

Tartu Ülikool
Loodus- ja tehnoloogiateaduskond
Ökoloogia ja Maateaduste instituut
Geograafia osakond

Bakalaureusetöö loodusgeograafias

Dilämmastikoksiidi emissioon põldudel OÜ Weissi näitel

Marianne Metsaoru

Juhendaja: PhD Arno Kanal

Kaitsmisele lubatud:

Juhendaja:

Osakonna juhataja:

Tartu 2013

Sisukord

1. Sissejuhatus	4
2. Teoreetiline ülevaade	5
2.1. Dilämmastikoksiid ja põllumajandusest tingitud N ₂ O emissioon	5
2.2. Protsessid, mis põhjustavad dilämmastikoksiidi emissiooni atmosfääri	6
2.2.1. Denitrifikatsioon.....	6
2.2.2. Nitrifikatsioon	7
2.3. Dilämmastikoksiidi emissiooni mõjutavad faktorid.....	8
2.3.1 Mulla hapniku sisaldus.....	9
2.3.2. Mulla veesisaldus	9
2.3.3. Mulla tüüp ja lõimis.....	10
2.3.4. pH.....	10
2.3.5. Orgaaniline aine.....	10
2.3.6. Taimkate	11
2.3.7. Temperatuur	12
2.3.8. Hooajaline sõltuvus	12
2.4. Mineraalväetised ja nende mõju N ₂ O emissioonile.....	12
3. Materjal ja meetodika.....	14
3.1. Uurimisala iseloomustus	14
3.2. Andmete kogumine ja töötlemine	16
4. Tulemused	18
4.1. Uurimisala mullastik ning lõimised.....	18
4.2. Põldude agrorühmad ja kasutussobivus.....	19
4.3. Muldadest, mineraalväetistest ja lägast põhjustatud dilämmastikoksiidi emissioon uuritavatelt põldudelt.....	25
4.3.1. Muldadest tingitud N ₂ O emissioon uuritavatelt põldudelt	25
4.3.2. Mineraalväetistest tingitud N ₂ O emissioon uuritavatelt põldudelt.....	28
4.3.3. Veiselägast tingitud N ₂ O emissioon uuritavatelt põldudelt.....	29
4.3.4. Muldadest, mineraalväetistest ja veiselägast tingitud N ₂ O emissioon uuritavatelt põldudelt	29
4.3.5. Muldade, mineraalväetiste ja veiseläga osakaal koguemissioonist	30
5. Arutelu.....	33

6. Kokkuvõte	39
7. Tänuavaldused.....	41
8. Nitrous oxide emission from fields baste on the example of OÜ Weiss	42
9. Kirjandus	45
LISA 1. Põldude ja neil esinevate muldade pindalad.....	51
LISA 2. Uuritaval alal esinenud lõimised ja nende pindalad	56
LISA 3. Aastatel 2004 kuni 2011 mineraalväetistega põldudele kantud lämmastiku kogused (kg/ha) 59	
LISA 4. Aastatel 2004 kuni 2011 lägaga põldudele kantud lämmastiku kogused (kg/ha).....	60

1. Sissejuhatus

Põllumajandus on üks kasvuhoonegaase põhjustav tegevusvaldkond. Peamised põllumajandusest tingitud kasvuhoonegaasid on metaan ja diämmastikoksiid ning nende emissiooni põhjusteks on taime-ja loomakasvatus. Suuremat rõhku on pandud loomakasvatusest tingitud kasvuhoonegaaside uurimisele, kuid taimekasvatusele just põldude ja nende kasutamise osas, on pööratud väiksemat tähelepanu. Koostatud bakalaureusetöös käsitletaksegi peamise uurimisvaldkonnana taimekasvatusega kaasneva muldade endi poolt toodetud ning mineraalväetistest ja veiselägapast tingitud diämmastikoksiidi emissiooni Pärnumaal OÜ Weissi poolt kasutatavatelt põldudelt aastatel 2004 kuni 2011. Lisaks selgitatakse välja uuritavate põldude mullad ja lõimised ning määratakse põldude vastavad agrorühmad, läbi mille saab kindlaks teha sobivad kultuurid antud põldudel kasvatamiseks. Antud bakalaureusetöö koosneb valdkonna teoreetilisest ülevaatest, metoodika kirjeldusest, tulemusi kajastavast peatükist ning sellele järgnevast arutelu peatükist. Töö lõpus on kajastatud olulisemate tulemuste kokkuvõte ning inglisekeelne töö eesmärki, metoodikat ja tulemusi kirjeldav kokkuvõte.

2. Teoreetiline ülevaade

2.1. Dilämmastikoksiid ja põllumajandusest tingitud N_2O emissioon

Dilämmastikoksiid ehk naerugaas on oma omadustelt värvitu, lõhnatu ja mittesüttiv gaas (keemilise valemiga N_2O), mille eluiga atmosfääris on umbes 114 aastat. Praegune atmosfääri dilämmastikoksiidi kontsentratsioon on 310 ppbv (miljondikku) ja see kasvab 0,2-0,3 protsenti aastas (Sovik, Klove 2007, cit. Sangeetha et al. 2009). Dilämmastikoksiid on kasvuhoonegaas, mis vähendab atmosfääri läbilaskvust, neelates maapinnalt tulevat soojuskiirgust. N_2O põhjustab praegusel ajal 5% antropogeenset kasvuhooneefektist. Samuti on dilämmastikoksiid seotud stratosfääris oleva osooni hävimisega, jätkuval dilämmastikoksiidi kontsentratsiooni kasvul võib olla ulatulik mõju osoonikihi (Granli, Bøckman 1994). Dilämmastikoksiidi heitkogused atmosfääri on küll väiksemad kui süsihappegaasil, kuid mõju kasvuhooneefektile võrreldes süsihappegaasiga on 310 korda suurem (IPPC 2007).

Dilämmastikoksiidi sisaldus atmosfääris hakkas suurenema käesoleval sajandil, eriti alates Teisest Maailmasõjast (Khalil, Rasmussen 1992b, cit. Granli, Bøckman 1994). Dilämmastikoksiidi kontsentratsioon atmosfääris on tõusnud alates eeltööstuslikest aegadest, mil ta oli 270 ppb kuni aastani 2005. Kasvu määr on püsinud peaaegu sama alates 1980. aastast (IPPC 2007). Isegi kui ei toimu edasist emissioonimäärade kasvu, on ennustatud dilämmastikoksiidi kontsentratsiooni suurenemist atmosfääris 340 ppbv-i aastaks 2040 (Granli, Bøckman 1994).

Dilämmastikoksiidi emissioon atmosfääri on tingitud nii looduslikest- kui ka inimtekkelistest allikatest. Looduslikud allikad on põllumaad, metsaalad, märgalad jm. Inimtekkelised allikad on mineraalväetiste kasutamine, loomade sõnnik, eutrofeerumine, põlemine, liiklus jm (Robertson 1991). Emissioon muldadest on suurim dilämmastikoksiidi allikas, moodustades 65% kogu dilämmastikoksiidi globaalsest emissioonist (Prather et al. 1995, cit. Peng et al. 2011). Inimtekkelistest allikatest, mille osakaal dilämmastikoksiidi tekitamises on kolmandik, on suurim N_2O emissiooni põhjustaja põllumajandus (IPPC 2007). Peamine N_2O emissiooni allikas põllumajanduses on mineraalväetiste kasutamine (72%), järgnevad taimede jäänustest tingitud emissioon (11%) ja sõnniku kasutamine (3%) (Bhatia et al. 2004, cit. Sangeetha et al. 2009). Kanadas tehtud uuringu põhjal oli samuti suurim dilämmastikoksiidi emissiooni põhjustaja mineraalväetised, teisel kohal oli taimejäänustest tingitud emissioon ja kolmandal

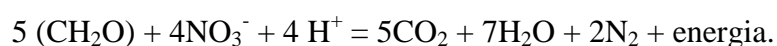
loomade sõnnik (Hutchinson et al. 2007). Euroopa riikide emissioonide uuringus toodi esile, et mida rohkem on põllumaad, seda suurem on põllumajanduslik aktiivsus ja-, seda suurem on emissioonid. Prantsusmaa, Saksamaa ja Suurbritannia, kellel on kõige rohkem põllumaid, annavad enam kui poole Euroopa muldade diämmastikoksiidi emissioonist. Holland, kelle maakasutuse intensiivsus on väga suur, ületas Euroopa keskmist emissioonitaset rohkem kui kaks korda (Freibauer 2003). Eestis oli 2010. aastal põllumajandusest tekkinud diämmastikoksiidi emissioon 847,99 kilotonni (antud arvu puhul on arvestatud N₂O 310 korda suuremat mõju kasvuhoonefektile võrreldes süsihappegaasiga). Suurima panuse diämmastikoksiidi emissiooni andsid sünteetilised väetised (12% kasvuhoonegaaside koguemissioonist ja 18,5 % N₂O emissioonist 2010. aastal) ja lämmastiku leostumisest tingitud kaudsed emissioonid (14,7 % kasvuhoonegaaside koguemissioonist ja 23,3 % N₂O emissioonist 2010. aastal) (Tartu Ülikool jt 2012).

2.2. Protsessid, mis põhjustavad diämmastikoksiidi emissiooni atmosfääri

N₂O eraldumine muldadest toimub nitrifikatsiooni või denitrifikatsiooni tõttu. Üldiselt usutakse denitrifikatsioonil olevat peamine tähtsus. N₂O on denitrifikatsiooni vahesaadus ja rohkem kui 5% denitrifikatsiooni gaasilisest lõppproduktist (Hefting et al. 2003). Mulla inkubatsiooni uuringud on näidanud, et ka nitrifikatsioon võib olla valitsev protsess N₂O tootmises aeroobsetes muldades (Stevens et al. 1997, cit. Hefting et al. 2003).

2.2.1. Denitrifikatsioon

Denitrifikatsioon on anaeroobne protsess, mille abil nitraatlämmastik läheb üle molekulaarseks lämmastikuks või happelistes muldades lämmastikoksiidideks, mis lendudes põhjustavad mullast suuri lämmastikukadusid. Denitrifikatsiooni peamisteks läbiviijateks on *Bacterium- denitrificans*, *Bacterium- fluorescens*, *Bacterium- pyocyaneum*. (Kärblane 1996). Denitrifikatsioon kulgeb kahes variandis: heterotroofne denitrifikatsioon ja autotroofne denitrifikatsioon. Esimese variandi puhul denitrifitseerivad bakterid kasutavad nitraatlämmastikku, et saada energiat orgaanilisest aineest, kuna madal hapnikusisaldus piirab nende metabolismi:



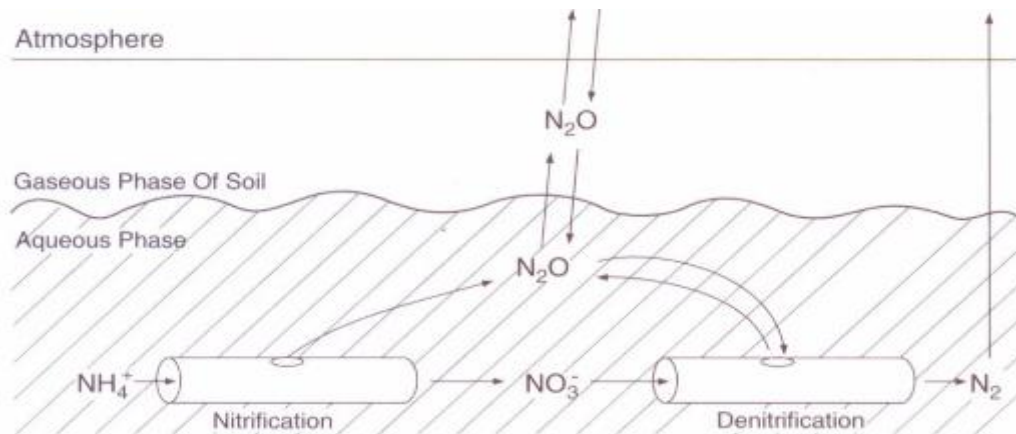
Seega heterotroofse denitrifikatsiooni toimumiseks on vaja anaeroobseid tingimusi ning orgaanilise aine olemasolu. Teise variandi puhul denitrifitseerivad bakterid saavad energiat kasutades nitraatlämmastikku anorgaaniliste ainete (näiteks Fe) oksüdatsiooniks. Kuid üldiselt

on heterotroofne denitrifikatsioon tähtsam dilämmastikoksiidi allikas ning toimub astmeliselt, vastavalt: $\text{NO}_3^- > \text{NO}_2^- > \text{NO} > \text{N}_2\text{O} > \text{N}_2$.

Enamus mulla baktereid on võimelised denitrifitseerima, kuid mõned bakterid on võimelised tootma ainult N_2 -te, mõned nii N_2 -te kui ka N_2O -d ning mõned ainult N_2O -d (Kaplan, Wofsey 1985; Stouthamer 1988; Robertson, Kuenen 1991). N_2O on soositud reaktsiooniprodukt kui tingimused denitrifikatsiooni toimumiseks muutuvad kriitiliseks, aga see ei tähenda ilmingimata, et ka emissioonid on sellistel tingimustel alati suurimad, sest N_2O on vaheprodukt, mille lõplikud produktsioonikogused võivad kujuneda väikesteks (Granli, Bøckman 1994).

2.2.2. Nitrifikatsioon

Nitrifikatsioon toimub aeroobsetes tingimustes ning antud protsessi viivad mullas läbi nii auto- kui ka heterotroofid. Autotroofsed nitrifitseerijad kasutavad süsinikdioksiidi süsiniku allikana ja hangivad oma energia läbi ammooniumi oksüdatsiooni. Ammoonium pärineb mulla mineralisatsioonist, mida on viinud läbi teised organismid või on tingitud väetistest. Nitrifikatsioon toimub kahes etapis. Esimeses etapis ammoonium oksüdeeritakse lämmastikushappeks: $\text{NH}_4^+ + 1\frac{1}{2}\text{O}_2 > \text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{energia}$. Baktereid, kes muudavad ammooniumi lämmastikushappeks, kutsutakse ammooniumi oksüdeerijateks ning enim tuntud liik on Nitrosomonas. Teises etapis lämmastikushape oksüdeeritakse edasi lämmastikhappeks: $\text{NO}_2^- + \frac{1}{2}\text{O}_2 > \text{NO}_3^- + \text{energia}$. Seda protsessi läbiviivatest liikidest on tuntuim *Nitrobacter* sp. (Granli, Bøckman 1994). Selle üle, kas nitrifikatsioon põhjustab N_2O emissiooni, on palju arutletud. Nitrifikatsiooni puhul on siiski kahest protsessist tingitud N_2O (Groffman 1991). Esiteks ammooniumi oksüdeerijad saavad kasutada NO_2^- -te kui hapnikku on vähe ning toota dilämmastikoksiidi (Nõmmik 1956). Teiseks ammooniumi ja NO_2^- -e vahelüli või NO_2^- ise saab keemiliselt laguneda dilämmastikoksiidiks, eriti kui esinevad happelised tingimused (Groffman 1991).



Joonis 1. N_2O moodustumine mullas (Davidson 1991, cit. Granli, Bøckman 1994).

2.3. Dilämmastikoksiidi emissiooni mõjutavad faktorid

Dilämmastikoksiidi emissiooni mõjutavad füüsikalised, keemilised ja bioloogilised faktorid on:

- mulla hapniku sisaldus;
- mulla veesisaldus;
- mulla tüüp;
- mulla pH;
- orgaaniline materjal mullas;
- taimkate;
- temperatuur;
- aastaaeg.

Paljud dilämmastikoksiidi emissiooni mõjutavad faktorid nagu mulla tüüp, vihmase, temperatuur, on põllumeestest sõltumatud, kuid siiski saab põllumees kasvõi osaliselt mõjutada mulla eri omadusi läbi järgnevate tegevuste:

- mulla õhustatust s.t hapniku sisaldust saab mõjutada erinevate maaharimisviisidega;
- mulla veesisaldust saab kontrollida vastavalt kas niisutamisega või kuivendamisega;

- toitainete sisaldust mullas saab mõjutada mineraalväetiste ja sõnniku andmise ajaga, koguste ja tüübiga;
- mulla pH-d saab mõjutada lupjamisega;
- huumusesisaldust saab tõsta varustades mulda orgaanilise ainega;
- õige eelkultuuri valik parandab mulla omadusi järgmise kultuuri jaoks (Granli, Bøckman 1994).

2.3.1 Mulla hapniku sisaldus

Dilämmastikoksiidi emissioon mullast tõuseb kui hapnikusisaldus mullas on piiratud. N₂O emissioon mullast toimub seni kuni mulla õhusisaldus on viidud minimaalsele tasemele, sealt edasi saab denitrifikatsiooni peamiseks produktiks molekulaarne lämmastik. N₂O emissioon on tavaliselt suurim siis kui on esindatud nii aeroobne kui ka anaeroobne keskkond (Granli, Bøckman 1994). On leitud seos ka õhustatuse, pH ja N₂O emissiooni vahel. Mullas, mille pH oli 6-8 ja pooride õhustatus 12%, tõusis emissioon, aga kui õhustatus veelgi suurenes, hakkas N₂O emissioon kiiresti langema. Seega, mida rohkem on mullas hapnikku, seda väiksem on N₂O emissioon (Focht 1974).

