud elutegevus.

Vastates püstitatud hüpoteesidele, võib tõdeda, et pestitsiidide kasutamine mõjub vihmaussidele ja mikroobikooslustele valdavalt inhibeerivalt, erandiks oli autori katses herbitsiid Stomp<sup>R</sup> 330 EC, millega suurenesid katse vältel nii SIR kui BA, vihmausside arvukus katse vältel küll alanes aga katse lõpus näitas juurdekasv hoopis tõusutrendi. Seega võib väita, et antud herbitsiid mõjutab vihmausside ja mikroorganismide arvukust. Küll tuleb tõdeda, et usaldusväärsete tulemuste saamiseks oleks tarvis edaspidiseid täiendavaid uuringud, mis tõestaksid pestitsiidide mõju mullaelustikule.



## Summary

The effect of pesticides on earthworms- and the soil microbial community.

The main purpose of a pesticide is to attract, seduce and then destroy any pest. Most commonly pesticides are used as plant protection products. In general speaking they are protecting plants from damaging influences (weeds, insects, fungi).

The main purpose of this thesis was to investigate the effect of three common pesticides to the soil and microbial community. During the experiment all used pesticides affected the earthworms although these effects were different. Karate was preserved in the highest abundance of earthworms, so the negative impact was the smallest.

By the Stomp the earthworm abundance was reduced more than by the Karate, however at the end of the experiment earthworm population growth with Stomp, meaning that the worms were habituated pesticides and generation regenerate.

At the end of experiment increased microbial biomass (SIR) and microbial respiratory activity (BA) by the Stomp. Fastac completely inhibited the activity of earthworm life.

In the soil of non pesticides cylinders also increased SIR and BA, however, these cylinders dried for more than pesticides cylinders and it resulted the inhibited activity of earthworms.

Responding to the hypotheses, it can be seen that the use of pesticides inhibits the microbial community and earthworms. Our data analysis showed connections between different parameters. It can be concluded that microbial- and earthworm community indicators are strongly connected to the use of pesticides. There are also some exceptions – pesticide Stomp® 330 EC, which was herbicide that also resulted the higher growth number both on earthworms and microbial community.

To prove the inhibitory effects of pesticides to soil life further and also longer studies are required.

## Tänuõnad

Töö autor tänab juhendajat MSc Jane Peda, TTÜ Tartu Kolledži labori kollektiivi ja kõiki, kes aitasid kaasa antud töö valmimisele, olgu selleks kompostitava materjali hankimine või vanade ajalehtede laenamine, iga väiksemgi tegu on olnud suureks abiks. Tänan abikaasat ja last ning kõiki teisi, kes on jaganud innustust.

## Kasutatud kirjandus

1. Dominguez, J. Edwards, C. A. 2011 Relationships between Composting and Vermicomposting Chapter 2 Taylor & Francis Group, LLC lk 13-24
2. Edwards, S., Araya, H. How to make and use compost <http://www.fao.org/docrep/014/i2230e/i2230e14.pdf> (16.05.2016)
3. Christian, A. H., Evanylo, G. K., Pease, J. W. On-Farm Composting: A Guide to Principles, Planning & Operations [https://pubs.ext.vt.edu/452/452-232/452-232\\_pdf.pdf](https://pubs.ext.vt.edu/452/452-232/452-232_pdf.pdf) (16.05.2016)
4. Dominguez, J. 2004. State- of- the- Art and New Perspectives on Vermicomposting Research. CRC Press. USA lk 402-411
5. Appelhof ,M. 1997 Worms eat my garbage Flower Press Kalamazoo Michigan, lk 39
6. Sherman, R. 2003 Raising Earthworms Successfully North Carolina Cooperative Extension Service Publication Number: EBAE 103-83 lk 7
7. Sherman, R. Worms Can Recycle Your Garbage [https://www.bae.ncsu.edu/topic/vermicomposting/pubs/ag473-18\\_wormsrecycle-revised-2012.pdf](https://www.bae.ncsu.edu/topic/vermicomposting/pubs/ag473-18_wormsrecycle-revised-2012.pdf) (16.05.2016)
8. Pacyna, S. Introduced Species Summary Project [http://www.columbia.edu/itc/cerc/danoff-burg/invasion\\_bio/inv\\_spp\\_summ/Lumbricus\\_rubellus.html](http://www.columbia.edu/itc/cerc/danoff-burg/invasion_bio/inv_spp_summ/Lumbricus_rubellus.html) (16.05.2016)
9. Earthworm Society of Britain <http://www.earthwormsoc.org.uk/earthworm-information/earthworm-information-page-2> (16.05.2016)
10. Ivask, M., Koorberg, P., Kuu, A., Truu, J. 2006. Vihmaussikoosluste parameetrite kasutamise indikaatoritena põllumajandusliku keskkonnatoetuse hindamisel. Kaasaegse ökoloogia probleemid: loodushoiu majandushoovad: Eesti X Ökoloogiakonverentsi lühiartiklid. Kirjastus Teadusühing IM SAARE. Tartu 51-56 lk.
11. Ivask, M., Kuu, A., EMÜ. Eesti maaelu arengukava 2004-2006 PKT hindamine [http://pmk.agri.ee/pkt/files/f66/Vihmauss\\_luhiaru\\_2004.pdf](http://pmk.agri.ee/pkt/files/f66/Vihmauss_luhiaru_2004.pdf) (16.05.2016)
12. Ivask, M. Vihmaussid [http://biohuumus.ee/docs/Virtsu\\_ettekanne.pdf](http://biohuumus.ee/docs/Virtsu_ettekanne.pdf) (16.05.2016)
13. Olausson, I. 2005. Kompost Tänapäev. lk 16-19
14. Edwards, C.A., Subler, S., Arancon, N.Q. 2011 Quality Criteria for Vermicomposts by CRC Press LLC lk 290-297
15. Veterinaar- ja Toiduamet <http://www.vet.agri.ee/?op=body&id=819> (16.05.2016)

