



Bioloogiliselt omastatava lämmastiku bilanss Eestis

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

**Arvo Iital, Enn Loigu, Karin Pachel, Viktoria Voronova, Alvina Reihan,
Argo Kuusik**
Tallinna Tehnikaülikool

Tallinn 2019

Sisukord

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Sissejuhatus | 3 |
| 2. | Metoodika | 4 |
| 3. | Määramatuse hindamine | 5 |
| 4. | Lämmastiku vood majandussektorites, inimitarbimises ja keskkonnas | 6 |
| 5. | Lämmastiku voog majandussektorite, inimitarbimise ja looduskeskkonna vahel 2014. aastal | 17 |
| 6. | Kokkuvõte | 22 |
| | Andmeallikad | 23 |

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. Metoodikat 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 integreeritumat/terviklikumat lähenemist, kaasates kõiki majandussektoreid, tarbimist ja keskkonnasfääre, et hinnata nii looduslike kui ka inimtekkelisi lämmastikuallikaid, kirjeldada lämmastiku tekkemehhanisme, aga ka selle kasutamist. Seda lünka püütakse täita EL-i käimasoleva programmi Interreg projektiga GURINIMAS, mille eesmärk on hinnata kvantitatiivselt bioloogiliselt omastatava (reaktiivse) lämmastiku (Nr) voogusid majandussektorite, inimtarbimise ja looduskeskkonna vahel Eestis ja Lätis ning piiriülest lämmastiku importi ja eksporti, rakendades materjali- ja ainevoos analüüsi metoodikat kogu riigi tasandil. Bioloogiliselt omastatava lämmastiku vormid tekivad atmosfääris leiduva N_2 muundumisel bioloogiliselt omastatavaks lämmastikuks NH_3 või NO kujul nii looduslike kui ka antropogeensete protsesside tulemusena. Lämmastiku bilansi tasakaalustamiseks on üksikutele juhtudel hinnatud ka bioloogiliselt mitteomastatava lämmastiku voogusid, nt kaevandatava põlevkivi ja sellest valmistatud toodete näol ning imporditud ja eksporditud kütustega, aga ka põlemisprotsessides tekkiva N_2 emissioone atmosfääri.

Seni leidub vaid ükskuid riike (nt Taani, Saksamaa, Šveits), kus lämmastiku bilansi on üritatud koostada kõiki majandussektoreid hõlmates ja kogu riigi ulatuses.

2. Metoodika

Uuritava süsteemi piiriks on Eesti territoorium koos rannikumerega, kuhu Nr jõuab jõgedega, heitveega ja sadestumisega atmosfäärist. 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
- inimtarbimine
- loodusmaastikud
- jäätmesektor
- reovee käitlus
- atmosfäär
- hüdrofäär.

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
- uurimistöde tulemusi, aruandeid
- Eurostati materjalivoogude hindamise juhendmaterjale
- lämmastiku bilansi eksperdipaneeli (EPNB) soovitatud metoodikat (EPNB, 2016. Detailed annexes „Guidance document on national nitrogen budgets“).

Rakendatud metoodika 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 metoodikale.

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 plokkide 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 alamplakkide 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. Kasutati seitset üksmeelselt määratud tegurit vahemikus 1,0–2,0 (tabel 1), millega korrutati ja jagati läbi arvutatud lämmastiku voogude tulemused, et hinnata spetsiifilise lämmastiku voo võimalikku varieeruvust. Iga ploki N sisend- ja väljundvoo määramatuse saamiseks summeeriti spetsiifiliste voogude arvutatud määramatused plokkide kaupa (tabel 1).

Tabel 1. Pakutud määramatuse tegurid andmeallikate kaupa (kohandatud Antikainen *et al.*, 2005 järgi)