2.3.2. Mulla veesisaldus

Väikese veesisalduse juures on N₂O emissioon madal, sest mikroobide aktiivsus on madal ja mulla hapnikuga varustus on küllaldane, seega toimub nitrifikatsioon, mille tulemusena tekib nitraatlämmastik ning denitrifikatsiooni ei toimu. Kui veesisaldus hakkab tõusma on nitrifikatsiooni peamine produkt N₂O. Kui veesisaldus veelgi tõuseb ja seega hapnikusisaldus väheneb, hakkab toimuma ka denitrifikatsioon, mille tagajärjel toimub samuti N₂O emissioon. Kui veesisaldus on väga kõrge, toimib denitrifikatsioon N₂ tootmise suunas ja N₂O emisioon hakkab vähenema. Seega kui veesisaldus on tasemel, kus saavad toimuda nii nitrifikatsioon kui ka denitrifikatsioon, on N₂O emisioon kõige kõrgem. See veesisalduse tase on tavaliselt 45- 75% veega täidetud pooriruumist (Granli, Bøckman 1994). N₂O emissiooni kogused ei ole püsiväärtuslikud ning sõltuvad mulda lisanduvast veest, mis omakorda sõltub ilmastikutingimustest ning inimtegevusest. Nii on leitud, et N₂O emissioon muldadest on kõrgeim vahetult peale muldade niisutust või vihmaadu (Conrad et al. 1983). Seega mulla niiskusesisalduse tõus on seotud N₂O tõusuga (Dobbie, Smith 2001). Samuti on täheldatud, et

N₂O emissioon on märjemal perioodil kõrgem võrreldes kuiva perioodiga (Davidson et al. 1993).

2.3.3. Mulla tüüp ja lõimis

Nitrifikatsioon on tavaliselt kõige kiirem kergetes muldades, denitrifikatsioon toimub eelistatult rasketes s.t savikates muldades. N₂O emissioon muldadest sõltub viimatinimetatud protsesside tasakaalust mullas, millises mullaprofiilis N₂O-d toodetakse ja kergusest vabastada seda atmosfääri. Üldiselt on N₂O emissioon suurem savimuldadest, võrreldes jämedateraliste liivmuldadega (Granli, Bøckman 1994).

Mullaagregaatide suurusel on suur mõju denitrifikatsioonile ja dilämmastikoksiidi emissioonile. Suurte mullaosakeste korral tekivad anaeroobsed tingimused palju kiiremini kui väikeste osakeste korral, aga nitraatlämmastiku ja laguneva orgaanilise materjali läbitungimine suurematesse osakestesse on aeglasem (Granli, Bøckman 1994). Seega denitrifikatsiooni on väikeste osakeste ($\varnothing < 0,25$ mm) korral 2 kuni 3 korda kõrgem kui suurte mullaosakeste korral (5-20 mm) (Seech, Beauchamp 1988).

2.3.4. pH

Denitrifikatsiooni protsess intensiivistub pH kasvuga, samal ajal N₂O emissioon väheneb. Hetkel ollakse seisukohal, et emissioon on kõige väiksem kui pH on 6 lähistel (Granli, Bøckman 1994). N₂O emissioon väheneb järsult kui pH suureneb läbi lupjamise 4-st kuni 6-ni (Weier, Gilliam 1986, cit. Granli, Bøckman 1994). Kui muld on õhuvaene, võib N₂O emissioon osutada kõrgeks, seda vaatamata mulla kõrgele pH-le (Bremner, Blackmer 1980).

2.3.5. Orgaaniline aine

Orgaanilised väetised sisaldavad nii orgaanilisi materjale kui ka kergesti mineraliseeruvat lämmastikku, see kombinatsioon edendab denitrifikatsiooni kui sõnnik on mulda viidud. (Comfort et al. 1990, cit. Granli, Bøckman 1994). Tänu sellele moodustub dilämmastikoksiid kui just orgaanilise materjali lagunemine ei loo piisavaid anaeroobseid tingimusi, mis põhjustavad N₂ tekke või kui temperatuur on nii madal, et ulatuslik naerugaasi tekkimine ei leia aset kuna taimed omandavad pinnases oleva lämmastiku. Sõnniku laotamisel mullale võib tekkida mullapinnale koorik, mis loob soodsad tingimused denitrifikatsiooni toimumiseks, kuid N₂O kadu on takistatud (Burford 1976, Granli, Bøckman 1994). Sõnniku ja mineraalväetiste kombinatsioon viib kõrgema N₂O emissiooni tekkeni, mineraalväetiste

kandmine juba sõnnikuga väetatud mullale annab suurema emissiooni kui mineraalväetiste kandmine rohumaale (Rolston 1977, cit. Granli, Bøckman 1994).

Läga puhul on samuti eri laotamisviiside puhul erinevad emissioonid. Läga mulda viimise puhul on N₂O emissioon suurem kui läga pinnale kandmisel, dilämmastikoksiidi kadu on nende laotamisviiside puhul vastavalt 1,1% ja 0,3% kogulämmastikust (Rodhe et al. 2006). See on tingitud sellest, et suur osa maapinnale laotatud lämmastikust eraldub ammoniaaklämmastikuna (NH₃), kuid koheselt mulda viiduna seotakse ammonium lämmastikuna (NH₄) (Kuldkepp 1994). Enamus dilämmastikoksiidist (90%) emiteeritakse atmosfääri 17 päeva jooksul peale läga kandmist põllule (Rodhe et al. 2006). Naerugaasi kaod sõnniku kasutamisel sõltuvad ka lõimisest, raskel liivsavil oli märkimisväärsem (1,96% → 6,16%) kui liival (0,05 → 0,10%) (Chadwick et al. 1999).

Võrdeline kogus lämmastikku, mis kantakse mineraalmulda läbi orgaaniliste väetiste, tekitab rohkem N₂O emissiooni kui sama kogus mineraallämmastikväetisena, kus kergesti omastatava orgaanilise süsiniku puudus piirab denitrifikatsiooni (Christensen 1983). Sõnniku lisamine mullale põhjustab suurema emissiooni kui reoveesete lisamine (Goodroad et al. 1984). Teatud koguses sõnnik on mullale vajalik, et takistada mulla produktiivsuse vähenemist, kuid kindlasti ei tohiks seda teha suurte annustena. Negatiivsena tuleb ära märkida, et vedelsõnniku kasutamine võimendab N₂O emissiooni ja kahjuks puudub käesoleval ajal hea kasutuspraktika, mis looks tasakaalu mullale vajaliku orgaanilise aine ja atmosfääri lenduva N₂O emissiooni vahel (Granli, Bøckman 1994).

2.3.6. Taimkate

Taimkattega ja taimkatteta või kesaga kaetud muldade dilämmastikoksiidi emissioonide puhul ollakse eri arvamustel. Üks seisukoht on, et taimkattega muldadelt on N₂O emissioon suurem kui ilma taimkatteta muldadelt (Cribbs, Mills 1979). Teiste uuringute kohaselt on aga kesaga kaetud mullalt N₂O emissioon suurem kui kultuurtaimedega kaetud mullalt (Duxbury et al. 1982). On leitud ka, et N₂O emissioon tõuseb märgatavalt peale rohutaimiku niitmist, seda esimeste tundide jooksul peale niitmist. Seda on seletatud sellega, et kergesti kättesaadav orgaaniline süsinik vabanes juurtest peale taimede niitmist, mida mikroobid saavad hakata energiliselt kasutama (Beck, Christensen 1987).

Kui võrrelda N₂O emissioone põllumaalt ja karjamaalt, siis mõnede uuringute kohaselt on leitud mõningaid erinevusi, kuid üldiselt ei ole mingisugust järjekindlat ja peamist suunda,

mis seda erinevust kinnitaks. Küll aga on võrreldud emissioone eri kultuuride kasvatamise puhul. Ühes katses kasvatati ühel aastal maisi ja teisel aastal otra ning täheldati, et maisi puhul on emissioon suurem ning samuti, et emissioon oli odra puhul suurim kevadel ja maisi puhul suvel (Mosier et al. 1986). Teises katses kasvatati esimesel ja kolmandal aastal otra ning teisel aastal söödapeeti. Tulemused näitasid samuti, et odra puhul olid emissioonid kõrgeimad just kevadel ja varasügisel, söödapeedi puhul suvel (Lind 1985). Samas on ka kultuuride võrdluse puhul üleskerkinud kahtlusi, kas emissioonide erinevused on ikka tingitud kultuuride erinevusest või mullasisestest põhjustest.

2.3.7. Temperatuur

Laboratoorsete uuringute põhjal nii denitrikatsiooni kui ka nitrifikatsiooni puhul N_2O emissiooni määr tõuseb temperatuurivahemikus 20-40° C (Granli, Bøckman 1994). Mitmete uuringute kohaselt saab päevaseid ja hooajalisi variatsioone N_2O emissioonis vähemalt osaliselt kinnitada temperatuurikõikumistega (Goodroad et al. 1984).

2.3.8. Hooajaline sõltuvus

16-60% aastasest N_2O emissioonist toimub kevadise sula jooksul (Lemke et al. 1998). Seda ei saa väga vahetult siduda temperatuuri ja veesisaldusega, sest nitrifitseeriva lämmastiku sisaldus mängib siin samuti olulist rolli. Kuid siiski üldine tendents on, et emissioon on suurim siis kui muld on soe ja märg (Cates, Keeney 1987) ning kui kasutatakse väetisi (Ryden 1981).

2.4. Mineraalväetised ja nende mõju N_2O emissioonile

Mineraalväetiste tootelemendid on kaevandatud mineraalide või füüsikalise ja/või keemilise tehnoloogia abil saadud anorgaaniliste ainete koostises. Mineraalväetised jaotatakse vastavalt taimetootelementide alusel lihtväetisteks ja kompleksväetisteks (sisaldavad vähemalt kahte põhitootelementi). Väetistega taimedele antud toitainetest suudavad taimed omastada vaid osa, ülejäänud toitained kas seotakse mulla poolt või lähevad kaduma- leostuvad või lenduvad. Üldiselt on väetiste omastatavus taimede poolt suhteliselt hea. Mineraalväetistega mulda viidud lämmastikust kasutatakse taimede poolt esimesel aastal ära 40- 50% (Piho 1981). Kuid kui on hea agrotehnika (näiteks paikse väetamise kasutamisel) ja soodsad ilmastikuolud, on ka ära kasutatava lämmastiku osakaal suurem (Põllumajandusministeerium 2007).

Kuigi mineraalväetiste kasutamine on põllumeestele majanduslikult kasulik, on siiski diämmastikoksiidi emissiooni peamine põhjustaja põllumajanduses mineraalväetiste kasutamine. N₂O emissioon muldadest läbi nitrifikatsiooni ja denitrifikatsiooni tõuseb mineraalväetistega väetatud aladelt (Sangeetha et al. 2009). N₂O emissioon sõltub oluliselt antud lämmastiku kogusest (Peng et al. 2011). On täheldatud, et kui mineraallämmastiku kogus ületas 80 kg N ha⁻¹, siis diämmastikoksiidi emissioon kasvas. Samuti on täheldatud, et kui mullale antav lämmastik ületas 100 kg N ha⁻¹, tõusis N₂O emissioon märkimisväärselt (Kachanoski et al. 2003, cit. Peng et al. 2011). Samuti sõltub emissioon antud väetise tüübist, ammooniumlämmastiku puhul on emissioon suurem kui nitraatlämmastiku puhul, kuid samas on täheldatud ka suuremat emissiooni nitraatlämmastiku puhul, kuid seda vaid lühikese aja jooksul kohe peale väetamist (Peng et al. 2011). See tuleneb sellest, et N₂O võib vaheproduktina tekkida nii nitrifitseerimise, kui ka denitrifitseerimise protsessis.

3. Materjal ja metoodika

3.1. Uurimisala iseloomustus

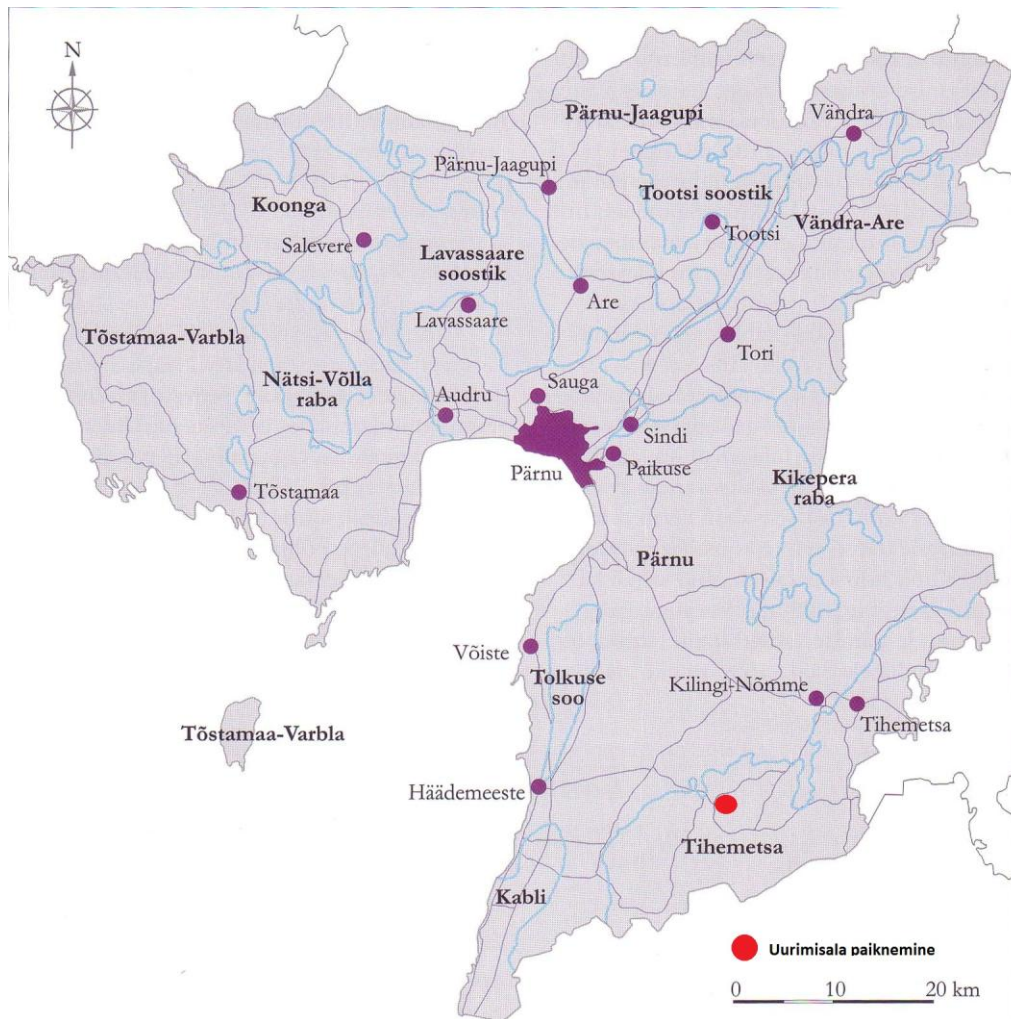
Uuritav ala jääb Põhja- Liivi madalikule, mis hõlmab suuri soo-ja metsaalasid ning mille vahel paiknevad haritud põllumaad koos hajali asetsevate küladega. Iseloomulikud on Lääne-Eesti tüüpi rabad ning laialehised ja segametsad. Märgalade ümbruses viljakamatel ja kõrgematel Sakala kõrgustiku servaaladel paiknevad põllumaad on sajandeid olnud maaviljeluskasutuses. Põhja- Liivi märgala suurte soode ja metsade vahele jäävatest küladest on üks suurimaid Tali küla (joonis 2), mida ümbritsevad antud lõputöös uuritavad põllumaad. Ajalooliselt on siinsed talud suhteliselt suuremad kui mujal maakonnas, kuna talude juurde kuulusid ka metsad. Tali külale on iseloomulik talude ühtlane aheljas rühmitumine vastavalt pinnamoele (Kaur jt. 2008).

Maastikulise liigestatuse alusel jääb uurimisala Metsapole madalikule. Siinsele alale on iseloomulikud lainjad moreenitasandikud, mis vahelduvad lõunasuunaliste madalate voorjate künniste, kõrgeima lagi on ligi 58 m üle merepinna ning jõgede madalate muldorgudega. Kõrvuti asetsevad lai lõunasuunalisi kulutusnõgusid hõlmavad sood. Suurem osa Metsapole madaliku pinnast on kaldu põhja suunas, välja arvatud lõunapoolsed sood. Metsapole madaliku maakattes on põllumajandusmaa osatähtsus ligi 24%, suuremad piirkonnad ongi Tali-Veelikse-Lanksaare ja Saarde piirkonnas (Arold, Oja 2008).

Pärnumaa muldkatte eri osade vanus ulatub rohkem kui kümnest tuhandest aastast kõrgendikel kuni mõnekümne aastani rannikul. Iseloomulikud on tasane pinnamood, maapinna väike absoluutkõrgus ja mulla lähtekivimi savine lõimis põhjustavad põhjavee kõrge taseme, mistõttu esinebki palju liigniiskeid muldi. Pärnumaa pinnamoes on suurima levikuga väikese absoluutse kõrgusega uhutud moreeni-, savised või liivased jääjärve, mereliiva- ja sootasandikud, mida on õigem nimetada madalikeks (Arold 2005).

Uuritaval alal esineb enamikus gleimuldi, järgnevad madalsoo-, raba- ja siirdesoomullad, näivleetunud mullad ning jõelammide mullad. Enimlevinud lõimiseklass on saviliiv, järgnevad liivsavi ning liiv (Penu, Rooma 2008). Pärnumaa haritava maa hindepunkt on 39, mis jääb alla Eesti keskmise, põhjuseks jällegi muldade liigniiskus (Kalda jt. 2007). Paas (1961) on uurinud küll Pärnumaa gleimuldi ja nende omadusi, kuid teisi Pärnumaa muldi nii põhjalikult uuritud ei ole. Mullastiku andmed põhinevad Eesti mullastiku (1:10 000) suuremõtkavaliselt kaardilt.