16. Liiv, K., Antso, K. Eesti keskkonnaseire 2009  
[http://www.keskkonnainfo.ee/publications/16325\\_Keskkonnaseire2009.pdf](http://www.keskkonnainfo.ee/publications/16325_Keskkonnaseire2009.pdf)  
 (16.05.2016)
17. Paoletti, M., G. 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. – Agriculture, Ecosystems and Environment 74, 137–155
18. Karise, R. Mesilaste tervis: kas tarru jõudvad pestitsiidijäägid võivad seda mõjutada?  
[http://2013-2016.mesindusprogramm.eu/sites/default/files/reet\\_karise\\_14-02-15\\_paide\\_mesilaste\\_tervis\\_pr-10-1.3-13.pdf](http://2013-2016.mesindusprogramm.eu/sites/default/files/reet_karise_14-02-15_paide_mesilaste_tervis_pr-10-1.3-13.pdf) (16.05.2016)
19. Padur, K. Järelevalve käigus taimekaitsevahendite jääkide sisalduse uurimiseks võetud proovid kaubeldavas, imporditavas ja kodumaises puu-, köögi- ja teraviljas, imiku- ja väikelapsetoidus ning muus toidus 2014. aastal  
[http://www.vet.agri.ee/static/files/1508.Taimekaitsevahendite%20jaagid%202014\\_VT+A+PMA%20aruanne\\_juuni%202015.pdf](http://www.vet.agri.ee/static/files/1508.Taimekaitsevahendite%20jaagid%202014_VT+A+PMA%20aruanne_juuni%202015.pdf) (16.05.2016)
20. Syngenta, Karate Zeon etikett  
[http://www3.syngenta.com/country/ee/et/tooted/INSEKTITSIIDID/Documents/Karate\\_Zeon\\_etikett.pdf](http://www3.syngenta.com/country/ee/et/tooted/INSEKTITSIIDID/Documents/Karate_Zeon_etikett.pdf) (16.05.2016)
21. BASF, Stomp etikett  
[http://www.agro.basf.ee/agroportal/ee/media/product\\_files\\_1/labels\\_2013/Stomp\\_330\\_EC.pdf](http://www.agro.basf.ee/agroportal/ee/media/product_files_1/labels_2013/Stomp_330_EC.pdf) (16.05.2016)
22. BASF, Fastac etikett  
[http://www.agro.basf.ee/agroportal/ee/media/product\\_files\\_1/labels\\_2015/BASF-Fastac-50-090415-LEV-2015.pdf](http://www.agro.basf.ee/agroportal/ee/media/product_files_1/labels_2015/BASF-Fastac-50-090415-LEV-2015.pdf) (16.05.2016)
23. Agrochema, Fastac etikett  
[http://www.agrochemaeesti.ee/UserFiles/ckfinder/files/Etikett%20-%20Fastac\\_50.pdf](http://www.agrochemaeesti.ee/UserFiles/ckfinder/files/Etikett%20-%20Fastac_50.pdf)  
 (16.05.2016)
24. Biolan [http://www.biolan.fi/estonia/default3.asp?active\\_page\\_id=939](http://www.biolan.fi/estonia/default3.asp?active_page_id=939) (16.05.2016)
25. Biolan [http://www.biolan.fi/estonia/default3.asp?active\\_page\\_id=1102](http://www.biolan.fi/estonia/default3.asp?active_page_id=1102) (16.05.2016)
26. Põllumajandusamet, Taimekaitsevahendid ja kasvuregulaatorid kasutamiseks Eesti Vabariigis 2016  
<http://www.pma.agri.ee/index.php?id=104&sub=132&sub2=242&sub3=728>  
 (16.05.2016)
27. Syngenta, Karate Zeon  
<http://www3.syngenta.com/country/ee/et/tooted/INSEKTITSIIDID/Pages/KarateZeon.aspx> (16.05.2016)

