



KESKONNAMINISTEERIUM



# Bioloogiliselt omastatava lämmastiku bilanss Eestis ja meetmed lämmastiku voogude vähendamiseks.

## KOKKUVÕTE

Projekt „Riia lahe lämmastiku haldamise integreeritud süsteem“  
(GURINIMAS)

**Arvo Iital ja Viktoria Voronova**  
Tallinna Tehnikaülikool

Tallinn 2019

### Disclaimer

This document reflects the views of the authors. The managing authority of the programme is not liable for how this information may be used.

## 1. Sissejuhatus

Toitainete liigne koormus soodustab nii pinnaveekogude kui ka Läänemere eutrofeerumist ja seega veekvaliteedi halvenemist. Lämmastiku ( $N_2O$ ,  $NO_x$ ) emissioon atmosfääri põhjustab keskkonna hapestumist ja suurendab osoonisisaldust troposfääris. Lämmastiku sadestumine võib nii suurendada kui ka vähendada metsade ja rohumaade tootlikkust ja bioloogilist mitmekesisust juhul, kui ületatakse lämmastiku kriitilist taset. Peale selle panustavad lämmastiku ( $N_2O$ ) heitmed kliimamuutusesse ja stratosfääri osoonisisalduse vähenemisse.

Lämmastiku emissioonide ja ärakande vähendamiseks on rakendatud mitmesuguseid meetmeid, alates seadusandlikest (sh majandushoovad) ja lõpetades parima keskkonnajuhtimise juhendmaterjalidega. Ühe meetmena on kasutatud ka lämmastiku massi bilansi koostamist spetsiifiliste majandussektorite, eelkõige põllumajanduse jaoks, kus seda on tehtud nii põllu, põllumajandustootja, valgla kui ka kogu riigi ulatuses. Meetodikat on rakendatud isegi globaalselt. Massi bilansi meetodit on kasutatud ka muude spetsiifiliste lämmastiku voogude hindamiseks, nt kasvuhoonegaaside emissioonide inventuuri raames.

Kahjuks ei ole senised meetmed olnud lämmastiku keskkonnamuutuse vähendamisel piisavalt tõhusad. Seetõttu on vaja terviklikumat lähenemist, kaasates kõiki majandussektoreid, tarbimist ja keskkonnasfääre, et hinnata nii looduslikke kui ka inimtekkelisi lämmastikuallikaid, kirjeldada lämmastiku tekkemehhanisme, aga ka selle kasutamist.

## 2. Andmed ja meetodika

Lämmastiku voogude hindamiseks kasutati olemasolevat teavet aine- ja materjalivoogude kohta Eestis ning erinevaid andmebaase ja juhendmaterjale, sh:

- Statistikaameti andmeid ainete, materjalide ja toodete sisendite ja väljundite kohta
- Tervise Arengu Instituudi toidu koostise andmebaasi NutriData
- riiklikke veekasutuse ja jäätmete andmebaase
- keskkonnaseire ja muid Keskkonnaagentuuri hallatavaid andmeid
- uurimistööde tulemusi, aruandeid
- Eurostati materjalivoogude hindamise juhendmaterjale
- lämmastiku bilansi ekspertpaneeli (EPNB) soovitatud meetodikat (EPNB, 2016).

Hinnang anti kõigi olulisemate (> 100 tonni) Nr sisend- ja väljundvoogude kohta 2014. aastal eelnevalt määratletud 12 plokis: põllumajandus, toiduainete ja loomasööda tootmine, muu tööstus, energia tootmine, transport, vesiviljelus, kalandus, inimitarbimine, loodusmaastikud, jäätmesektor, reovee käitlus, atmosfäär, hüdroosfäär.

Rakendatud meetodika riigi tasandil lämmastiku bilansi koostamiseks kohandati meie spetsiifilistele oludele, tuginedes ka Soomes (Antikainen *et al.*, 2005), Taanis (Hutchings *et al.*, 2014) ja Rootsis (Claesson ja Steineck, 1996) rakendatud meetodikale.

Mudeli sisendina kasutati võimaluse korral andmeid 2014. aasta kohta ja vaid üksikutel juhtudel mitme aasta keskmistatud andmeid (nt mõned põllumajanduse ploki sisendid), aga ka erinevaid Nr emissioonide ühikväärtusi, mis on saadud uuringute käigus Eestis või mujal.