Uuritava piirkonna veebruari keskmine õhutemperatuur jääb vahemikku -5,6 kuni -6,0. Juuli keskmine õhutemperatuur jääb vahemikku 16,5 kuni 17 kraadi. Tali küla temperatuuri languse alla null kraadi päevaks on määratud 30. november, temperatuuri kestus alla 0 kraadi on 103 päeva; temperatuuri tõusu päevaks üle null kraadi on 12. märts ning maksimum temperatuur 34 kraadi. Kestus üle kümne kraadi on Tali külas 127 päeva ning temperatuuri 10 kraadi languse päevaks on 21. september. Pärnumaal paiknevad nii Eesti kõige kuivemad kui ka sademeterikkamad alad. Üldiselt sajab rannikul vähem kui sisemaal, uuritav ala asub sisemaal, kuid siiski üsna rannikupiirkonna läheduses. Jäärja vaatluspostil, mis asub uuritava piirkonna läheduses, on mõõdetud Eesti suurim keskmine sademehulk- 800 mm. Kõige sademetevaesem kuu on veebruar, sademeterikkamad on juuli ja august. Pärnu linnale iseloomulikud kliima tunnused nagu suhteliselt ühtlane õhutemperatuuri aastane ja ööpäevane käik, suhteliselt kõrge öine temperatuur, pikk soe sügis ja jahe kevad, muutuvad sisemaa suunas kiiresti kontinentaalsemaks. Uuritav piirkond jääb Sakala kõrgustiku ääreala agrokliimaatilisse mikrorajooni, millele on iseloomulikud suhteliselt kontinentaalne kliima, suur sademete hulk ja keskmisest paksem lumikate (Aasmäe jt. 2008).



Joonis 2. Uurimisala paiknemine Pärnumaa väikevaldkondade kaardil (Penu, Rooma 2008).

3.2. Andmete kogumine ja töötlemine

Mullatüüpide pindalade leidmiseks põllumassiividel on kasutatud Tartu Ülikooli Ökoloogia ja Maateaduste Instituudi (ÖMI) digitaalsete kaardi- ja kaugseireandmete andmebaasist pärinevate Maa-ameti 2011. aasta mullakaarte (Esri shapefile vormingus). Pindalade leidmiseks on Esri ArcGIS Desktop vahenditega mullakaarte lõigatud valitud põllumassiividega (saadud PRIA-st digitaalsel kujul MapInfo TAB vormingus) uuritavalt alalt. Selliselt toimides on eraldatud vaatlusaluste mullatüüpide ruumikujud. Kuna arvatud polügoonide näol on tegemist mitmeosaliste ruumikujudega, siis on edasise analüüsi tarvis need üksteisest eraldatud ning arvatud seejärel mullatüüpide kogupindalad massiivide lõikes.

Põldude nimed, neil kasvavad kultuurid ja rohumaataimed ning kasutatud väetiste ja laotatud läga kogused ning nendega kaasnevad lämmastiku hulgad põllule on kogutud ettevõttest OÜ

Weiss. Andmed pärinevad põlluraamatutest, mida ettevõtte on kohustatud pidama iga põllu kohta ning kuhu kantakse kasutatud väetiste liigid ja kogused. Lisaks mineraal ja orgaaniliste väetiste kogustele põlluraamatus on vaja ära märkida iga väetamisega antud lämmastiku kogus, mis antud uurimistöös ongi dilämmastikoksiidi emissiooni arvutamise aluseks. Uurimistöö koostaja eeldab, et ettevõtja kui põlluraamatu täitja on põlluraamatut täitnud igal väetise kasutuskorral ning esitatud andmed on õiged. Põlluraamatutest on kogutud andmed aastate 2004-2011 kohta 1118,5-lt hektarilt.

Emissioonimäärade arvutamisel on muldade tekitatud emissiooni kogused (kilogrammi hektarilt aastas) ning mineraalväetiste ja läga puhul lenduva N₂O osakaal (protsent) antud lämmastiku kogusest võetud teadusartiklitest. Muldade tekitatud emissiooni puhul on emissiooni määraks võetud vastavalt 3,4 kg/ha/a lammimuldade puhul (Conen, Smith 2000); 3,25 kg/ha/a leetjate ja leostunud muldade puhul (Wagner-Riddle, Thurtell 1998); 6,1 kg/ha/a küllastunud ja küllastumata gleimuldade puhul (MacKenzie et al. 1997); 0,34 kg/ha/a leetjate gleimuldade puhul (Simojoki, Jaakkola 2000); 5,3 kg/ha/a leedemuldade ja leetunud muldade puhul (Mogge et al. 1999); 1,5 kg/ha/a näivleetunud muldade puhul (Ruser et al. 2001) ning 10 kg/ha/a madalloomuldade puhul (Kasimir-Klemedtsson et al. 1997). Mineraalväetiste puhul on võetud arvesse, et 1,25 % (IPCC 1997) põllule antud lämmastikust läheb N₂O emissiooniks, läga puhul vastavalt 1,1% antud lämmastikust (Rodhe et al. 2006). Emissioonimäärade arvutamiseks ning andmete statistilise analüüsi jaoks on kasutatud programmi Microsoft Office Excel. Põldude puhul on muldade poolt tekitatud emissiooni arvutamiseks vaadeldud kõiki põllul olevaid mullatüüpe ning nende mullatüüpide pindalad on läbi korrutatud vastava mulla emissioonikoefitsendiga, mille abil on leitud emissioon pindalaühiku kohta. Mineraalväetistest ja lägast tingitud emissioonid on arvutatud vastavalt eelpool nimetatud protsendi järgi põllule antavast lämmastikust.

Põldude agrorühmade ja neile vastavate sobivate kultuuride määramisel ning agrorühmade kirjeldamisel on võetud aluseks prof R. Kõlli (1994) õppevahendit. Agrorühmad on määratud põllul enamlevinud mullatüübi järgi ning määramisel on kasutatud mullatüüpi ning põllumullale iseloomulikku lõimist. Agrorühmad on ühelt poolt muldadele sobivate põllukultuuride määramiseks, kuid ka kasutusüksuse muldade üldistamise võtteks.

4. Tulemused

4.1. Uurimisala mullastik ning lõimised

Töö koostamiseks väljavalitud haritavaal maal esines (1118,5 hektarit) kõige enam leostunud ja leetjaid gleimuldi, mis moodustavad oma 635,9 hektariga üle poole uuritavast alast. Järgnevad leetjad mullad 13,4 protsendiga- 149,6 hektarit. Üle kaheksa protsendi esineb veel leetunud muldi ja madalloomuldi. Alla 8% esineb näivleetunud, leede-, küllastunud ja küllastumata glei- ja lammimuldi. Kõige vähem esineb leedemuldi, mida on 0,1 hektarit (tabel 1).

Tabel 1. Uurimisala mullad, nende pindalad hektarites ja osakaal kogupinnast

Mullarühm	Ha	Osakaal kogupinnast (%)
Leostunud ja leetjad gleimullad	635,9	56,9
Leetjad mullad	149,6	13,4
Madalloomullad	95,1	8,5
Leetunud mullad	94,2	8,4
Näivleetunud ehk kahkjad mullad	80,3	7,2
Küllastunud ja küllastumata gleimullad	62,0	5,6
Lammimullad	1,3	0,1
Leedemullad	0,1	0,1
Kokku	1118,5	100

Uurimisalal esinevad kerged ja keskmised lõimised, vastavalt 341,9 hektarit ja 776,6 hektarit. Kergetest lõimistest esineb kõige enam saviliive 190 hektarit, järgnevad peenliivad 99,1 hektariga ja liivad 52,8 hektariga. Keskmistest lõimistest on enim kiviseid liivsave 636,5 hektarit, mis hektarite poolest ületavad poole lõimiste kogupinnast ning millele järgnevad liivsavid 45 hektariga. Turbaid on 95,1 hektarit (tabel 2). Seega võib nentida, et lõimise alusel muldade veekinnipidamisvõime ei toeta kasvuperioodi aegset kasvuhoonegaaside teket, sest raskeid lõimiseid ja turbaid on vähe kasutusel.

Tabel 2. Uuritavas piirkonnas esinevad lõimised, nende hektarid ja osakaal kogupinnast

Lõimis	Hektarid	Osakaal kogupinnast (%)
Liivad	52,8	4,7
Saviliivad	190	17,0
Peenliivad	99,1	8,9
Kivised liivsavid	636,5	56,9
Liivsavid	45,0	4,0
Turvas	95,1	8,5
Kokku	1118,5	100

4.2. Põldude agrorühmad ja kasutussobivus

Antud lõputöös vaadeldakse lisaks dilämmastikoksiidi emissioonile ka muldade kasutussobivust kultuurtaimede kasvatamiseks ning millistesse agrorühmadesse antud mullarühmad kuuluvad, kuna muldade agrorühmadesse jaotamine lihtsustab põllumajanduses tehtavaid valikuid ning otsuseid.

Muldade rühmitamist nimetatakse agronoomiliseks rühmitamiseks ning saadud rühmi agrorühmadeks. Mullad jaotatakse agrorühmadesse kuivendusvajaduse, looduslike rohumaade ülesharimiseks sobivuse, eri kultuuride kasvatamise võimaluste ning haritava maa otstarbekaima perspektiivse kasutuse järgi (Valler 1978). Agrorühmad on omakorda jaotatud kolme rühma: 1) head põllutööbilised haritavad maad, neil on võimalik kasvatada kõiki peamisi põllukultuure, nad on keskmise lõimisega ning parasniisked või hästi kuivendatud mullad; 2) keskmised põllutööbilised haritavad mullad, millede puhul on kultuuride kasutamise diapasoon kitsam ja produktiivsus väiksem, lõimiselt on kas kergemad või raskemad parasniisked, kuivendatud või kuivendamata niisked ja märjad mullad; 3) rohumaatööbilised haritavad mullad, kus kasvatatakse heintaimi. Siia kuuluvad mullad, millel on teatud puudused nagu erodeeritus, suur koreselisus, reguleerimata veerežiim, turbakihi olemasolu (Rooma jt. 2007).

Muldade kasutussobivuse määravad mulla omaduste vastavus kultuuride bioloogilistele nõuetele, muldade harimiskindlus ning muldade haritavus (Rooma jt. 2007). Teraviljakasvatuse seisukohalt peetakse Eestis headeks muldadeks leostunud, leetjaid, leetunud ja keskmise sügavusega rähkseid parasniiskeid muldi ning korralikult kuivendatud gleistunud ja gleimuldi. Heintaimedele sobivad hästi dreanaažiga kuivendatud turvas- ja mineraalmullad ning parasniisked keskmise lõimisegamullad. Antud töös uuritud ala kuulub

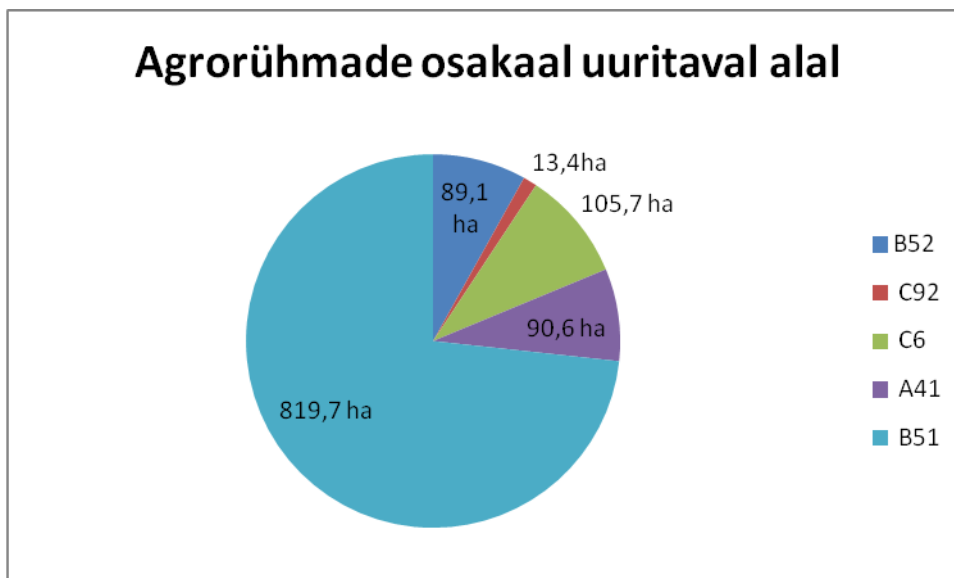
teraviljade ja kõrreliste heintaimede kasvatamiseks sobivuse järgi I klassi, mis tähendab, et teraviljadele ja kõrreliste pealisheinetele hästisobivaid muldi on üle 60% (Valler 1978).

Uuritud piirkonnas esines häid põllutüübilisi haritavaid maid kui ka keskmisi põllutüübilisi haritavaid maid ning ka rohumaatüübilisi haritavaid maid. Kokku esines uuritaval alal viis agrorühma, milleks olid A41, B51, B52, C6 ja C92 (tabel 3).

Tabel 3. Uuritaval alal esinenud agrorühmad ja nende kirjeldused

Agrorühm	Kirjeldus
A41	Kuivendatud keskmise raskusega gleistunud kamarmullad
B51	Kuivendamata gleistunud keskmise raskusega ja rasked kamarmullad, rahuldavalt kuivendatud keskmise raskusega ja rasked kamargleimullad
B52	Kuivendamata gleistunud kahkjad mullad, rahuldavalt kuivendatud kahkjad gleimullad
C6	Hästi kuivendatud turvastunud ja hästi lagununud turvasmullad
C92	Halvasti kuivendatud ja kuivendamata kerged gleimullad

Enimesinenud agrorühmaks uuritaval alal oli B51 ehk kuivendamata keskmise raskusega ja rasked kamarmullad, rahuldavalt kuivendatud keskmise raskusega ja rasked kamargleimullad, antud agrorühma esines uuritaval alal 819,7 hektarit. 105,7 hektarit esines agrorühma C6 ehk hästi kuivendatud turvastunud ja hästi lagununud turvasmullad. Hektarite poolest suhteliselt võrdselt esines agrorühma A41 ehk kuivendatud keskmise raskusega gleistunud kamarmullad- 90,6 hektarit ning agrorühma B52 ehk kuivendamata gleistunud kahkjad mullad, rahuldavalt kuivendatud kahjad gleimullad- 89,1 hektarit. Kõige vähem esines agrorühma C92 ehk halvasti kuivendatud ja kuivendamata kerged gleimullad, mida esines 13,4 hektarit (tabel 3) (joonis 3).



Joonis 3. Uurimisalal esinenud agrorühmade osakaal kogupinnast.

Ettevõtte on kasvatanud aastatel 2004 kuni 2011 oma põldudel teraviljadest nisu, otra, kaera, õlikultuuridest rapsi ning lisaks veel liblikõieliste-kõrreliste segu ja heina (tabel 4). Kaheksa aasta peale kokku hekrarite poolst kõige enam on ettevõtte kasvatanud liblikõieliste-kõrreliste segu 2034,5-l hektaril, neile järgneb nisu 2034,5 hektariga. Kaheksa aasta peale kokku on otra kasvatatud 1737,9-l hektaril, heina 1515,9-l hektaril ning rapsi 1250,1-l hektaril. Kõige vähem on kasvatatud kaera- 96,6-l hektaril, kaera on kasvatatud ainult 2006-ndal aastal. Nisu ei ole kasvatatud ainult 2004-ndal aastal, kõiki teisi eelloetletud kultuure ja rohhtaimi on kasvatatud kõigil kaheksal aastal (tabel 5).