28. BASF, Stomp CS  
[http://www.agro.basf.ee/agroportal/ee/media/product\\_files\\_1/label\\_2016/BASF-Stomp\\_CS-010216-LEA-EE.pdf](http://www.agro.basf.ee/agroportal/ee/media/product_files_1/label_2016/BASF-Stomp_CS-010216-LEA-EE.pdf) (16.05.2016)
29. mag Liisi Viitkari kaitstud magistritöö teemal „Reoveesette komposteerimisprotsesside parandamise võimalikkus põlevkivituhha lisamisel“ 2011 TTÜ 48 lk
30. Öhlinger, R. 1996. Soil Respiration by titration: Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E., Margesin, R. (Eds.), *Methods in soil biology*. Springer-Verlag, Berlin. lk 94-97
31. Reuschenbach, P., Pagga, U., Strotmann, U. 2003. A critical comparison of respirometric biodegradation tests based on OECD 301 and related test methods. *Water Research*. lk 1571-1582
32. Kobeticova, K., Hofman, J., Holoubek, I. 2009. Ecotoxicity of wastes in avoidance tests with *Enchytraeus albius*, *Enchytraeus crypticus* and *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *Waste Management* 30 (2010) lk 558–564
33. Amorim, M., Novais, S., Römbke J., Soares A. 2007. *Enchytraeus albius* (Enchytraeidae): A test organism in a standardised avoidance test? Effects of different chemical substances. *Environment International* 34 (2008) lk 363–371
34. Nardi, J.B. 2007 *Life in the Soil*. by The University of Chicago Press. Ltd. London lk 74-79
35. Ansari, A. A., Ismail, S. A., *Earthworms and Vermiculture Biotechnology* (2012). *Earthworms and Vermiculture Biotechnology, Management of Organic Waste*, Dr. Sunil Kumar (Ed.), ISBN: 978-953-307-925-7, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/management-of-organic-waste/earthworms-and-vermiculture-biotechnology> (20.05.2016)
36. Yasmin, S; D'Souza, D. 2010. Effects of Pesticides on the Growth and Reproduction of Earthworm: A Review. *Applied and Environmental Soil Science*; Volume 2010, p. 9
37. Edwards C.A., Bohlen P. J. 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. Chapman & Hall. London. 426 p.
38. Noot, A. 2013. Taimekaitsevahendite säästva kasutamise tegevuskava aastateks 2013-2017  
[http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/sustainable\\_use\\_pesticides/docs/nap\\_estonia\\_et.pdf](http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/sustainable_use_pesticides/docs/nap_estonia_et.pdf) (21.05.2016)



Joonis 19. Katsetopsid, niiskust säilitavad ajalehed



Tabel 4. Valgeliimuklaste ja vihmaussi kookonite keskmised arvud

| Ainega | Topsi tunnus  | Valgeliimuklasi<br>topsi kohta | Kookoneid<br>topsi kohta |
|--------|---------------|--------------------------------|--------------------------|
| Karate | A1            | 2                              | 4,78                     |
|        | A2            | 1                              | 3,11                     |
|        | A3            | 0,89                           | 4,33                     |
|        | A keskmine    | 1,30                           | 4,07                     |
| Stomp  | B1            | 10,11                          | 5,56                     |
|        | B2            | 14,33                          | 3,56                     |
|        | B3            | 10,67                          | 1,44                     |
|        | B keskmine    | 11,70                          | 3,52                     |
| Fastac | C1            | 13,44                          | 1,56                     |
|        | C2            | 14,22                          | 1,56                     |
|        | C3            | 9,33                           | 1,44                     |
|        | C keskmine    | 12,33                          | 1,52                     |
| Puudub | pestitsiidita | 13,33                          | 1,44                     |