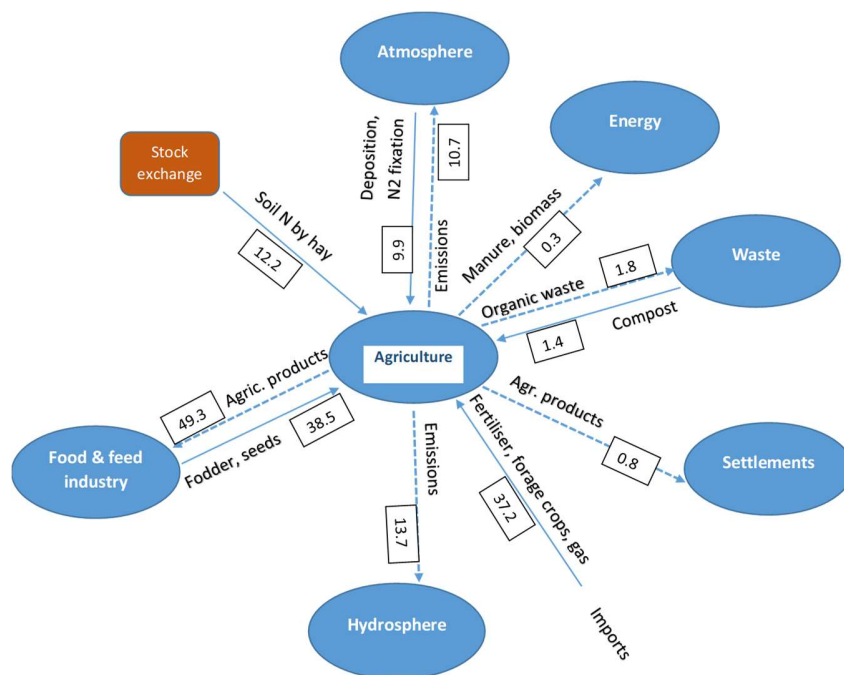
| Määramatuse tegur | Andmeallikas |
|-------------------|---|
| 1,0 | Spetsiifilised andmebaasid, punktreostusallikate seireandmed |
| 1,05 | Statistika, punktreostusallikate seireandmed |
| 1,1 | Statistika |
| 1,2 | Seireandmed/modelleerimise tulemused/statistika |
| 1,33 | Hajukoormuse seire andmed, lämmastikusisaldus materjalides, toodetes |
| 1,5 | Kirjandusallikad, kaudsed arvutused, massi bilansi meetod |
| 2,0 | Üksteist täiendavad kaudsete arvutuste tulemused, massi bilansi meetod ja eksperdiarvamus |

4. Lämmastiku vood majandussektorites, inimtarbimises ja keskkonnas

Nr sisendite ja väljundite analüüs tehti plokkide kaupa (vt joonis 1), misjärel oli võimalik kirjeldada lämmastiku kaskaadi põhist ainevoogu kõigi valitud majandussektorite, inimtarbimise ja keskkonna vahel (joonis 12).

4.1 Põllumajandus

Lämmastiku arvutuslikud sisend- ja väljundvood põllumajanduse plokis on esitatud joonisel 1.



Joonis 1. Lämmastiku sisend- ja väljundvood põllumajanduse plokis (kt/a)

Määramatus N voogude hinnangutes selles plokis võib olla suur, mis on tingitud eelkõige varieeruvatest algandmetest lämmastikusisalduse kohta põllumajandustoodetes, sõnnikus ja jäätmetes. Peale selle rakendati kindlate Nr voogude arvutamiseks massi bilansi meetodit.

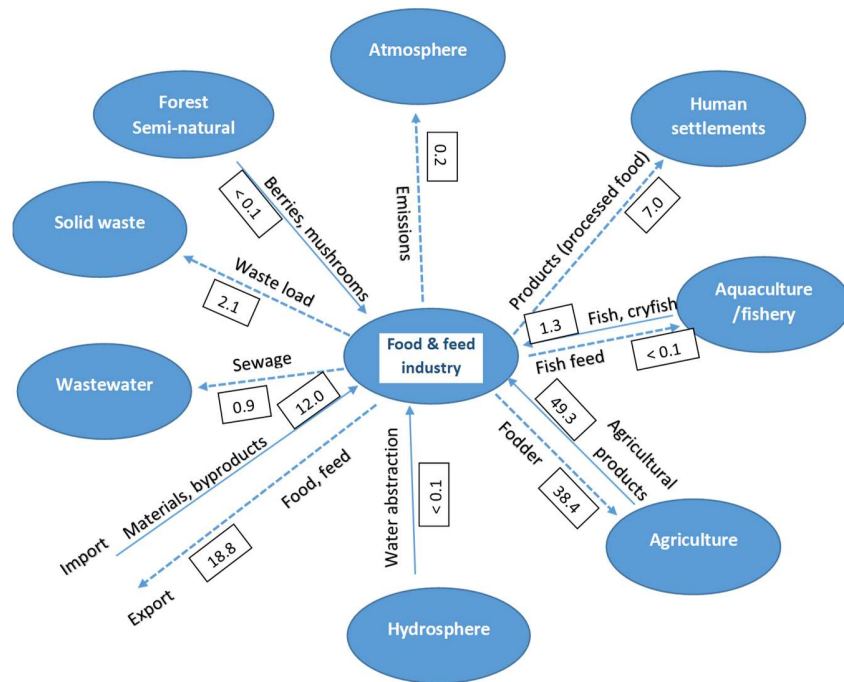
Nr summaarne sisend põllumajanduse plokki on 99,2 (84–119) kt ja väljundvoog 76,5 (66–90) kt. Taime- ja loomakasvatuse alamplokkide vahel liikus 36,3 kt N sõnnikuga ja 12,2 kt loomasöödana karjamaa heina näol. Lämmastiku bilanss on positiivne (+23 kt).