Tabel 4. Maakasutuse struktuur aastatel 2004 kuni 2011

Põllu nimi	Ha	Põldudel kasvanud taimed							
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Kahe metsa vahe	26,2	libl.kõr	libl.kõr	libl.kõr	nisu	raps	oder	nisu	oder
Pihke	52,0	oder	libl.kõr	libl.kõr	nisu	raps	oder	nisu	oder
Riitsaare	76,3	libl.kõr	libl.kõr	nisu	raps	nisu	nisu	oder	libl.kõr
Pärnasaadu	41,1	oder	raps	nisu	nisu	oder	libl.kõr	libl.kõr	libl.kõr
Pärnasaadu väike	13,9	libl.kõr	raps	nisu	nisu	oder	libl.kõr	libl.kõr	libl.kõr
Koolimaja väike	20,9	oder	libl.kõr	libl.kõr	nisu	raps	oder	nisu	oder
Arsi vastas	17,6	oder	nisu	raps	nisu	oder	oder	libl.kõr	libl.kõr
Meiekalda	13,6	oder	nisu	raps	nisu	oder	oder	libl.kõr	libl.kõr
Kõmu taga	21,9	hein	hein	hein	hein	hein	hein	oder	libl.kõr

Kõmu	11,2	raps	nisu	oder	libl.kõr	libl.kõr	raps	nisu	oder
Arsi kodus	8,8	oder	nisu	raps	nisu	oder	oder	libl.kõr	libl.kõr
Arsi taga	13,4	oder	nisu	raps	nisu	oder	oder	libl.kõr	libl.kõr
Metsa Tõrtsepa	7,6	oder	raps	nisu	oder	libl.kõr	libl.kõr	libl.kõr	libl.kõr
Lindovi	10,0	hein	hein	hein	raps	nisu	nisu	oder	libl.kõr
Koolimaja	7,7	oder	libl.kõr	libl.kõr	nisu	raps	oder	nisu	oder
Saare Einari	17,4	raps	nisu	oder	libl.kõr	libl.kõr	raps	nisu	nisu
Mastialune	14,7	hein	hein	hein	hein	nisu	nisu	raps	oder
Kuninga	9,6	libl.kõr	libl.kõr	nisu	raps	nisu	oder	oder	libl.kõr
Eede	2,6	hein	hein	hein	oder	libl.kõr	libl.kõr	libl.kõr	libl.kõr
Puht	3,7	hein	hein	hein	oder	libl.kõr	libl.kõr	libl.kõr	oder
Vasika laut	5,0	hein	hein	hein	hein	hein	hein	oder	libl.kõr
Puht kodus	8,2	hein	hein	hein	oder	libl.kõr	libl.kõr	libl.kõr	raps
Galeega	23,3	hein	hein	hein	raps	nisu	nisu	oder	libl.kõr
Tali alune	8,5	hein	hein	hein	raps	nisu	oder	oder	libl.kõr
Meerents Lehti	19,5	hein	hein	hein	raps	nisu	nisu	oder	libl.kõr
Tali tagune	16,1	hein	hein	hein	raps	nisu	oder	oder	libl.kõr
Lauda vastas	28,5	hein	hein	hein	hein	hein	hein	hein	hein
Puht Suur	42,1	hein	hein	hein	oder	libl.kõr	libl.kõr	libl.kõr	raps
Uudu koplid	24,1	hein	hein	hein	hein	hein	nisu	oder	libl.kõr
Marina Mihkliiga	62,1	libl.kõr	raps	nisu	oder	libl.kõr	libl.kõr	libl.kõr	oder
Reiu	19,3	hein	oder	libl.kõr	libl.kõr	libl.kõr	nisu	libl.kõr	libl.kõr
Kasemetsa	9,5	raps	oder	libl.kõr	libl.kõr	libl.kõr	tritikale	nisu	oder
Keskuse	114,6	raps	nisu	nisu	oder	libl.kõr	libl.kõr	libl.kõr	oder
Kuusiku	24,5	hein	hein	hein	hein	nisu	raps	nisu	oder
Püssimehe	11,6	hein	libl.kõr	libl.kõr	nisu	nisu	raps	nisu	oder
Kõpu koplid	48,3	hein	hein	hein	hein	nisu	raps	nisu	oder
Mas. Marina	109,0	libl.kõr	libl.kõr	raps	nisu	nisu	oder	raps	nisu
Esingu	28,6	raps	nisu	oder	libl.kõr	libl.kõr	oder	nisu	raps
Lollideküla	3,1	hein	hein	hein	hein	hein	oder	raps	nisu
Jurga	26,0	hein	hein	hein	hein	hein	hein	hein	hein
Savioja	52,5	raps	nisu	kaer	libl.kõr	oder	nisu	raps	oder
Tammemäe	14,8	raps	nisu	kaer	libl.kõr	oder	raps	nisu	oder

Viisireiu	29,3	raps	nisu	kaer	libl.kõr	oder	raps	nisu	libl.kõr
-----------	------	------	------	------	----------	------	------	------	----------

Tabel 5. Kasvatatud rohumaad ja põllukultuurid hektarites aastatel 2004 kuni 2011

Aasta	Kasvatatud kultuur (ha)					
	Nisu	Oder	Kaer	Raps	Lib.kõr	Hein
2004	-	182,6	-	277,8	297,1	360,9
2005	321,7	28,8	-	124,7	313,2	330,1
2006	325,2	57,1	96,6	162,4	147,2	330,1
2007	335,7	240,9	-	163,3	182,5	196,0
2008	371,4	205,0	-	106,7	326,7	108,5
2009	249,3	335,0	-	156,9	295,9	81,3
2010	301,7	214,3	-	179,4	368,6	54,5
2011	129,5	474,3	-	78,8	381,4	54,5
Kokku	2 034,5	1737,9	96,6	1250,1	2312,6	1 515,9

Nagu eespool kirjeldatud, esines enamikul põldudel agrorühm B51 ning antud agrorühma järgi sobivad nendele põldudele kasvatamiseks põldhein, kaer, rukis ja oder. Agrorühm B52 esines Koolimaja, Saare Einari, Mastialuse, Kuninga, Eede, Puhti, Vasika lauda ja Lauda vastas põllul ning nendele põldudele kasvatamiseks sobivaimad kultuurid on samuti põldhein, kaer, rukis ja oder. Agrorühm C6 esines Uudu kopli, Meiekalda, Kõmu taga, Kõmu, Arsi kodus ja Kahe metsa vahe põllul ning nendele põldudele sobivad kasvatamiseks ainult rohumaa taimed. Koolimaja väikse, Metsa Tõrtsepa ja Marina Mihkliga põldudel esines agrorühm A41 ja neile põldudele kasvatamiseks sobivaimad kultuurid on nisu, kaer, oder, rukis ja põldhein. Agrorühm C92 esines ainult põllul Arsi taga ning sellele põllule sobivamateks taimedeks on rohumaa taimed. Kokkuvõtvalt võib öelda, et enim sobivad uuritavasse piirkonda kasvatamiseks teraviljadest kaer, rukis ja oder ning lisaks veel rohumaa taimed (tabel 6).

Tabel 6. Põldudel esinenud agrorühmad ja vastavalt agrorühmale kasvatamiseks sobivad kultuurid

Põllu nimi	Ha	Agrorühm	Kasvatamiseks sobivaimad kultuurid
Kahe metsa vahe	26,2	C6	Rohumaa taimed
Pihke	52,0	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Riitsaare	76,3	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Pärnasaadu	41,1	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Pärnasaadu väike	13,9	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Koolimaja väike	20,9	A41	Nisu, kaer, oder, rukis, põldhein
Arsi vastas	17,6	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Meiekalda	13,6	C6	Rohumaa taimed
Kõmu taga	21,9	C6	Rohumaa taimed
Kõmu	11,2	C6	Rohumaa taimed
Arsi kodus	8,8	C6	Rohumaa taimed
Arsi taga	13,4	C92	Rohumaa taimed
Metsa Tõrtsepa	7,6	A41	Nisu, kaer, oder, rukis, põldhein
Lindovi	10,0	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Koolimaja	7,7	B52	Põldhein, kaer, rukis, oder
Saare Einari	17,4	B52	Põldhein, kaer, rukis, oder
Mastialune	14,7	B52	Põldhein, kaer, rukis, oder
Kuninga	9,6	B52	Põldhein, kaer, rukis, oder
Eede	2,6	B52	Põldhein, kaer, rukis, oder
Puht	3,7	B52	Põldhein, kaer, rukis, oder
Vasika laut	5,0	B52	Põldhein, kaer, rukis, oder
Puht kodus	8,2	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Galeega	23,3	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Tali alune	8,5	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Meerents Lehti	19,5	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Tali tagune	16,1	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Lauda vastas	28,5	B52	Põldhein, kaer, rukis, oder
Puht Suur	42,1	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Uudu koplid	24,1	C6	Rohumaa taimed
Marina Mihkliga	62,1	A41	Nisu, kaer, oder, rukis, põldhein
Reiu	19,3	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Kasemetsa	9,5	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Keskuse	114,6	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Kuusiku	24,5	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Püssimehe	11,6	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Kõpu koplid	48,3	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Mas. Marina	109,0	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Esingu	28,6	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Lollideküla	3,1	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Jurga	26,0	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder

Savioja	52,5	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Tammemäe	14,8	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder
Viisireiu	29,3	B51	Põldhein, kaer, rukis, oder

Vaadeldes põldude agrorühmadele vastavaid sobivaid kultuure (tabel 6) järeldub, et kaer, rukis, oder ja põldhein on kasvatamiseks sobilikud 999,4-l hektaril, nisu on sobilik kultuur kasvatamiseks 90,6-l hektaril. Rohumaa taimed on kasvatamiseks sobilikud 119,1-l hektaril. Vaadeldes aga ettevõtte poolt kasvatatud kultuure ja nende aluseid hektareid (tabel 4, 5), selgub, et kaheksa aasta keskmisena on igal aastal kasvatatud nisu 254,3-l hektaril, kuid nisu sobib kasvatamiseks ainult 90,6-l hektaril, seega jääb nisu kasvatamiseks sobilikku maad üle poole võrra puudu. Kaera ja odra kasvatamiseks on sobivaid muldi 999,4 hektarit, neid kasvatatakse kaheksa aasta keskmisena kokku igal aastal 229,3-l hektaril, seega on nende kasvatamiseks sobivat maad enam kui neli korda rohkem kui seda on viljeletud ning kaera kui mulla suhtes vähenõudlikut, kuid mitte niivõrd suure toiteväärtusega teravilja kasvatatud ainult 2006-ndal aastal. Kuigi rapsi on kasvatatud kaheksa aasta keskmisena igal aastal 156-l hektaril, selgub, et rapsi kasvatamiseks hästi sobivaid muldi antud piirkonnas ei esine. Liblikõieliste-kõrreliste segu (põldheina) kasvatamiseks on sobilik kogu uuritav ala. Heina kasvatamiseks sobilikku maad on 119,1 hektarit, kaheksa aasta keskmisena kasvatatakse heina aga 189,5-l hektaril, seega on heina kasvatamiseks sobilikku maad piisavalt. Kokkuvõtvalt võib öelda, et liblikõieliste-kõrreliste segu, odra, kaera ja heina kasvatamine antud piirkonnas on õigustatud, seevastu nisu kasvatamine, aga veelgi enam rapsi kasvatamine- on juba küsitav.

4.3. Muldadest, mineraalväetistest ja lägast põhjustatud dilämmastikoksiidi emissioon uuritavatelt põldudelt

4.3.1. Muldadest tingitud N₂O emissioon uuritavatelt põldudelt

Kaheksa aasta peale kokku jäid muldadest tingitud emissiooni puhul põldude keskmised N₂O kaod vahemikku 3,96 kuni 376,8 kg, N₂O kadu keskmisena oli suurem kui 100 kg kolmeteistkümmel põllul. Kõige suurem emiteerija oli Massi Marina põld, enimesinevateks muldadeks olid antud põllul leetunud glei- ja leetjad gleimullad, kaheksa aasta keskmine muldadest tingitud N₂O kadu oli 376,9 kg. Järgnesid Keskuse ja Riitsaare põld, vastavalt 361,9 ja 236,9 kg. Neile iseloomulikumateks muldadeks olid leetjad- ja leostunud gleimullad.

Ülejäänud põllud, keskmise kaoga üle 100 kg põllud olid Puht suur, Kahe metsa vahe, Pihke, Uudu koplid, Marina Mihkliga, Kõpu koplid, Kõmu taga, Jurga, Tammemäe ja Reiu. Eelloetletud põldudel domineerisid leetjad glei-, leostunud glei-, madal soo-, leetunud, näivleetunud ja leetjad mullad. Dilämmastikoksiidi kadu keskmisena üle 50 kg esines üheteistkümmel põllul, suuriim emiteerija neist oli Viisireiu, kaheksa aasta keskmisena oli antud põllul N₂O kadu 94,9. Järgnesid Kõmu, Pärnasaadu, Pärnasaadu väike, Meiekalda, Kõmu, Arsi taga, Saare Einari, Esingu, Lauda vastas ja Kuusiku. Eelloetletud põldudel esines enim leetjaid glei-, leetjaid, näivleetunud ja madal soomuldi. Muldadest tingitud emissiooni puhul alla poolte põldude N₂O keskmised kaod jäid alla 50 kg, selles vahemikus suurima N₂O kaoga põllud olid Arsi taga, Mastialune, Tammemäe, Galeega, Tali tagune, Arsi vastas ja Koolimaja väike, neil enimesinenud mullatüüpideks olid leetjad glei-, näivleetunud ja leetjad mullad. Kõige väiksema emissiooniga põld oli Eede, millele iseloomulikeks muldadeks olid leetjad glei- ja näivleetunud mullad. (tabel 7). Kaheksa aasta keskmist emissiooni 94,69 kg ületas 15 põldu (tabel 7 ja 8). Muldadest tingitud kaheksa aasta N₂O kaod kokku moodustasid 32 573,9 kilogrammi (tabel 7).

Tabel 7. Muldadest, mineraalväetistest ja veiselägapast tingitud N₂O-N kaod (kg) põldudelt 2004-2011. aastal

Põllu nimi	Ha	Kogused (kg)						8 a keskmine
		Mullad	Mineraalväetised		Läga		Kokku	
		N ₂ O kadu	Kokku N põllule	N ₂ O kadu	Kokku N põllule	N ₂ O kadu	Kõik kaod kokku	
Kahe metsa vahe	26,2	1362,4	9280,3	116,0	981,0	10,8	1489,2	186,2
Pihke	52,0	1231,2	22579,3	282,2	7611,0	83,7	1597,2	199,6
Riitsaare	76,3	1895,5	33695,1	421,2	2853,7	31,4	2348,1	293,5
Pärnasaadu	41,1	664,1	18152,1	226,9	6881,9	75,7	966,7	120,8
Pärnasaadu väike	13,9	622,2	4731,0	59,1	164,2	1,8	683,1	85,4
Koolimaja väike	20,9	396,3	11702,8	146,3	4201,2	46,2	588,8	73,6
Arsi vastas	17,6	460,3	8318,9	104,0	3929,8	43,2	607,5	75,9
Meiekalda	13,5	773,4	6402,9	80,0	-	-	853,4	106,7
Kõmu taga	21,9	1743,9	9481,5	118,5	-	-	1862,4	232,8

Kõmu	11,2	673,0	4506,4	56,3	3526,5	38,8	768,2	96,0
Arsi kodus	8,8	186,8	4162,8	52,0	-	-	238,9	29,9
Arsi taga	13,4	408,2	6341,9	79,3	1838,4	20,2	507,7	63,5
Metsa Tõrtsepa	7,6	109,5	3070,2	38,4	-	-	147,8	18,5
Lindovi	10,0	211,6	1881,1	23,5	1395,6	15,4	250,5	31,3
Koolimaja	7,7	132,1	4301,6	53,8	1544,2	17,0	202,8	25,4
Saare Einari	17,3	434,2	8161,0	102,0	7829,5	86,1	622,3	77,8
Mastialune	14,7	373,4	7364,7	92,1	67,7	0,7	466,2	58,3
Kuninga	9,6	129,8	3905,0	48,8	2300,7	25,3	203,9	25,5
Eede	2,6	31,7	294,3	3,7	-	-	35,4	4,4
Puht	3,7	83,0	1411,4	17,6	217,0	2,4	103,0	12,9
Vasika laut	5,0	44,9	2642,8	33,0	23,1	0,3	78,2	9,8
Puht kodus	8,2	187,2	3190,1	39,9	587,5	6,5	233,6	29,2
Galeega	23,3	377,7	4983,4	62,3	4422,0	48,6	488,7	61,1
Tali alune	8,5	167,0	973,4	12,2	-	-	179,2	22,4
Meerents Lehti	19,5	196,8	4169,8	52,1	3477,3	38,3	287,2	35,9
Tali tagune	16,1	384,8	3446,1	43,1	2759,7	30,4	458,2	57,3
Lauda vastas	28,5	613,9	13290,2	166,1	131,0	1,4	781,5	97,7
Puht Suur	42,1	1875,8	18136,3	226,7	3162,2	34,8	2137,3	267,2
Uudu koplid	24,1	1537,9	11234,3	140,4	813,9	9,0	1687,3	210,9
Marina Mihkliga	62,1	1365,3	25973,0	324,7	18032,6	198,4	1888,4	236,0
Reiu	19,3	944,2	4131,4	51,6	1019,4	11,2	1007,1	125,9
Kasemetsa	9,5	246,6	3267,1	40,8	654,4	7,2	294,6	36,8
Keskuse	114,6	2895,4	52058,5	650,7	23775,9	261,5	3807,7	476,0

Kuusiku	24,5	538,2	12264,9	153,3	2966,8	32,6	724,2	90,5
Püssimehe	11,6	126,0	5805,2	72,6	-	-	198,6	24,8
Kõpu koplid	48,3	1522,4	22988,0	287,4	19082,7	209,9	2019,6	252,5
Massi Marina	109,0	3014,7	58303,9	728,8	30649,6	337,1	4080,7	510,1
Esingu	28,5	730,3	13714,9	171,4	5765,2	63,4	965,1	120,6
Lollideküla	3,1	116,1	104,0	1,3	595,6	6,6	123,9	15,5
Jurga	26,0	1082,4	9620,0	120,3	-	-	1202,6	150,3
Savioja	52,5	1541,0	27108,3	338,9	12411,5	136,5	2016,3	252,0
Tammemä e	14,8	383,4	6994,6	87,4	-	-	470,8	58,9
Viisireiu	29,3	759,2	13815,2	172,7	1118,6	12,3	944,2	118,0
KOKKU:	1118,5	32573,9	487959,6	6099,5	176791,3	1944,7	40618,1	5077,3

4.3.2. Mineraalväetistest tingitud N₂O emissioon uuritavatelt põldudelt

Mineraalväetistest tingitud emissiooni puhul jäi kaheksa aasta põldude keskmine N₂O kadu vahemikku 0,2 kuni 91,1 kilogrammi. Suurim N₂O emiteerija oli Massi Marina põld, väiksem Lollideküla. Kaheksa aasta keskmisena üle 50 kilogrammise kaoga põlde oli kolm, Massi Marina, Keskuse ja Riitsaare. Kaheksa aasta keskmisena üle 20 kilogrammise kaoga põlde oli kümme, nendeks olid Pihke, Pärnasaadu, Lauda vastas, Tammemäe, Puht suur, Marina Mihkliga, Kõpu koplid, Savioja, Esingu ja Viisireiu. Kaheksa aasta keskmisena N₂O kaoga vahemikku 10 kuni 20 kg jäi üksteist põldu, neist suurimad emiteerijad olid Kuusiku, Uudu kopli, Koolimaja väike ja Jurga põld. Kaheksa aasta keskmisena N₂O kaoga alla 10 kilogrammi jäi 20 põldu, neist suurimad emiteerijad olid Arsi taga, Galeega, Kõmu ja Pärnasaadu väike põld (tabel). Mineraalväetistest tingitud kaheksa aasta keskmist emissiooni 17,7 kg ületas 13 põldu (tabel 7 ja 8). Kokku oli kaheksa aasta jooksul uuritud põldudelt N₂O kadu 6099,5 kilogrammi (tabel 7).