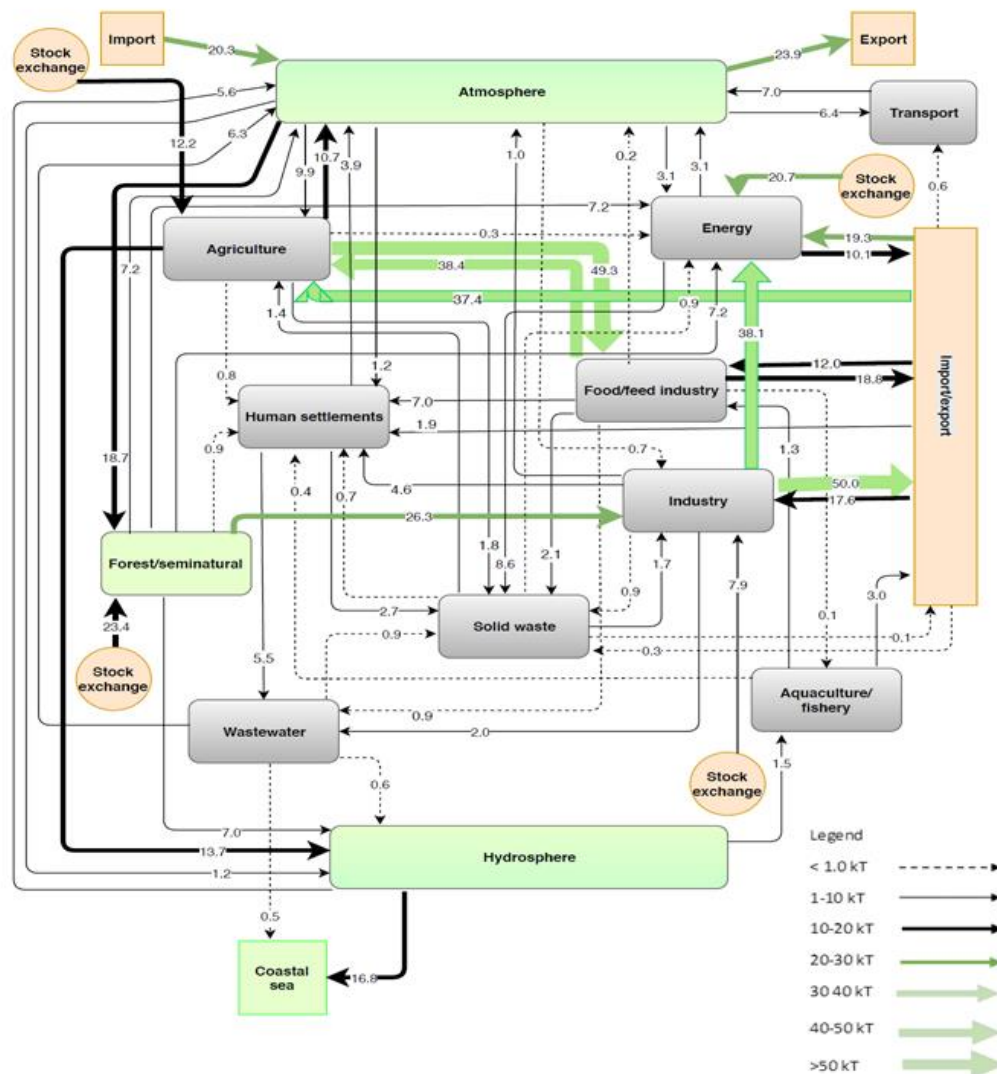
Lämmastikuallikate ja voogude inventuurile tuginedes hinnati lämmastiku (N) sisendeid ja väljundeid valitud majandussektorite, inimtarbimise ja looduskeskkonna plokkides ning koostati Eesti lämmastiku bilanss. Määratletud plokke käsitleti kui „musti kasti“, mistõttu nende sisemiste N voogude analüüs ei olnud kõnealuse uuringu spetsiifiline eesmärk. Erandiks on põllumajandussektor, mille detailsem analüüs võimaldas kirjeldada sõnniku tootmise ja kasutamisega seotud lämmastiku voogusid põllukultuuride ja loomakasvatuse alamplokkide vahel ning mulda seotud lämmastiku sisendit põllumajanduse ja ka loodusmaastike plokkidesse.

### **3. Määramatuse hindamine**

Sobivate statistikameetodite kasutamine aine- ja materjalivoo analüüsimiseks on keeruline, sest sisendina kasutatakse valdavalt eraldiseisvaid väärtusi, mitte aga ulatuslikke andmebaase (Schwab *et al.*, 2016). Ainevoo arvutustes kasutatavate sisendandmete kvaliteet varieerub suurtes piirides olenevalt andmeallikast ja sisend-/väljundvoo spetsiifilistest komponentidest. Sellest lähtuvalt moodustati määramatuse hindamiseks eksperdipaneel, kes pakkus välja määramatuse tegurid kõigi hinnatud N voogude kohta, mis ületavad 0,1 kt aastas, järgides Hedbrandti ja Sörme (2001) pakutud ning Antikainen *et al.* (2005) kohandatud meetodikat.