4.3.3. Veiseläga tingitud N₂O emissioon uuritavatel põldudel

Läga tingitud emissiooni puhul jäi põldude kaheksa aasta keskmine N₂O kadu vahemikku 0,1 kuni 42,1 kilogrammi. Väikseim oli N₂O kadu Mastialuse põllult, olles kaheksa aasta keskmisena 0,1 kg, suurim oli kadu Massi Marina põllult, olles 42,1 kilogrammi (tabel 7). Väga suur vahe väikseima ja suurima emissiooniga põllult on tingitud sellest, et läga kasutusnormid kõikusid aastati suurel määral ning samuti sellest, et eri kultuuridele pandud läga kogused erinesid teineteisest. 2004. aastal oli minimaalne läga norm 4,2 kg/ha, mida anti liblikõieliste-kõrrelistega Marina Mihkliga põllule ning maksimaalne kulunorm oli 19 kg/ha Keskuse põllule, kus kasvatati rapsi. Aastatel 2005 kuni 2007 oli kõigile läga saanud nisu ja heina põldudele kulunormiks 4,6 kg/ha. Aastal 2008 pandi veiseläga normiga 137 kg/ha Pihke, Pärnasaadu, ja Massi Marina, Arsi vastas ja Arsi kodus põldudele, neil kasvasid nisu, raps ja oder. 2009. aastal oli väikseim läganorm Kõpu kopli põllule 1,7 kg/ha ja suurim kulunorm 151,4 kg/ha Meerents Lehti põllule ning antud aastal said enim läga nisu ja odra põllud. 2010. aastal oli suurima ja väikseima läganormi vahe põldudele veelgi suurem, minimaalne läganorm oli 4,7 kg/ha Pihke põllule ja suurim 316,2 kg/ha Kõmu põllule. Enim läga said 2010. aastal nisu, odra ja rapsi põllud. 2011. aastal oli väikseim norm 11,8 kg/ha Pärnasaadu väike põllule ja suurim 285,4 kg/ha Saare Einari põllule. Enim läga said 2011. aastal jällegi nisu, odra ja rapsi põllud (tabel 4, lisa 4). Põllud, millelt ei toimunud läga tingituna N₂O emissiooni ehk neile ei pandud läga, olid Meiekalda, Kõmu taga, Arsi kodus, Metsa Tõrtsepa, Eede, Tali alune, Püssimehe, Jurga ja Tammemäe (tabel 7). Põldudele ei pandud läga, kuna see kas ei olnud võimalik või ei olnud ettevõtte seisukohast vajalik. Keskmist emissiooni 5,7 kg ületas 8 põldu (tabel 7 ja 8). Läga tingitud N₂O kadu kõigi kaheksa aasta peale kokku oli 1944,7 kilogrammi (tabel 7).

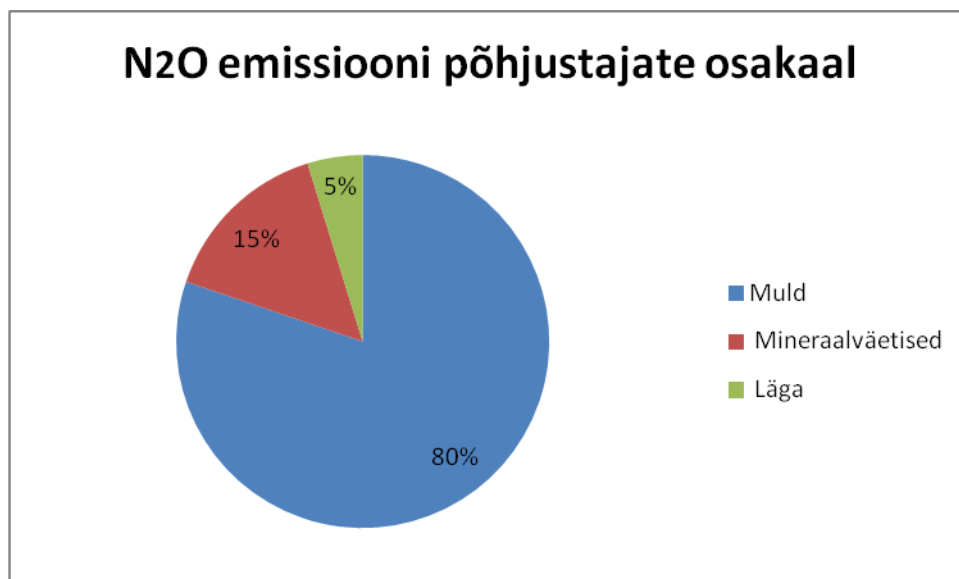
4.3.4. Muldadest, mineraalväetistest ja veiseläga tingitud N₂O emissioon uuritavatel põldudel

Kaheksa aasta keskmisena kokku uuritavate põldude kaupa kõigist kolmest emissiooniallikast - muldade loomulik emissioon, mineraalväetised ja läga- koos põhjustatud N₂O kaod jäid vahemikku 4,42 kuni 510,09 kilogrammi. Kõige suurem emissiooni põhjustaja uuritavatest põldudest oli Massi Marina põld, ületades väikseimat emiteerijat 115 korda. Suurimale emiteerijale järgnes Keskuse põld, mille kaheksa aasta keskmine N₂O kadu oli 476 kilogrammi. Antud põldude emissioonid olid suurimad, kuna nad said enim mineraalväetisi, nende suuruse tõttu on neil tasuvam kasvatada teravilja ning ainult äärmisel vajadusel

rohumaa taimi, lisaks on nad OÜ Weissi suurimad põllud, mis asuvad laudale kõige lähemal ja seetõttu on neile ka enim veiseläga viidud. Põlde, mille kaheksa aasta keskmine N₂O kadu jäi vahemikku 200 kuni 300 kilogrammi oli seitse. Põlde, mille kaheksa aasta keskmine N₂O kadu jäi vahemikku 100 kuni 200 kilogrammi oli kaheksa. Põlde, mille kaheksa aasta keskmine N₂O kadu oli alla 100 kilogrammi, oli 26. Väikseima kaheksa aasta keskmise emissiooniga põld oli Eede, mille kaheksa aasta keskmine N₂O kadu oli 4,4 kilogrammi.. Kaheksa aasta (2004 kuni 2011) N₂O kadu kõikide põldude pinnalt põhjustatuna nii muldadest, mineraalväetistest kui ka lägast kokku on 40618,1 kilogrammi (tabel 7). Kaheksa aasta keskmist emissiooni 118,1 kilogrammi, ületas 15 põldu (tabel 7 ja 8).

4.3.5. Muldade, mineraalväetiste ja veiseläga osakaal koguemissioonist

Suurimaks dilämmastikoksiidi emissiooni põhjustajaks vaadeldud alal on uuritava piirkonna muldade endi poolt toodetud N₂O, millede kaheksa aasta N₂O kadu on kokku 32573,9 kilogrammi. Osakaalult teine dilämmastikoksiidi põhjustaja on mineraalväetiste kasutamine, neist tingitud N₂O kadu on kaheksa aasta peale kokku 6099,5 kilogrammi. Kõige väiksem N₂O emissiooni põhjustaja on läga, millest põhjustatud kaheksa aasta N₂O kadu on 1944,7 kg (tabel 7) (joonis 4).



Joonis4. N₂O emissiooni põhjustajad ja nende osakaal koguemissioonist 2004-2011. a (8 a kogusummas).

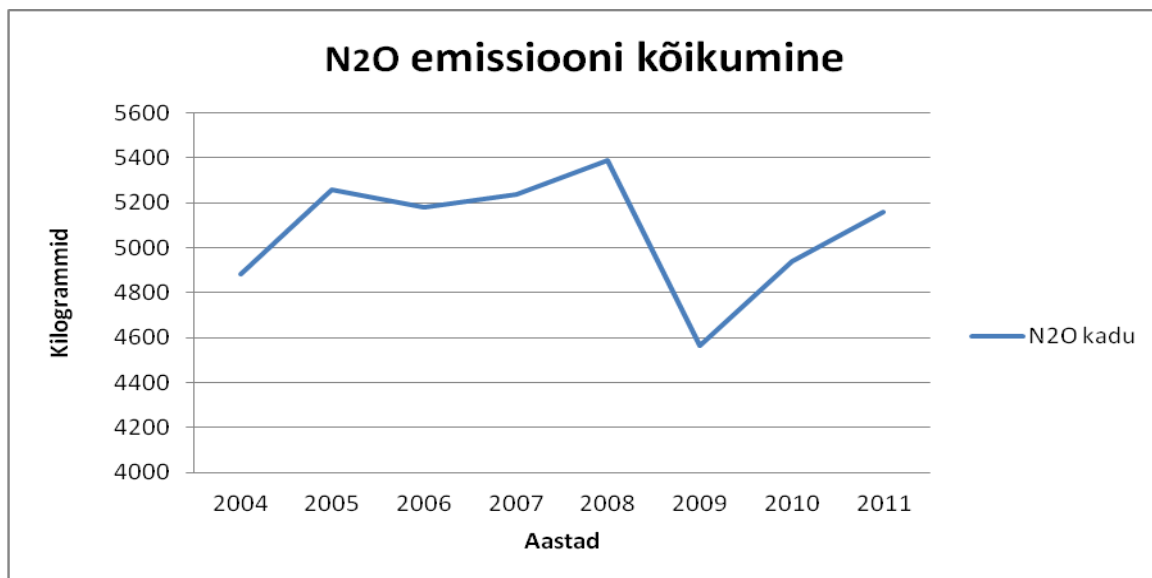
Uuritavate põldude mullad on suurimad N₂O emissiooni põhjustajad ning seda ka kõigi aastate lõikes, kuid mineraalväetiste ja läga osakaal aastate lõikes kõigub. Mineraalväetiste osakaal koguemissioonist oli 2004. aastal 15,2% ning tõusis veel 2005. aastal 22,3 protsendini,

kuid langes jällegi 2006. aastal 21,3 protsendini, seejärel tõusis jälle 0,8% võrra, kuid 2008. aastaks langes 17,9 protsendini. 2008. aastast toimus edasine langus, olles 2010. aastal ainult 5,6% ning 2011. aastal toimus väga väike ning märkamatu tõus. Läga osakaal koguemissioonist oli 2004. aastal 0,6% ning püsis alla 1% kuni aastani 2007, mil osakaal oli 0,1 protsenti. 2008. aastal tõusis aga läga osakaal 6,5 protsendini, järgmisel aastal jälle langes poole võrra ning 2010. aastaks tõusis 12,1 protsendini, mil läga ületas mineraalväetiste osakaalu koguemissioonist. 2011. aastal oli läga osakaal 15% ning ületas sellega mineraalväetisi 8,9 protsendi võrra. Muldade osakaal oli 2004. aastal 83,4%, aastatel 2006 kuni 2008 püsis 75 kuni 79% juures. 2009. aastal tõusis muldade osakaal 89,2 protsendini, kuid aastal 2010 hakkas jälle langema, olles 2011. aastal 78,9 protsenti (tabel 4).

Tabel 8. Muldade, mineraalväetiste ja veiseläga osakaal koguemissioonist ning keskmine emissioon aastatel 2004- 2011

N ₂ O lendumise põhjustaja	Osakaal koguemissioonist (%)								Keskmine emissioon (kg)
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2004- 2011
Min	15,8	22,3	21,3	22,1	17,9	7,1	5,6	6,0	17,7
Läga	0,6	0,3	0,1	0,1	6,5	3,8	12,1	15,0	5,7
Muld	83,4	77,4	78,6	77,8	75,5	89,1	82,3	78,9	94,7

Aastate jooksul on koguemissioon uuritavalt alalt suuresti kõikunud. 2004. aastal oli N₂O kadu üle 4800 kilogrammi, kuid tõusis aastaks 2005 üle 5200 kilogrammi. Seejärel toimus stabiliseerumine ja kerge tõus, nii 2008. aastaks jõuti 5400 kilogrammi peale. 2009. aastal toimus väga järsk langus, mis oli tingitud majanduslangusest ja seeläbi väetiste väiksematest kasutamiskogustest. 2009. aastal N₂O kadu langes pisut alla 4600 kilogrammi ning sealt edasi toimus järkjärguline tõus, tõustes aastaks 2011 peaaegu 5200 kilogrammini ning ületas 2004. aasta määra (joonis 5).



Joonis 5. N₂O koguemissioon aastatel 2004-2011.

5. Arutelu

Riikliku Projekteerimise Instituudi „Eesti Põllumajandusprojekt“ (1974) järgi on Tihemetsa mikrorajoonis, kuhu kuulub ka antud bakalaureusetöö uurimisala, enim gleimuldi, mis kattub ka antud bakalaureusetöö tulemustega. Järgnevad madalsoomullad, leetunud ja näivleetunud mullad ning lammi-, leede- ja leetjad mullad. Siinkohal on aga antud bakalaureusetöö tulemustes erinevusi, madalsoomullad on muldade osakaalu poolest kolmandal, mitte teisel kohal. Samuti on leetjate muldade osakaal suur, erinevalt eelloetletud järjekorrast. Kuid näivleetunud, leetunud ja lammimuldade osakaalu poolest on tulemused samad. Riikliku Projekteerimise Instituudi „Eesti Põllumajandusprojekt“ (1974) järgi esineb Tihemetsa mikrorajoonis lõimiste poolest enim saviliive (40,5%), esinemissageduse seisukohalt teisele kohale jäävad liivsavid (26,5%). Kolmandale kohale jäävad liivad, järgnevad turbad ning kõige vähem on savisid (0,3%). Antud bakalaureusetöö kohaselt on aga lõimiste puhul saviliivade ja liivsavide esinemissagedus vastupidine, enim esineb liivsave (60,9%) ja teisele kohale jäävad saviliivad (17%). See ühtib ka varasemate uurimustega, et Tali ümbruses levib lähtekivimina Sakala kõrgustikule iseloomulik punakaspruun liivsavimoreen (Penu ja Rooma 2008). Küll aga on antud bakalaureusetöö kohaselt samasugune seisukoht, et liivasid on rohkem kui turbaid, kuid savisid antud uurimisalal ei esinenud. Vaadeldes uurimisalal esinenud lõimiste jaotust, võib järeldada, et N₂O emissioon uurimisalalt on üsnagi suur, kuna N₂O emissioon on suurim just savikatelt muldadelt (keskmised ja rasked lõimised) ning väiksem jämedateralistest muldadest (kerged lõimised) (Ridolfi et al. 2003), kuid samas ei esine uurimisalal savimuldadeid, mille korral oleks emissioon veelgi kõrgem. Seda, et emissioon on suurem just raskema lõimisega muldadest, toetab ka teine uurimus (McTaggart et al. 2002). Seetõttu, et Tihemetsa mikrorajooni kuulub suurem ala kui ainult antud bakalaureusetöös käsitletud uurimisala, näitab, et mikrorajooni siseselt esineb suur mullastikuline varieeruvus. See on tüüpiline Pärnumaale ka tervikuna ning seega oleks Tali ümbruse lõimisepõhiseid naerugaasi emissioone raske üldistada mikrorajooni või maakonna tasemele. Mulla- ja eriti veel lõimisepõhiseid naerugaasi uuringuid on veel vähe tehtud, mistõttu ei olnud võimalik ka käesolevas töös diferentseerida lõimise mõju suurust N₂O emissioonile.

Kuigi Tihemetsa mikrorajoonis on lähtekivimiks punakaspruun liivsavimoreen, on katekihtideks erinevad kergemad lõimised. Pealt kergemad ja alt raskemad lõimised on heitliku õhu- ja veerežiimiga ning seetõttu, et mulla lõimised on varieeruvad, kihilised ja

andmeid selliste muldade kohta on vähe, kasutati muldade agrorühmitamist, mis võimaldab laialdasemalt tulemusi üldistada.

Toetudes kirjanduse andmetel määratud muldade emissiooni väärtustele s.t mikrobioloogiliste protsesside osakaalule, N₂O käesolevas töös ulatus keskmiselt 80%-ni ning väetamise (mineraalväetiste ja läga) osakaal 20%-ni, samas Conrad (1996) järgi on hinnanguliselt 70% N₂O emissioonist tingitud mullas toimuvatest mikrobioloogilistest protsessidest. Samuti on leitud, et muldades toimuvate mikrobioloogiliste protsesside osakaal N₂O tekitamises on veel väiksem, nimelt 65% (Prather et al. 1996). Seega võib üldistusena tõdeda, et OÜ Weissis kasutatakse tunduvalt vähem väetisi, kui Euroopas üldiselt. Samuti võib seda öelda ka Eesti võrdluses, sest mineraalväetiste osakaalu on hinnatud 18,5 % N₂O emissioonist 2010. aastal (Tartu Ülikool jt 2012).

Kuigi emissioonid on pinnapõhiselt arvutatud, ei saa siiski N₂O emissiooni koguseid järjestada vaid pindalade alusel. Näiteks võib tuua Keskuse ja Massi Marina põllu. Kõigist allikatest tingituna on N₂O emissioon suurim Massi Marina põllul ning teisel kohal on Keskuse põld, kuid hektarite poolest on Keskuse põld esimesest suurem. Seega sõltuvad emissioonid siiski põllumuldadest, hektaritest, kasutatud mineraalväetiste ja läga kogustest ning sellest, kui intensiivselt ja sagedasti neid külvikorras väetati.