### **4. Lämmastiku voog majandussektorite, inimtarbimise ja looduskeskkonna vahel 2014. aastal**

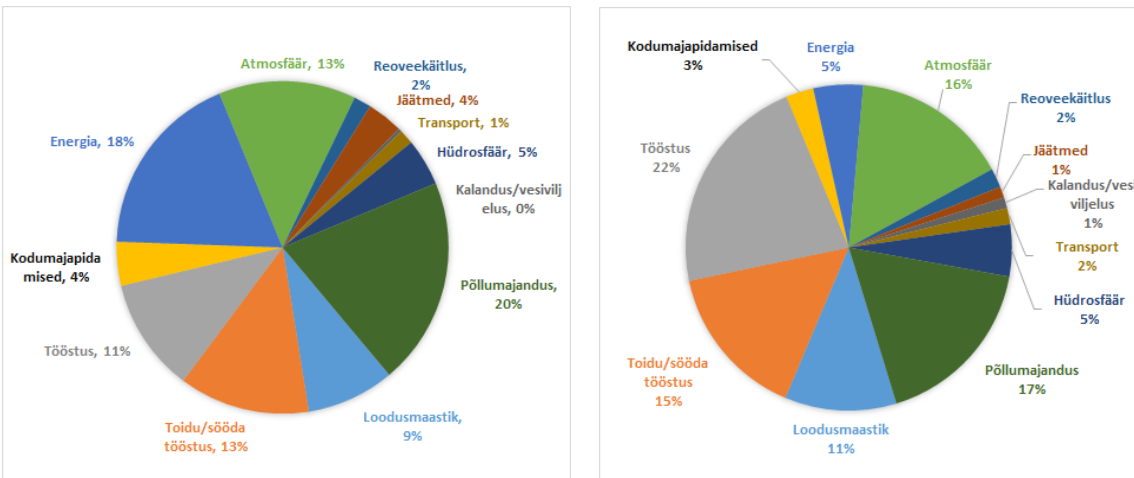
Lämmastiku arvutuslik voog määratletud majandussektorite ning inimtarbimise ja looduskeskkonna plokkide vahel on esitatud joonisel 1. Kokku ringleb majandussektorite, inimtarbimise ja looduskeskkonna vahel umbes 500 tuhat tonni reaktiivset lämmastikku aastas.



Joonis 1. Lämmastiku arvutuslik voog majandussektorite, inimtarbimise ja looduskeskkonna vahel Eestis 2014. aastal.

Lämmastiku suurim sisendvoog on põllumajanduse, energia, atmosfääri ning toiduainete/loomasööda tööstuse plokkidesse, moodustades 64% kogu ringlevast lämmastikust (joonis 2). Sisend hüdrofääri, reoveepuhastitele ja jäätmekäitlusesse moodustab 11% kogu Nr sisendist. Suhteliselt väiksem Nr voog siseneb transpordi ning vesiviljeluse/kalanduse plokki. Nr sisendvoog imporditud kala ja kalatoodetega arvestati sisendina toiduainete ja loomasööda tööstusesse.

Suur kogus lämmastikku liigub põllumajanduse ja toiduainete/sööda tootmise plokkide vahel põllumajandustoodete, toiduainete ja söödaproductide näol (joonis 1). N suur voog tööstussektorist energia plokki tuleneb nii toodetud põlevkiviõli ja -gaasi kui ka kütuse kasutamisest energia tootmiseks. Sadestumine atmosfäärist ja N<sub>2</sub> sidumine taimedega, aga ka piiriülene N eksport panustavad N voogu atmosfääri ja põllumajanduse ning loodusmaastike ploki vahel.



Joonis 2. Lämmastiku sisend- (vasakul) ja väljundvoogude (paremal) jagunemine 12 ploki piires Eestis

Kogu Eestit hõlmav lämmastiku summaarne bilanss (sisend miinus väljund) oli 2014. aastal positiivne (+52 kt; 13 kg N/ha Eesti territooriumi kohta). See on tingitud eelkõige energia, põllumajanduse, jäätmekäitluse ja kodumajapidamiste ploki tugevast positiivsest bilansist. Energiasektori ülejäägiga Nr bilanss on tingitud põlevkivi ja turba ning põlevkiviõli ja -gaasi sisendist tööstuse ploki, mille bilanss on seetõttu tugevalt negatiivne (-42,3 kt). Nr väljundvoog ületas sisendit ka loodusmaastike (-6,5 kt), toiduainete ja söodatööstuse (-4,9 kt) ning vesiviljeluse/kalanduse (-3,1) ploki.