Kui vaadelda muldadest tingitud N₂O emissiooni, siis tundub esmapilgul, et suuremad põllud emiteerivad rohkem, kuid antud juhul mängib siinkohal suuremat rolli põllul esinev muld ja talle omased tunnused. Põhjus on selles, et eri mullad emiteerivad eri koguseid dilämmastikoksiidi. Vaadeldes Marina Mihkliga põldu ja Uudu kopli põldu, siis ilmneb, et dilämmastikoksiidi kadu on peaaegu 200 kilogrammi võrra suurem Uudu kopli põllul, samas kui ta on Marina Mihkli põllust poole väiksem. See ongi tingitud sellest, et Uudu kopli muldade emissioonikoefitsent on suurem. Uudu kopli põllul on enim levinud madalsoomulla areaalid, mis emiteerivad peaaegu poole rohkem kui Marina Mihkliga põllul enimlevinud gleimulla areaalid. Lisaks eri muldade erinevatele emissioonimääradele sõltub emissioon ka sellest kui ühtlane on mullastik põldudel, seega kui suurematel põldudel on rohkem selliseid mulla areaale, mille emissioonimäär on suurem, on ka emissioon suurem. Võttes näiteks Kõpu kopli põllu, selgub, et Kõpu kopli põllul esineb kõige rohkem gleimulla areaale ning väiksema emissioonikoefitsendiga areaale on vähe, mis viib emissiooni kõrgeks. Teatud võimalus emissioonimäärade mõjutamiseks võib uurimisel olla ka mikroreljeef, sest mikroreljeef

paremini väljaleostuv nitraat võib liikuda gleimulla lohkudesse, kus seda võib seeläbi esineda rohkem kui taimed tarvitavad ja võimalused ka kadudeks on suuremad.

Mineraalväetiste puhul on võetud aluseks IPCC emissioonikoefitsient, mis määratleb, et põllule pandud lämmastiku kogusest 1,25% läheb dilämmastikoksiidi emissiooniks (IPPC 1997). Samas ei saa seda võtta kindla reeglina, kuna erinevate uuringute põhjal on see erinev. Bouwman (1996) järgi on N₂O emissioon 0,6 kuni 3,2 kg hektari kohta aastas. Dobbie et al. (1999) uuringute järgi on N₂O emissioon rohumaade väetatud muldadelt suurem kui 1,25%. Saksamaal tehtud katse järgi selgus, et väetatud muldadelt jäid N₂O emissiooni kaod vahemikku 0,7 kuni 4,1% (Kaiser et al. 1998). Samalaadne olukord avaldub ilmselt ka muldade endi poolt põhjustatud emissioonis, mis ei pruugi eriti täpselt vastata Tali ümbruse mulla või kliimaoludele. Üldiselt mineraalväetistest tingitud emissiooni puhul esines üldine suundumus, et suuremate põldude emissioonid on suuremad, kuna neile kasutatakse suuremaid koguseid mineraalväetisi. Lisaks mineraalväetiste kogustele on suuremate põldude emissioonid suuremad, kuna suuremad põllud on tehnoloogilisest küljest sobivamad põllukultuuride kasvatamiseks ja neid ka väetatakse seepärast enam, kuid see pole alati kindel reegel. Kuid ka mineraalväetiste puhul esineb erandeid, võttes näiteks Marina Mihkliga ja Savioja põllu. Marina Mihkliga põld on suurem kui Savioja, kuid mineraalväetistest tingitud emissioon on väiksem. See on tingitud sellest, et kõigile põldudele ei panda iga aasta väetist ning saadud lämmastiku kogused põldude puhul on erinevad. Kõik põllud ei saa iga aasta mineraalväetisi, kuna ettevõtte kasutab põldude puhul viljavaheldust ehk siis ühel põllul ei kasva iga aasta sama kultuur. Kui tekib vajadus kasvatab ettevõtte teraviljadele vahelduseks liblikõielisi taimi ning liblikõielistele taimedele mõnikord väetist ei lisata. Kõik põllud ei saa ka sama kogust lämmastikku, kuna saadav lämmastiku kogus sõltub põllul kasvavast kultuurist. Seega väga täpse N₂O bilansi koostamiseks tuleks arvestada ka liblikõieliste taimede poolt lisatava lämmastikogusega. Taimeliigist ja saagist olenevalt võib liblikõieliste poolt seotud õhulämmastiku kogus ulatuda mõneesaja kilogrammini hektari kohta (Kuldkepp, 1994). Teisest küljest jällegi, Eichner (1990) järgi ei oma liblikõielised taimed N₂O emissiooni suurendamises mingisugust rolli. Samuti on leitud, et mullas elavad denitrifitseerivad *Rhizobia* bakterid ei oma N₂O emissioonis märkimisväärset tähtsust (Daniel et al. 1980). Samuti on eri koguste põhjuseks ettevõtte prognoosi täpsus kuluva väetisekoguse vajaduse üle. Väetiste kasutamine sõltub suuresti ilmastikust ja taliviljadel ka talvitumisest. Kui aasta alguses tellitakse üks kindel kogus väetist, aga näiteks üks põld vajab rohkem

väetist kui algselt planeeritud, siis selle võrra mõni teine põld saab jällegi vähem väetist, üldjuhul ettevõtte lisaväetist juurde enam ei telli. Lisaks eelloetletud faktidele sõltub emissioon sellest, milliseid väetisi kasutada.

Läga puhul oli samuti suundumus, et suurematele põldudele kasutati rohkem läga, seega emissioonid olid suuremad, kuid ka siin ei saa seda kindla reeglina võtta. Põhjuseid, miks suuremad põllud eraldavad vähem diämmastikoksiidi kui väiksemad, on mitmeid. Üks põhjuseid on jällegi see, et kõigile põldudele ei õnnestu iga aasta läga viia, kuigi teoreetiliselt oleks lägaga võimalik katta kogu suviteraviljadele vajaminev lämmastikukogus. Näiteks EKSEKO farmi seavedelsõnnikut peaksime andma mullapinnale 100 kg taimedele kasutatavat lämmastikku, seega tuleb põllule viia 200 m³ vedelsõnnikut. Selle kogusega anname ligi 20 mm sademetele vastava veekoguse ja külvieelses olukorras tuleb oodata mulla tahenemist. Pealtväetamisel niiskele mullale võib aga kaasneda roobaste teke, kuival mullal taimede pinna kahjustusi (Raudväli 1983). Samas on aga ka olukordi, kus kõik põllud on märjad, aga läga peab siiski kusagile viima. Sellisel juhul tõuseb N₂O emissioon veelgi, sest mullas olev kõrge veetase ja samal ajal läga mulda viimine tõstab N₂O emissiooni. Antud lõputöös pole aga väetiste viimise ajastusega arvestatud nii nagu on seda soovitatud teha (Hernandez-Ramirez et al. 2009). Ühest küljest võiks OÜ Weiss muuta ka oma maakasutust, sest siis ei peaks nisu- ja raspsikasvatuseks ebasobivaid muldi koormama ja nende asemel võiks kasvatada rohumaa taimi, kuna pidavalt rohumaa all olevad mullad emiteerivad vähem N₂O-d võrreldes jätkusuutliku põllumaaga (Mummey et al. 1998). Kuid paraku ei ole see majanduslikult võimalik, s.t veistele omatoodetud söödabaasi madalama omahinna, kui ka kontsentreeritud söödateraviljajahu vajaduse tõttu. Samuti loob maaviljeluslikult lühiajaliste rohumaa taimestik teraviljade kasvuks soodsad toitainete tingimused ja seetõttu kasvatatakse rohhtaimede järel teravilju.

Naerugaasi bilansi koostamisel ei ole samuti arvestatud muldade N₂O sidumisvõimega, mida ei käsitle ka vastav IPCC varasem metoodika, kuid mis on pikemat aega tuntud protsess ning mida tõestavad ka mitmed uuringud (Nõmmik 1956; Firestone, Davidson 1989). Ryden (1981) järgi on mullad küll peamised N₂O emissiooni põhjustajad atmosfääri, kuid samas ta leiab, et mullad seovad ka N₂O-d, kasvõi ajutiselt. Samuti on leitud, et muldade N₂O sidumisvõime tõuseb läbi denitrifikatsiooni liigniisketes oludes, kus nitrifikatsioon on piiratud (Goossens et al. 2001; Chapuis-Lardy 2007).

Antud bakalaureusetöös ei ole emissioonimäärade määramisel arvestatud erinevate harimistehnoloogiatega, väetiste liikide kasutamisega, kuivendamisega ega lupjamisega, vaid mineraalväetiste ja läga kasutamisest tingitud emissioonimäärade puhul on arvestatud, et kõik tingimused on samad. Samas on uuringuid, mis näitavad, et ka erinevad harimistehnoloogiad, väetiste liigid ja lupjamise võimalus mõjutavad dilämmastikoksiidi emissiooni ning läbi nende oleks võimalik OÜ Weissil vähendada ka dilämmastikoksiidi keskkonda lendumist.

Emissioonimäärade vähendamiseks oleks üks võimalus harimistehnoloogia üleviimine ainult künnile. Seda seetõttu, et otsekülvi puhul on emissioonimäärad suuremad kui külvi puhul (Mofizur et al. 2011). Samas on väidetud ka vastupidi, et otsekülv vähendab $\text{NO}_3\text{-N}$ sisaldust mullas ja ka N_2O emissiooni (D'Haene et al. 2008). Kuna aga kündmine on ettevõttele kallim kui otsekülv ning see ei pruugi ettevõttele sobida, oleks kõige mõistlikum kasutada minimeeritud mullaharimist, mis välistaks kas ühe või teise väite õigsuse korral suurema dilämmastikoksiidi emissiooni. Samuti tuleb arvestada faktiga, et külvitehnoloogia puhul kulub rohkem aega ja kütust, mis tähendab jällegi seda, et läbi selle kaasneb teiste kasvuhoonegaaside lendumine keskkonda. Väetiste puhul oleks üks võimalus märgade muldade puhul kasutada ammooniumväetisi ja sellega vähendada dilämmastikoksiidi emissiooni, kuna antud väetis ei saa vahetult denitritifitseerida erinevalt nitraatväetistest. Kuna haritavates muldades on vähe ammooniumi, siis otstarbekam oleks savimuldadel, mida ettevõttel on 681,5 hektarit, kasutada ammooniumväetisi, kuna savid on kõrge ammooniumi fikseerimisvõimega (Nõmmik, Vahtras 1982). Mullavalimi alusel kajastatub ka tõsiasi, et N_2O emissioon võib muutuda ka läbi põldude lupjamise. Fakt, et emissioon väheneb kui pH suureneb läbi lupjamise 4-st kuni 6-ni (Weier, Gilliam 1986, cit. Granli, Bøckman 1994), on ka teise uurimuse kohaselt kinnitatav, mille kohaselt pH kasvuga N_2O väheneb (Clough et al. 2004). Kuid on ka vastupidist tõestavaid uurimusi, mille kohaselt on algse pH 4,5 väärtusega mulla lupjamise korral vallanduv emissioon neli korda suurem kui neutraalsel mullal, mille pH on püsivalt 7 (Baggs et al. 2010). Paas (1961) järgi on Pärnumaal küllaldaselt happelisi muldi, mida peaks lupjama. Põllumuldade agrokeemilise seire tulemuste alusel on Saarde vallas happelisi muldi ($\text{pH}_{\text{KCl}} < 5,5$) 13-27% (Penu jt. 2013). Ettevõttel on happelisi muldi mullatüübi järgi otsustades umbes 200 hektarit, kuid kuna ettevõtte on kasutanud viimasel kümnendil väga vähesel määral lupjamist, ei ole lupjamise vahetu mõju aktuaalne, kuid muldade hapestumise süvenemisel seda ilmselt teha tuleks. Tõenäoliselt toimib praegu OÜ Weissi muldades stsenaarium, mille järgi järkjärguline hapestumine tõenäoliselt vähendab lämmastiku mineralisatsiooni, kuid see efekt ei tähenda sellepärast kohe madalamat N_2O

emissiooni, sest hapestumine pärsib omakorda N_2O reduktaasi, põhjustades põllult enim N_2O lendumist kui N_2 lendumist (Weier, Gillam 1986).

Pärnumaa põllumaadest vajab üle 90% kuivendamist, enamikule maaparandusaladele on rajatud drenaaž. Kui maad kasutatakse ainult rohumaana, võiks gleistunud muldadel paiknevast maast ligikaudu 20% jätta kuivendmata (Penu ja Rooma 2008), kuna heitlik veerežiim põhjustab teadaolevalt suuremat N_2O emissiooni ja seega ühtlasem veerežiim oleks etem. On leitud, et mulla kiire märgumine tõstab süsinikumäära kasvu ja lämmastiku mineralisatsiooni ning seeläbi ka N_2O emissiooni (Fierer, Schimel 2002; Beare et al. 2009). On ka leitud, et N_2O tootmine N_2 -ks denitrifikatsiooni ajal suureneb, kui see toimub mõõdukalt vähendatud tingimustes ning see on tavaline just kuivendatud aladele (Knowles 1982). Kuna enamik OÜ Weiss maad kasutatakse universaalsena, s.t põlluna, mitte pikajalise rohumaana, on ka raske reguleerida kuivendusvajadust olemasolevate kuivendusvõrkude tingimustes.

6. Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli välja selgitada OÜ Weissi kasutuses olevate põldude dilämmastikoksiidi emissioonid tingituna muldade endi emissioonist ning mineraalväetiste ja veiseläga kasutamisest. Lisaks selgitati välja uuritavatel põldudel esinevad mullad ja lõimised ning põldude agrorühmad ja kasvatamiseks sobivad kultuurid. Olulisemad tulemused on kajastatud alljärgnevalt.

Uuritaval alal esinesid lammi-, leostunud ja leetjad glei-, küllastunud ja küllastumata glei-, leetjad, leede-, leetunud, näivleetunud ehk kahkjad mullad ja madalsoomullad. Enim esines leostunud ja leetjaid gleimulda 635,9 hektarit, leetjaid mullad 149,6 hektarit, madalsoomuldi 95,1 hektarit ja leetunud muldi 94,2 hektarit.

Kergetest lõimistest esines enim saviliive 190 hektarit, järgnesid peenliivad 99,1 hektarit ning liivad 52,8 hektarit. Keskmistest lõimistest esines enim kiviseid liivsave 636,5 hektarit, järgnesid liivsavid 45,0 hektarit. Turbaid esines 95,1 hektarit.

Agrorühmadest esines uuritaval alal kõige enam agrorühma B51- kuivendamata gleistunud keskmise raskusega ja rasked kamarmullad, rahuldavalt kuivendatud keskmise raskusega ja rasked kamargleimullad, mida esines 819,69 hektaril. Osakaalu poolest teisele kohale jäi agrorühm C6- hästi kuivendatud turvastunud ja hästi lagunenu turvasmullad, mida esines 105,69 hektaril. Lisaks esinesid veel agrorühmad A41- kuivendatud keskmise raskusega gleistunud kamarmullad, B52- uivendamata gleistunud kahkjad mullad, rahuldavalt kuivendatud kahkjad gleimullad ja C92- halvasti kuivendatud ja kuivendamata kerged gleimullad, mida esines vaid põllul Arsi taga. Ettevõtte on kasvatanud aastatel 2004 kuni 2011 oma põldudel liblikõieliste-kõrreliste segu, heina, nisu, otra, kaera, rapsi, kuid neist sobivad antud piirkonda kasvatamiseks on oder, kaer, liblikõieliste-kõrreliste segu, hein ning vähesel määral nisu.

Muldade poolt tekitatud dilämmastikoksiidi emissiooni puhul olid kaheksa aasta peale kokku suurimad N₂O emissiooni põhjustajad Massi Marina, Keskuse, Riitsaare, Puhti suur, Kahe metsa vahe, Pihke ja Uudu kopli põllul, neile iseloomulikeks muldadeks olid leetunud glei-, leetjad glei-, leostunud glei-, küllastunud ja küllastumata glei- ja madalsoomullad. Väikseim emiteerija oli põld Eede, millele iseloomulikeks muldadeks olid leetjad glei- ja näivleetunud mullad. Muldadest tingitud N₂O kadu kaheksa aasta peale kokku oli muldadest tingitud kadu kõigilt põldudelt kokku 32 573,9 kilogrammi, keskmine emissioon oli 757,5 kilogrammi.

Mineraalväetiste kasutamisest tingitud dilämmastioksiidi emissiooni puhul olid kaheksa aasta peale kokku suurimad N₂O emissiooni põhjustajad Massi Marina, Keskuse; Kõpu kopl, Marina Mihkliga, Puhti suur, Pärnasaadu ja Riitsaare põld. Väikseim dilämmastikoksiidi emissiooni põhjustaja oli Lollideküla põld. Mineraalväetistest tingitud keskmine dilämmastikoksiidi kadu oli 141,9 kg, kaheksa aasta peale kokku oli mineraalväetistest tingitud kadu kõigilt põldudelt kokku 6099,5 kilogrammi.

Veiseläga kasutamisest tingitud dilämmastikoksiidi emissiooni puhul olid kaheksa aasta peale kokku suurimad N₂O emissiooni põhjustajad põllud, millel kasvasid liblikõieliste-kõrreliste segu, nisu, oder ja raps. Keskmine N₂O kadu oli 45,2 kilogrammi, veiseläga tingitud dilämmastikoksiidi kadu kaheksa aasta peale kokku kõigilt põldudelt oli 1944,7 kilogrammi.

Vaatlusalustel aastatel on N₂O-N-i koguemissioon uuritavalt alalt suuresti kõikunud, olles minimaalne 4600 kg majanduslanguse aastal 2009 ja maksimaalne vahetult eelneval aastal, olles 5600 kg. Arvutatud emissiooni allikatest osutus esmaseks mulla enese emissioon 80%, mineraalväetised 15% ja veiseläga 5% ga.

7. Tänuavaldused

Töö autor soovib tänada OÜ Weissi juhatust, kes oli nõus andma autorile andmeid oma põldude kohta ning alati nõus vastama autori küsimustele.

8. Nitrous oxide emission from fields baste on the example of OÜ Weiss

The main research area covered in the present BA thesis is the emission of nitrous oxide produced by soils accompanying plant production and caused by mineral fertilizers and cattle slurry on the fields used by OÜ Weiss from 2004 until 2011. In addition, the soils and granulometric composition of the fields under study were established and the respective agricultural groups of fields were determined based on which the plants suitable for growing on the given fields can be ascertained.