Lämmastiku bilanss tegelikult kasutatava põllumajandusmaa (974 820 ha) kohta Eestis oli 2014. aastal +23,5 kg N/ha/a.

#### 4.1. Lämmastiku voog atmosfääri

N summaarne emissioon atmosfääri punkt- ja hajullikatest oli 65,6 kt (52–93 kt) ehk 14,5 kg N/ha/a, arvestades Eesti territooriumi suurust – 4 533 900 ha. Umbes 33% Nr koormusest atmosfääri pärineb punktreaosusallikatest ja 36% hajullikatest. Täiendavalt panustab piiriülene transport ca 31% lämmastiku sisendist. Punktallikate koormusest moodustab transpordi sektor 32% ning teiste sektorite osakaal on väiksem. Hajullikate Nr koormusest moodustab emissioon põllumajandusest ca 45%, loodusmaastikelt 31% ja denitrifikatsiooni käigus veekogudelt lenduv lämmastik 24%.

Väljundvoogudes domineerib Nr piiriülene transport naaberriikidesse (35%); sadestumine panustab 28% ja bioloogiline sidumine 17% kogu väljundvoost.

Atmosfääri Nr sisend- ja väljundvoogude kirjeldamisel on määramatus Nr sadestumise ja eelkõige bioloogilise sidumise hinnangutes, aga ka hajullikatest (põllumajandus ja loodusmaastikud) pärit N emissioonide osas suur.

#### 4.2. Lämmastiku voog hüdrofääri

Hüdrofääri Nr sisend- ja väljundvoog tasakaalustati, eeldades et erinevus sisend- ja väljundvoogudes moodustab denitrifikatsiooni käigus atmosfääri emiteerunud ja bioloogiliselt omastatud lämmastiku. Arvutuslik denitrifikatsiooniga emiteerunud N<sub>2</sub> moodustab 5,6 kt (2,8–11,2 kt) ehk ligi 25% hüdrofääri sisenevast N koormusest. Denitrifikatsiooni ja bioloogilise sidumisega eemaldatakse hüdrofäärist

1,2 kg N/ha/a, arvestades kogu Eesti territooriumi pindala. Vee (ja N) vahetust pinna- ja põhjaveekogumite vahel konkreetses töös ei hinnatud.

Hajukoormus põllumajandusmaalt ja loodusmaastikelt moodustab 92% kogu Nr koormusest siseveekogudele. Sadestumine atmosfäärist panustab umbes 5% lämmastikust. Seega pärineb 97% kogu N koormusest siseveekogudele hajuallikatest ja 3% punktallikatest.

Reoveekäitluse ploki sisendid ja väljundid tasakaalustati massi bilansi meetodit kasutades ning eeldades, et N emissioon atmosfääri on võrdne reovee N sisendvoo ja heitvee N väljundvoo vahega.

### 4.3. Lämmastiku voog jäätmetega

Ligi 50% kogu Nr sisendvoost jäätmekäitluse ploki tuleneb põlevkivituha ladustamisest. Inimasustus moodustab 15% jäätmekäitluse Nr sisendvoost, peamiselt toidukao ja biojätmete näol. Nr sisend jäätmeploki toiduna on 6,2 kg inimese kohta aastas.

## 5. Soovitused keskkonnapoliitika kujundamiseks, reaktiivse lämmastiku voogude tõhusamaks juhtimiseks

Välja pakutud soovitused keskkonnapoliitika kujundamiseks ja reaktiivse lämmastiku voogude tõhusamaks juhtimiseks tulenevad valdavalt N voogude analüüsist (aga ka muudest tulemustest) ning on valdavalt sarnased nii Eestis kui Lätis väheste eranditega (nt. põlevkivi kasutamisega seotud Nr vood Eestis). Autorite hinnangul on pakutud spetsiifilised meetmed mingil põhjusel ka alatähtsustatud ja/või seni alakasutatud. Samuti eeldati, et pakutud meetmed on rakendamiseks realistlikud, ehkki mõnel juhul pika viibeajaga, ning ei ole enamasti liiga kulukad (v.a. nt. meetmed täiendava info kogumiseks, seireks, uuringuteks).

### Hüdrosfäär

- Uuringute ja seiresüsteemi arendamine hajukoormuse täpsemaks hindamiseks põllumajandus- ja loodusmaastikelt, sh põllu tasandi drenivee seire jätkamine (PMUK).
- Meetodika arendamine loodusliku taustakoormuse hindamiseks, sh turba kaevandamise ja lageraie mõju.
- Ruumiliselt fookuseeritud meetmete rakendamine toitainete ärakande vähendamiseks arvestades tegelikke survetegureid, maakasutust ja hüdro-geograafilisi tingimusi.
- Loodulähedaste vee viibeaega pikendavate meetmete testimine ja kasutamine, eelkõige drenisüsteemidel ja väiksematel vooluveekogudel.
- Aineringe tõhusam sulgemine sõnnikumajanduses (laotamise tehnoloogiad, hoidlad, täppislaotamine, kompostimine) N ärakande vähendamiseks ja NH<sub>3</sub> sadestumise minimeerimiseks. Meede võiks sisaldada üleminekut N põhistelt väetamise normidelt P põhistele, arvestades N/P põllukultuuridele ebasobivat suhet vedelsõnnikus.
- Seiresüsteemi täiendamine fosfori sisalduse analüüsidega madalas põhjavees lisaks olemasolevatele.

- Realistlikum ja veekogumi põhine lähenemine “hea seisundi” defineerimisel toitainete sisalduse alusel – sobiva meetoodika väljatöötamine.
- Uuringud kulutõhusate väikepuhastite sh. kodumajapidamistele sobivate tehnoloogiate arendamiseks.
- Reoveesette kasutamise edendamine, arvestades üsna suurt Nr voogu (0,9 kT/a) eelkõige kohas, kus toit on toodetud (põllumaa), aga ka maastike kujundamiseks.
- Uute ja kulutõhusate tehnoloogiate arendamine patogeenide ja mikrosaasteainete eemaldamiseks settest.
- Vesiviljeluse keskkonnamõju hindamise meetoodika täiustamine, sh. uuringud/seire. Senised ametlikud andmed kalakasvanduste N koormusest ca 10 korda alahinnatud.
- Inimeste teavitamine erinevate toitumistavade ja eelkõige loomsete valkude (nn punase liha) ülemäärase tarbimise mõjust keskkonnale ja Nr koormusele veekeskonda.
- Põllu ja põllumajandustootja toitainete bilansi tähtsustamine.
- Piiriülese koostöö edendamine, sh seireandmete vahetus ja ühisuuringud, et vähendada piiriülest reostuskoormust.

## Atmosfäär

- Terve hulk meetmeid varem välja pakutud (Keskkonnaministeerium, 2019. Teatavate õhusaasteainete heitkoguste vähendamise riiklik programm aastateks 2020–2030), s.h. lämmastiku käitlemine, arvestades kogu lämmastikuringet.
- Hea põllumajandustava raamjuhend ammoniaagiheite vähendamiseks (Keskkonnaministeerium, 2019).
- Tehnilised ja praktilised meetmed N emissiooni vähendamiseks sõnniku- ja väetisemajanduse kõikidel etappidel laudast põlluni, sh. laotustehnika, hoiustamine, täppisväetamine, kiire mulda viimine, sõnniku hapestamine.
- Meetoodika täiustamine hajusatest allikatest pärit N emissioonide hindamiseks (haritav maa ja loodusmaastikud), sh. NH<sub>3</sub> emissioonide hindamiseks.
- Kanalisatsiooniga liitunud elanike arvu edasine suurendamine, mis panustab NH<sub>3</sub> emissiooni vähenemisse (vähenemine võrreldes emissiooniga kuivkäimlatest).
- Inimeste teavitamine erinevate toitumistavade ja eelkõige loomsete valkude (nn punase liha) ülemäärase tarbimise mõjust keskkonnale sh õhukvaliteedile.
- Eesti ja Läti oludele sobiva lämmastiku jalajälje kalkulaatori kasutamine.
- Hoonete energiatõhususe suurendamine.
- Fossiilkütuste tarbimise vähendamine energia ja transpordi sektoris.

## Jäätmed

- Ringmajanduse põhimõtete rakendamine kõikidele jäätmetele sh. mineraalsed jäätmed (nt. põlevkivituhk).

- Teadlikkuse parandamine, et vähendada jäätmeteket, sh. toidujäätmete koguse oluline vähendamine.
- Toidu säilitamiseks sobivate keskkonnasõbralikumate pakendite arendamine ja kasutamine, et vähendada toidukadusid.
- Orgaaniliste jäätmete tõhusam eraldi kogumine, eelkõige kodudes.
- Biolagunevate jäätmete ladustamise järk-järguline keelustamine.
- Biogaasi tootmiseks potentsiaalselt sobivate biojäätmete arvepidamise süsteemi rakendamine.