The field areas necessary for the BA thesis were received from the Estonian Agricultural Registers and Information Board and digital soil maps together with the necessary information on soils and granulometric composition were received from the database of the University of Tartu. Data processing was conducted with the tools of Esri ArcGIS Desktop. Field names, fertilizer and slurry quantities laid on fields and the accompanying nitrogen quantities on fields were collected from company OÜ Weiss. Data has been collected from the field records which the company is obligated to keep with regard to each field and which contains the names and quantities of fertilizers laid on the field. Data collected from the field records concerns the years 2004–2011 and amounts to 1118.45 hectares. The emission coefficients of different soils and the volatilization coefficients of nitrous oxide upon the application of fertilizers and cattle slurry were received from literature. Agricultural groups were determined according to the most common soil category on the field and the determination is based on the soil category and the granulometric composition characteristic of the field soil. The determination of suitable arable crops is based on the agricultural groups.

Alluvial, leached and podzolized gley soils, saturated and unsaturated gley and podzolized soils, podzols, podzolic, pseudopodzolic and fen bog soils were represented on the areas under study. Leached and podzolized gley soils occurred the most i.e 635.9 ha, podzolized soils 149.6 ha, fen bog soils 95.1 ha and podzolic soils 94.2 ha.

From light granulometric composition, loams occurred the most i.e 190 ha, followed by fine sands 99.1 ha and sands 52.8 ha. From the middle granulometric composition, stony clay

loams occurred the most i.e 636.5 ha, followed by clay loams 45.0 ha. Peat occurred on 95.1 ha.

From agricultural groups, group B51 was represented the most – medium and heavy gleyed soddy soils which have not been drained, medium and heavy soddy gley soils drained in a satisfactory manner represented on 819.7 ha. The second by percentage was agricultural group C6- well-drained peaty and highly humified peat soil represented on 105.69 ha. In addition, groups A41- drained medium gleyed soddy soils, B52- gleyed pseudopodzolic soils which have not been drained, pseudopodzolic gley soils drained in a satisfactory manner and C92- light gley soils poorly drained or not drained which were represented only on the field Arsi taga. The most suitable plants for growing on the fields under study are oats, barley, grassland plants and slightly wheat.

In case of nitrous oxide emission caused by soils, the biggest N₂O emission for eight years was caused by Massi Marina, Keskuse, Riitsaare, Puhti suur, Kahe metsa vahe, Pihke and Uudu kopli fields. The smallest emission was caused by field Eede. Loss of N₂O caused by soils from all fields for eight years was 32 573.9 kg, average emission of eight years was 94.7 kg.

In case of nitrous oxide emission caused by the use of fertilizers, the biggest N₂O emission for eight years was caused by Massi Marina, Keskuse, Kõpu kopli, Marina Mihkliga, Puhti suur, Pärnasaadu and Riitsaare fields. The smallest nitrous oxide emission was caused by Lollideküla field. The average loss of nitrous oxide caused by mineral fertilizers for eight years was 17.7 kg, the loss caused by mineral fertilizers from all fields was 6099,5 kg for eight years.

In case of nitrous oxide emission caused by the use of cattle slurry, the biggest N₂O emission for eight years was caused by Massi Marina, Keskuse, Kõpu kopli, Marina Mihkliga, Savioja, Saare Einari and Pärnasaadu fields. The smallest emission resulting from cattle slurry was caused by Mastialuse field. The average loss of N₂O for eight years was 5.65 kg, the loss of nitrous oxide caused by cattle slurry for eight years from all fields was 1944.7 kg.

As it appears on the basis of the above, the biggest nitrous oxide emission resulting from soils, mineral fertilizers and cattle slurry was caused by Massi Marina and Keskuse fields, in

addition Riitsaare, Puhti suur, Kõpu kopli, Savioja and Marina Mihkliga fields. The smallest emission was caused by Eede field. The loss of nitrous oxide from all fields during eight years was 40618.08 kg.

9. Kirjandus

Arold, I., 2005. Eesti maastikud. Tartu., 453 lk.

Arold, I., Oja, T., 2008. Maastikuline liigestatus. (Peatoim. Vunk, A.), Rmt. Pärnumaa loodus aeg inimene I. Eesti Entsüklopeediakirjastus., 100-107.

Baggs, E. M., Smales, C. L., Bateman, E. J., 2010. Changing pH shifts the microbial source as well as the magnitude of N₂O emission from soil. *Biol Fertil Soils.*, 46, 793-805.

Beare, M. H., Gregorich, E. G., St-Georges, P., 2009. Compaction effects on CO₂ and N₂O production during drying and rewetting of soil. *Soil Biol. Biochem.*, 41, 611-621.

Beck, H., Christensen, S., 1987. The effect of grass maturing and root decay on nitrous oxide production in soil. *Plant Soil.*, 103, 269-273.

Bouwman, A. F., 1996. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soil. *Nutr. Cycling Agroecosyst.*, 46, 53-70.

Bremner, J. M., Blackmer, A. M., 1980. Mechanisms of nitrous oxide production in soils. In: P.A. Trudinger, M.R. Walter & R.J. Ralph (eds.). *Biochemistry of ancient and modern environments.* Australian Academy of Science., Canberra., pp. 37-86.

Bremner, J. M., Robbins, S. G., Blackmer, A. M., 1980. Seasonal variability in emission of nitrous oxide from soil. *Geophys. Res. Lett.*, 7, 641-644.

Cates, R. L., Keeney, D. R., 1987. Nitrous oxide production throughout the year from fertilized and manured maize fields. *J. Environ. Qual.*, 16, 443-447

Chadwick, D., Misselbrook, T., Pain, B., 1999. Potential for reducing gaseous emissions from high input agriculture. Abstract in: 10th Nitrogen Workshop., 23-26 August 1999., Copenhagen.

Chapuis-Lardy, L., Wrage, N., Méty, A., Chotte, J. L., Bernoux, M., 2007. Soils, a sink for N₂O? A review. *Glob Chang Biol.*, 13, 1-17.

Christensen, S., 1983. Nitrous oxide emissions from a soil under permanent grass: Seasonal and diurnal fluctuations as influenced by manuring and fertilization. *Soil Biol. Biochem.*, 15, 531-536.

Clough, T. J., Kelliher, F. M., Sherlock, R. R., Ford, C. D., 2004. Lime and soil moisture effects on nitrous oxide emissions from a urine patch. *Soil Science Society of America Journal.*, 68, 1600-1609.

Conen, F., Dobbie, K. E., Smith, K. A., 2000. Predicting N₂O emissions from agricultural land through related soil parameters. *Global Change Biology.*, 6, 417-426.

Conrad, R., Seiler, W., Bunse, G., 1983. Factors influencing the loss of fertilizer nitrogen into the atmosphere as nitrous oxide. *J. Geophys. Res.*, 88, 6709-6718.

Conrad, R., 1996. Soil microorganisms as controllers of atmospheric trace gases (H₂, CO, CH₄, OCS, N₂O, NO). *Microbial Rev.*, 60, 609-640.

Cribbs, W. H., Mills, H. A., 1979. Influence of nitrapyrin on the evolution of nitrogen oxide (N₂O) from an organic medium with and without plants. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 10, 785-794

Daniel, R. M., Steel, K. W., Limmer, A. W., 1980. Denitrification by *Rhizobia*: a possible factor contributing to nitrogen losses from soils. *New Zealand Agricultural Science.*, 14, 109-12.

Davidson, E. A., Matson, P. A., Vitousek, P. M., Riley, R., Dunkin, K., García- Méndez, G., 1993. Processes regulating soil emissions of NO and N₂O in a seasonally dry tropical forest. *Ecology.*, 74 (1), 130-139.

D'Haene, K., van den Bossche, A., Vandenbruwane, J., De Neve, S., Gabriels, D., Hofman, G., 2008. The effect of reduced tillage on nitrous oxide emissions of silt loam soils. *Biol Fertil Soils.*, 45, 213-217.

Dobbie, K. E., McTaggart, I. P., Smith, K. A., 1999. Nitrous oxide emissions from intensive agricultural systems: variations between crops and seasons key variables and mean emission factors. *J. Geophys. Res.*, 104, 26891-26899.

Dobbie, K. E., Smith, K. A., 2001. The effects of temperature, water filled pore space and land use on N₂O emissions from an imperfectly drained gleysol. *Eur J Soil Sci.*, 52, 667-73.

Duxbury, J. M., Bouldin, D. R., Terry, R. E., Tate, R. L., 1982. Emissions of nitrous oxide from soils. *Nature.*, 298, 462-464.

Eichner, M. J., 1990. Nitrous oxide emissions from fertilised soils: Summary of available data. *Journal of Environmental Quality.*, 19, 272-280.

Fierer, N., Schimel, J. P., 2002. Effects of drying-rewetting frequency on soil carbon and nitrogen transformations. *Soil Biol. Biochem.*, 34, 777-787.

Firestone, M. K., Davidson, E. A., 1989. Microbiological basis of N₂O production and consumption in soil. In: M. O. Andreae, D. S. Schimel (eds.). *Exchange of Trace Gases Between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere*. John Wiley and Sons., Chichester, UK., pp. 7-21.

Focht, D. D., 1974. The effect of temperature, pH and aeration on the production of nitrous oxide and gaseous nitrogen – a zero order kinetic model. *Soil Sci.*, 118, 173-179.

Freibauer, A., 2003. Regionalised inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture. *Eur. J. Agronomy.*, 19, 135-160.

- Goodroad, L. L., Keeney, D. R., Peyerson, L. A., 1984.** Nitrous oxide emissions from agricultural soils in Wisconsin. *J. Environ. Qual.*, 13, 557-561.
- Goossens, A., De Visscher, A., Boeckx, P., van Cleemput, O., 2001.** Two-year field study on the emission of N₂O from coarse and middle textured Belgian soils with different land use. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 60, 23-34.
- Granli, G., Bøckman, O. C., 1994.** Nitrous oxide from agriculture. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences.*, 12, 7-125.
- Groffmann, P.M., 1991.** Ecology of nitrification and denitrification in soil evaluated at scales relevant to atmospheric chemistry. In: J.E. Rogers & W.B. Whitman (eds.). *Microbial production and consumption of greenhouse gases: Methane, nitrogen oxides and halomethanes.* American Society for Microbiology., Washington, D.C., pp. 201-217.
- Hefting, M. M., Bobbink, R., Caluwe de Hannie., 2003.** Nitrous oxide emission and denitrification in chronically nitrate-loaded riparian buffer zones. *J. Environ. Qual.*, 32, 1194-1203.
- Hutchinson, J. J., Grant, B. B., Smith, W. N., Desjardins, R. L., Campell, C. A., Worth, E., 2007.** Estimates of direct nitrous oxide emissions from Canadian agroecosystems and their uncertainties. *Can. J. Soil. Sci.*, 87, 141-152.
- IPPC., 1997.** IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Workbook. Paris, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPPC., 2007.** A report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers.
- Jaagus, J., Raudsepp, A., 2008.** Kliima. (Peatoim. Vunk, A.), Rmt. Pärnumaa loodus aeg inimene I. Eesti Entsüklopeediakirjastus., 144-169.
- Kaiser, E. A., Kohrs, K., Kücke, M., Schnug, E., Heinemeyer, O., Munch, J. C., 1988.** Nitrous oxide release from arable soil: importance of N-fertilization, crops and temporal variation. *Soil Biol. Biochem.*, 30, 1553-1563.
- Kalda, T., Kiviselg, M., Padjus, T., 2007.** Pärnumaa mullastik. Pärnumaa loodus. Keskkonnaministeerium., 24-26.
- Kaplan, W. A., Wofsey, S. C., 1985.** The biogeochemistry of nitrous oxide: A review. *Adv. Agric. Microbiol.*, 3, 181-206.
- Kasimir-Klemedtsson, Å., Klemedtsson, L., Berglund, K., Martikainen, P. J., Silvola, J., Oenema, O., 1997.** Greenhouse gas emissions from farmed organic soils: A review. *Soil Use Manage.*, 13, 245-250.
- Kaur, E., Kuusik, M., Sepp, K., 2008.** Eesti maastikud. Tänapäev., 391 lk.

- Knowles, R., 1982.** Denitrification. *Microbiological Reviews.*, 46, 43-70.
- Kuldkepp, P., 1994.** Taimede toitumise ja väetamise alused. Tallinn., 124 lk.
- Kõlli, R., 1994.** Mullastikulised agrorühmad. Muldade kasutussobivus ja agrorühmad. EPMÜ kirjastusgrupp., 30-51.
- Kärblane, H., 1996.** Lämmastiku tähtsus, ringe ja omastamine. Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat. Põllumajandusministeerium., 16-21.
- Lemke, R. L., Izaurralde, R. C., Malhi, S. S., Arshad, M. A., Nyborg, M., 1998.** Nitrous oxide emissions from agricultural soils of the Boreal and Parkland regions of Alberta. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62, 1096-1102.
- Lind, A.-M., 1985.** Soil air concentration of nitrous oxide over 3 years of field experiments with animal manure and inorganic nitrogen fertilizer. *Tidsskr. Planteavl.*, 89, 331-340.
- MacKenzie, A. F., Fan, M. X., Cadrin, F., 1997.** Nitrous oxide emission as affected by tillage, corn-soybean-alfalfa rotations and nitrogen fertilization. *Can. J. Soil Sci.*, 77, 145-152.
- Malhi, S. S., Lemke, R., Wang, Z. H., Chhabra, Balder S., 2006.** Tillage, nitrogen and crop yield and nutrient uptake, soil quality and greenhouse gas emissions. *Soil & Tillage Research.*, 90, 171-183.
- McTaggart, I. P., Akiyama, H., Tsuruta, H., ball, B. C. 2002.** Influence of soil physical properties, fertiliser type and moisture tension N₂O and NO emissions from nearly saturated Japanese upland soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems.*, 63, 207-217.
- Mofizur, M., Jahangir, R., Roobroeck, D., van Cleemput, O., Boeckx, P., 2011.** Spatial variability and biophysicochemical controls on N₂O emissions from differently tilled arable soils. *Biol Fertil Soils.*, 47, 753-766.
- Mogge, B., Kaiser, E.-A., Munch, J.-C., 1999.** Nitrous oxide emissions and denitrification N-losses from agricultural soils in the Bornhöved Lake region: influence of organic fertilizers and land-use. *Soil Biology and Biochemistry.*, 31, 1245-1252.
- Mosier, A. R., Guenzi, W. D., Schweizer, E. E., 1986.** Soil losses of dinitrogen and nitrous oxide from irrigated crops in northeastern Colorado. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50, 344-348.
- Mummey, D. L., Smith, J. L., Bluhm, G., 1998.** Assessment of alternative soil management practices on N₂O emissions from US agriculture. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 70, 79-87.
- Nõmmik, H., 1956.** Investigations on denitrification in soil. *Acta Agric. Scand.*, 6, 195-228.
- Nõmmik, H., Vahtras, K., 1982.** Retention and fixation of ammonium and ammonia in soils. In: F. J. Stevenson (eds). *Nitrogen in Agricultural soils. Agronomy monograph. American Soc of Agronomy.*, Madison., 22, 123-171.

- Paas, A., 1961.** Pärnu settealade soostunud leetmuldadest. Eesti NSV Teaduste Akadeemia juures loodusuurijate seltsi aastaraamat., 54. Kõide, 27-38.
- Peng, Q., Qi, Y., Dong, Y., Xiao, S., He, Y., 2011.** Soil nitrous oxide emissions from a typical semiarid temperate steppe in inner Mongolia: effects of mineral nitrogen fertilizer levels and forms. *Plant Soil.*, 342, 345-357.
- Penu, P., Rooma, I., 2008.** Muldkatte üldiseloomustus. (Peatoim. Vunk, A.) Rmt. Pärnumaa loodus aeg inimene I. Eesti Entsüklopeediakirjastus., 108-113.
- Penu, P., Loide, V., Astover, A., 2013.** Mulla- ja väetistarbekaardid põllumehe teenistuses. Maamajandus, Maaleht 18 aprill., Nr 4 (10).
- Piho, A., 1981.** Väetamine. Rmt Teraviljakasvatus Eestis. Tln Valgus., 141-149.
- Prather, M., Derwent, R., Ehhalt, D., Fraser, P., Sanhueza, E., Zhou, X., 1995.** Other trace gases and atmospheric chemistry. In: J. T. Houghton (eds). *Climate change 1994: radiative forcing of climate change and evaluation of the IPCC IS92 emissions scenarios.* Cambridge Univ Press., pp. 73-126.
- Raudväli, E., 1983.** Veise- ja seasõnniku väetusväärtusest ning vedelsõnniku kasutamisest odra väetamisel. Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi põllumajanduses., 16, 22-23.
- Ridolfi, L., D'odorico, P., Porporato, A., 2003.** The influence of stochastic soil moisture dynamics on gaseous emissions of NO, N₂O, and N₂. *Hydrological Sciences.*, 48 (5), 781-798.
- Riiklik Projekteerimise Instituut., „Eesti põllumajandusprojekt“, 1974.** Eesti NSN mullastik arvudes. Eesti NSV Põllumajanduse Ministeriumi Teaduslik-Tehnilise Informatsiooni Valitsus., Tallinn.
- Robertson, K., 1991.** Emissions of N₂O in Sweden – Natural and anthropogenic sources. *AMBIO.*, 20, 151-155.
- Robertson, L. A., Kuenen, J. G., 1991.** Physiology of nitrifying and denitrifying bacteria. In: J.E. Rogers & W.B. Whitman (eds). *Microbial production and consumption of greenhouse gases: Methane, nitrogen oxides and halomethanes.* American Society for Microbiology., Washington, D.C., pp. 189-199.
- Rodhe, L., Pell, M., Yamulki, S., 2006.** Nitrous oxide, methane and ammonia emissions following slurry spreading on grassland. *Soil Use and Management.*, 22, 229-237.
- Rooma, L., Penu, P., Metsur, M., Valdmaa, T., 2007.** Hea põllumajandustava. Põllumajandusministerium, Tallinn., 104 lk.
- Ruser, R., Flessa, H., Schilling, R., Munch, J. C., 2001.** Effect of crop-specific field management and N fertilization on N₂O emissions from a fine-loamy soil. *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, 59, 177-191.

- Ryden, J. C., 1981.** Nitrous oxide exchange between a grassland soil and the atmosphere. *Nature.*, 292, 235-237.
- Sangeetha, M., Jayakumar, R., Bharathi, C., 2009.** Nitrous oxide emission from soils. *Agric. Rev.*, 30 (2), 94-107.
- Seech, A. G., Beauchamp, E. G., 1988.** Denitrification in soil aggregates of different sizes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52, 1616-1621.
- Simojoki, A., Jaakkola, A., 2000.** Effect of nitrogen fertilization, cropping and irrigation on soil air composition and nitrous oxide emission in a loamy clay. *Eur J Soil Sci.*, 51, 413-424.
- Stouthamer, A. H., 1988.** Dissimilatory reduction of oxidized nitrogen compounds. In A.J.B. Zehnder (eds.). *Biology on anaerobic microorganisms.* John Wiley & Sons Ltd., New York, NY, pp. 245-303.
- Tartu Ülikool., Säätva Eesti Instituut Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskus., Eestimaa Looduse fond., 2012.** Eesti võimalused liikumaks konkurentsivõimelise madala süsinikuga majanduse suunas aastaks 2050., Vahearuanne II
- Valler, V., 1978.** Muldade rühmitamine põllumajanduskultuuride kasvatamiseks sobivuse järgi. (Peatoim. Aulas, L.), *Maaviiljeluse käsiraamat.* Valgus, Tallinn., 43-44.
- Valler, V., 1978.** Mullaerimite agronoomiline rühmitamine. (Peatoim. Aulas, L.), *Maaviiljeluse käsiraamat.* Valgus, Tallinn., 37-38.
- Wagner-Riddle, C., Thurtell, G. W., 1998.** Nitrous oxide emissions from agricultural fields during winter and spring thaw as affected by management practices. *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, 52, 151-163.
- Weier, K. L., Gilliam, J. M., 1986.** Effect of acidity on nitrogen mineralization and nitrification in Atlantic Coastal Plain soils. *Soil Science Society of America Journal.*, 50, 1210-1214.

LISA 1. Põldude ja neil esinevate muldade pindalad

Põllu nimi	Massiivi number	Põllu hektarid	Siffer	Sifri hektarid
Keskuse	54743663665	114,6	G	5,1
			G;Go	100,5
			G1	1,5
			Go	0,0
			Kg	4,5
			Lk	0,9
			LkG	0,0
			LPg	2,1
Mas. Marina	54743911586	109,0	G	6,5
			G(Kg)	23,8
			G;Go	1,4
			G1	5,7
			K	0,7
			K(g)	2,5
			Kg	9,9
			Kg(LPg)	12,7
			Lkg	9,1
			Lkg	0,2
			Lkg(LPg)	4,5
			LkG	25,5
			LPg	5,1
			M7	1,4
			M77	0,0
Riitsaare	54343648241	76,3	G	0,1
			G;Go	72,4
			Kg	3,8
Marina Mihkliga	54643950361	62,1	AG(AM7)	0,2
			G	8,2
			G(Kg)	0,2
			Kg(LPg)	28,4
			Lkg	3,5
			Lkg(LPg)	19,3
			LkG	2,3
			LPg	0,1
Savioja	54843755863	52,5	G;Go	41,9
			LkG	1,5
			LkG;G	9,2
			LPg	0,0

Pihke	54243770301	52,0	AG	0,1
			G	4,7
			G;Go	36,6
			Kg	5,6
			LkG	1,7
			LPG	2,9
			M7	0,4
Kõpu koplid	54743764644	48,3	G;Go	38,7
			G1	0,2
			Go	6,7
			Kg	0,5
			M7	2,3
Puht Suur	54643716265	42,1	G	23,5
			G1	0,3
			Lkg	1,5
			LPg	2,3
			M7;M77	12,8
			M777	1,7
Pärnasaadu	54343706234	41,1	AG	0,3
			G	0,8
			G;Go	15,5
			G;Lkg	0,1
			Kg	9,8
			LG	0,0
			Lkg	0,8
			LPG	13,7
Viisireiu	54843887978	29,3	AG;Ag	0,5
			G;Go	25,3
			G1	0,0
			Kg	1,1
			Lkg	1,6
			LkG	0,3
			LPg	0,4
Esingu	54744005345	28,5	G	0,3
			G(Kg)	27,5
			Go	0,0
			Kg	0,6
			LG;LG1	0,0
			Lkg	0,1
Lauda vastas	54643657217	28,5	G	0,1
			G;Go	12,6
			Kg	12,7

			Lkg	0,0
			M7;M77	2,1
			M777	1,0
Kahe metsa vahe	54243661946	26,2	G	6,6
			G;G1	0,1
			G;Go	2,1
			G1	0,1
			Go	8,2
			M7	9,1
Jurga	54843542910	26,0	AG;Ag	0,1
			G	9,5
			G;Go	0,4
			G1;Go1	0,0
			Go	14,5
			M7	1,4
Kuusiku	54743702858	24,5	G;Go	20,2
			Kg	4,2
			LkG	0,0
Uudu koplid	54643755968	24,1	G	2,6
			G;Go	1,4
			G1	0,0
			Kg	0,9
			LkG	2,7
			M7;M77	11,0
			M777	5,5
Galeega	54643458579	23,3	G;G1	0,0
			G;Go	13,5
			Kg	9,7
			LPG	0,1
Kõmu taga	54443674360	21,9	G;G1	0,1
			M7	14,6
			M777	7,2
Koolimaja väike	54443597346	20,9	G	2,9
			G;G1	1,2
			G;Go	0,1
			Go	4,9
			Kg	11,4
			Lkg	0,5
			LPg:LKg	0,0
Meerents Lehti	54643510475	19,5	G;Go	6,2
			Kg	13,3
Reiu	54743590894	19,3	G1	0,0

			Go	19,3
			M7	0,0
Arsi vastas	54443628309	17,6	G	0,7
			G;Go	13,4
			Lkg	1,7
			LPg	1,8
Saare Einari	54543626380	17,3	G	1,6
			Lk	0,9
			LP(g)	4,6
			LPg	7,6
			M7	2,6
Tali tagune	54643576502	16,1	G;Go	14,6
			Kg	1,5
Tammemäe	54843842501	14,8	G;Go	14,7
			Kg	0,1
			LG1	0,0
Mastialune	54543698266	14,7	G	5,3
			LPg	7,7
			M7;M77	1,7
			M777	0,1
Pärnasaadu väike	54343783691	13,9	G;Go	9,0
			M7	4,8
			M77	0,0
Meiekalda	54443647824	13,5	G	3,2
			G;G1	1,6
			G;Go	0,9
			M7	7,8
Arsi taga	54443744393	13,4	G	8,9
			G;Go	0,9
			G1	0,1
			Lkg	1,7
			LkG	1,9
Püssimehe	54743708535	11,6	G	0,2
			G;Go	3,8
			Kg	7,5
Kõmu	54443688668	11,2	G	3,8
			G;Go	0,2
			M7	7,1
Lindovi	54543565120	10,0	G;Go	5,9
			G1	0,5
			Kg	1,0
			LPg	2,6

			M77	0,0
Kuninga	54543733506	9,6	G	1,1
			LPg	8,5
Kasemetsa	54743627397	9,5	G;Go	9,5
Arsi kodus	54443722562	8,8	G;Go	5,8
			LPg	3,0
Tali alune	54643505096	8,5	G;Go	6,2
			Kg	2,4
Puht kodus	54543870971	8,2	G	6,3
			Kg	0,6
			Lkg	0,2
			LPg	1,0
Koolimaja	54543612994	7,7	LP(g)	3,6
			LPg	3,5
			M7	0,6
Metsa Tõrtsepa	54543494209	7,6	G	2,9
			Kg	4,1
			LG	0,1
			LkG	0,5
Puht	54543749722	5,0	G	1,5
			LG;LkG	0,0
			Lkg	0,1
			LPg	3,5
Vasika laut	54543765016	3,7	G	0,0
			LPg	3,7
Lollideküla	54744055024	3,1	G(Kg)	1,0
			Lk	0,2
			Lkg	0,8
			LkG	1,2
Eede	54543747249	2,6	G	0,1
			LPg	2,5
Kokku		1118,5		1118,5

LISA 2. Uuritaval alal esinenud lõimised ja nende pindalad

Lõimis	Hektarid
k__1ls	6,0
k__1ls_1(k__1sl)/r_1ls_1	11,4
k__1ls_140/r_1ls_1	4,9
kr1/ls_2	0,6
l	2,9
l/ls	0,4
l/ls_2	0,6
l:ls_1	1,5
l;ls_1	5,9
1100	0,0
1100/ls_1	0,0
130-50/ls_1	0,1
130-80/ls_1	1,7
140-100/ls_1	0,1
140-60/ls_1?_2	3,0
140-60/ls_2	0,1
140-70/ls_2	0,1
140-80/ls_2	0,1
140-90/r_1ls_1	6,7
140/ls_140/vls	1,5
140/r_2ls_1	0,1
140/sl	0,0
140/sl;ls_1	0,5
150-100/ls	0,1
150-100/ls_1	1,9
150-80/ls_2	1,5
150/ls_1	2,8
160-100/ls_1	1,7
160-100/ls_2	1,8
160/ls	1,7
160/ls_1	1,0
165-80/ls_1	6,0
180-100/ls	0,1
180-85/ls_1	4,7
180/ls_1	0,9
180/ls_2	0,0
190/ls_2	1,8
liiv	24,8

ls	1,8
ls_1	1,1
ls_1(l)	0,5
ls_1;150/ls_2	0,0
ls_140/ls_2	0,0
ls_140/v_3ls_2	0,1
ls_150/l	0,4
ls_150/ls_2	0,0
ls_2	0,1
ls_250/v__1ls_2	0,1
ls_280-100/v_1ls_2	0,0
pl	16,1
pl30-100/ls_1	2,1
pl50-100/ls_1	19,2
pl60-100/ls_2	0,0
pl90-100/ls_1	9,2
sl	0,7
sl/ls	2,9
sl;ls25/l	2,7
sl30-100/l	0,1
sl30-50/l(sl;s)	0,5
sl50/ls_1	3,8
t_280/l	0,0
t_3	15,4
t_3/l	32,3
t_330-40/l	7,0
t_330-40/ls_1	1,4
t_330-50/l;ls_1	2,5
t_330-50/ls_1;l	3,6
t_330-60/l;ls_2	4,8
t_335-80/ls_1	2,5
t_335-80/ls_1;l	25,1
t_340/ls_1	0,4
t_350-90/ls_1	0,0
t_350/tls	0,0
t_380/l	0,0
v__1160-100/ls_2	2,3
v__1160/ls_1	12,9
v__1180/ls	1,7
v__1180/v__1tls	0,0
v__1ls(v__1sl)50-80/r_1ls_2	8,2
v__1ls_1	14,2
v__1ls_1(sl)75/r_1ls_2	7,9

v__1ls_1(v__1sl)50-80/r_1ls_2	153,4
v__1ls_1(v__1sl)60-80/r_1ls_1	8,4
v__1ls_1/r_1ls_1	0,9
v__1ls_135-100/r_1ls_1_2	2,0
v__1ls_135-100/r_2ls_2	0,1
v__1ls_140-70/1	8,2
v__1ls_150-100/ls_2;r_1ls_2	287,1
v__1ls_150-100/r_1ls_1	29,2
v__1ls_150-100/r_1ls_2	44,4
v__1ls_160-80/r_1ls_1	7,5
v__1ls_160-85/r_1ls_1	36,4
v__1ls_175/r_1ls	5,1
v__1ls_190/rls	1,3
v__1pl50-100/ls_1	52,5
v__1sl(1)/ls_2	0,1
v__1sl(1)50/ls_2	0,8
v__1sl;v__1ls_140-80/ls_2	34,2
v__1sl;v__1ls_145/v_1s_2	0,6
v__1sl;v__1ls_150-100/r_1ls_1	1,0
v__1sl;v__1ls_170/r_1ls_1	41,1
v__1sl;v__1ls20-40/1	20,6
v__1sl22-35/pl	23,8
v__1sl30-65/ls_1	16,5
v__1sl30-70/v__1ls	2,8
v__1sl35-60/v__1ls_120/r_1ls_1	16,1
v__1sl40-65/ls_1	2,5
v__1sl40-70/ls_2	0,1
v__1sl40/v__1ls_1	2,1
v__1sl50-80/v__1ls_1	4,1
v__1sl50/ls_2	2,6
v__1sl50/v__1l40/v__1ls_1	2,4
v__1sl60/ls_1	0,7
v__1sl60/rls_1	2,4
v__1sl80/ls	4,8
Kokku	1118,5

LISA 3. Aastatel 2004 kuni 2011 mineraalväetistega põldudele kantud lämmastiku kogused (kg/ha)

Põllu nimi	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Kahe metsa vahe		96,3		98,1	126,0	33,4		
Pihke	63,0		81,0	98,1	126,0	33,4	33,0	
Riitsaare		96,3	98,4	98,1	82,4	66,4		
Pärnasaadu	97,4	96,3	98,4	101,1	48,0			
Pärnasaadu väike		96,3	98,4	98,4	48,0			
Koolimaja väike	63,0	96,3	68,8	98,4	126,0	33,4	74,8	
Arsi vastas	97,4	96,3	98,1	98,4	82,4			
Meiekalda	97,4	96,3	98,1	98,4	82,4			
Kõmu taga	96,3	96,3	96,3	96,3	48,1			
Kõmu	97,4	96,3	66,0	96,3	48,1			
Arsi kodus	97,4	96,3	98,1	98,4	82,4			
Arsi taga	97,4	96,3	98,1	98,4	82,4			
Metsa Tõrtsepa	97,4	96,3	98,4	66,0	48,1			
Koolimaja	63,0	96,3	68,8	98,4	126,0	33,4	74,8	
Saare Einari	97,4	96,3	66,0	96,3	48,1	33,4	33,0	
Mastialune	96,3	96,3	96,3	96,3	48,1	33,4	33,4	
Kuninga		96,3	98,4	98,1	82,4	33,4		
Eede				66,0	48,1			
Puht	96,3	96,3	96,3		48,1			42,9
Vasika laut	96,3	96,3	96,3	96,3	48,1			93,9
Puht kodus	96,3	96,3		55,0	48,1			93,9
Galeega				98,1	82,4	33,4		
Tali alune				66,0	48,1			
Meerents Lehti				98,1	82,4	33,4		
Tali tagune				98,1	82,4	33,4		
Lauda vastas	96,3	96,3	96,3	96,3	48,1	33,4		
Puht Suur	96,3	96,3	96,3		48,1			93,9
Uudu koplid	96,3	96,3	96,3	96,3	48,1	33,4		
Marina Mihkliga		96,3	98,4	66,0	48,1	33,4	41,7	34,1
Reiu		69,3		96,3	48,1			
Kasemetsa	97,4	69,3		96,3	48,1	33,4		
Keskuse	97,0	96,3	98,4	66,0	48,1		48,4	
Kuusiku	96,3	96,3	96,3	96,3	82,4	33,4		
Püssimehe	96,3	96,3	96,3	96,3	82,4	33,4		
Kõpu koplid	63,0	96,3	96,3	96,3	48,0	33,4		42,9
Mas. Marina		96,3	98,1	98,4	82,4	33,4	33,4	92,9
Esingu	97,4	96,3	66,0	96,3	48,1	33,4		42,9
Lollideküla							33,4	
Jurga		96,3	96,3	96,3	48,1	33,4		

Savioja	97,4	96,3	66,0		82,4		99,0	74,9
Tammemäe	97,4	96,3	66,0	96,3	82,4	33,4		
Viisireiu	97,4	96,3	66,0	96,3	82,4	33,4		
Kokku	2578,2	3316,5	2853,2	3598,9	2880,3	801,2	504,8	619,2

LISA 4. Aastatel 2004 kuni 2011 lägaga põldudele kantud lämmastiku kogused (kg/ha)

Põllu nimi	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Kahe metsa vahe		4,6					32,8	
Pihke					137,0	4,7	4,7	
Riitsaare		4,6					32,8	
Pärnasaadu					137,0	19,2	11,1	
Pärnasaadu väike								11,8
Koolimaja väike								201,3
Arsi vastas					137,0			86,3
Meiekalda								
Kõmu taga								
Kõmu							316,2	
Arsi kodus								
Arsi taga					137,0			
Metsa Tõrtsepa								
Lindovi							139,0	
Koolimaja								201,3
Saare Einari							166,0	285,4
Mastialune			4,6					
Kuninga							179,2	61,5
Eede								
Puht		4,6	4,6					49,2
Vasika laut			4,6					
Puht kodus								71,8
Galeega							128,3	61,5
Tali alune								
Meerents Lehti						151,4	27,0	
Tali tagune						93,3	78,0	
Lauda vastas			4,6					
Puht Suur		4,6	4,6					65,9
Uudu koplid						27,1	6,8	
Marina Mihkliga	4,2						186,6	99,4
Reiu						35,8		16,9
Kasemetsa							69,0	
Keskuse	19,0	4,6				8,1	68,0	107,7

Kuusiku								121,2
Püssimehe								
Kõpu koplid						1,7	140,6	253,0
Mas. Marina				4,6	137,0	39,7	47,8	52,1
Esiingu						74,9	23,0	104,1
Lollideküla								191,3
Jurga								
Savioja						25,2	36,0	175,0
Tammemäe								
Viisireiu							38,2	
Kokku	23,2	23,0	23,0	4,6	685,0	481,1	1731,1	2216,6

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Marianne Metsaoru (sünnikuupäev: 03.11. 1987)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Dilämmastikoksiidi emissioon põldudel OÜ Weissi näitel“, mille juhendaja on Arno Kanal
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 17.05. 2013