38% lämmastiku sisendvoost annavad imporditud väetised, loomasööt ja maagaas. Toiduainete ja loomasööda tööstus panustab loomasööda näol 39% kogu sisendvoost.

Taimne ja loomne põllumajandustoodang toiduainete/loomasööda tööstusele moodustab u 64% kogu Nr väljundvoost, millele järgneb Nr emissioon keskkonda (18% hüdrofääri ja 14% atmosfääri).

4.2 Toiduainete ja loomasööda tootmine

Lämmastiku arvutuslikud sisend- ja väljundvood toiduainete ja loomasööda tootmisest on esitatud joonisel 2. Eeldati, et tööstuste tekitatud reoveekogus on võrdne veetarbega. Põllumajandustoodete eksport sellest plokist sisaldab ka tooteid, mida põllumajandustootjad ekspordivad otse (nt piim), sest seonduvate lämmastiku voogude eristamiseks ei olnud saadaval vajalikke andmeid.



Joonis 2. Lämmastiku sisend- ja väljundvood toiduainete/sööda tööstuse plokis (kt/a)

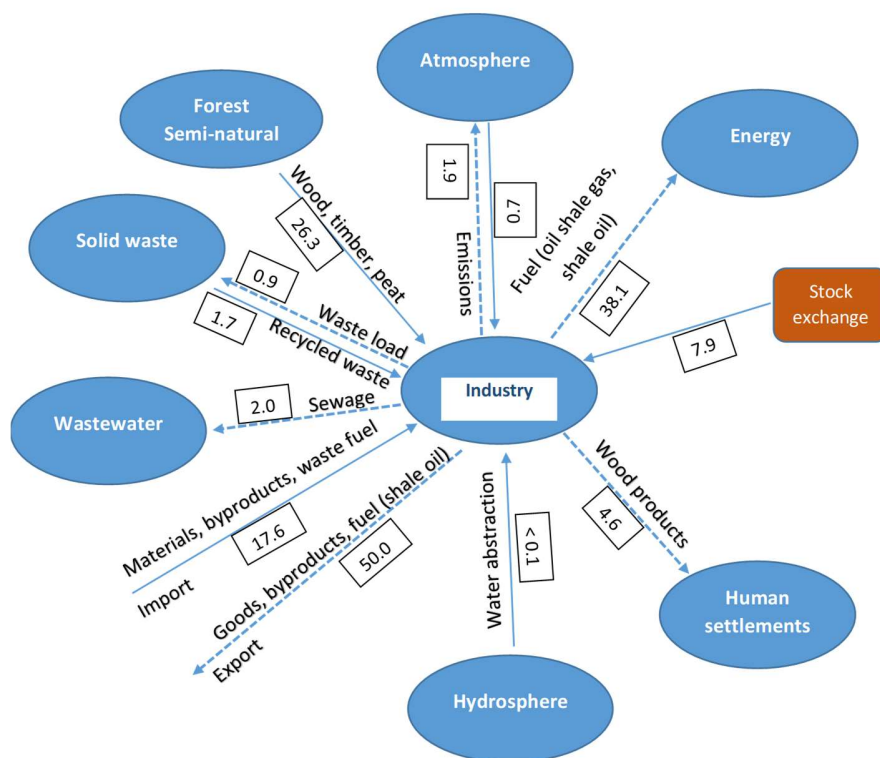
Määramatus N voogude hinnangutes selles plokis on tõenäoliselt suur, sest erinevad allikad annavad üsna varieeruvaid andmeid lämmastikusisalduste kohta toiduainetes, materjalides ja põllumajandustoodetes. Väljundvoog inimtarbimise ploki arvatati eeldatava toiduna tarbitava N koguse alusel.

N summaarne sisend toiduainete/loomasööda tööstuse sektorisse on 62,6 (57–70) kt ja väljundvoog 67,4 (60–74) kt. Lämmastiku väljundvoog plokist ületab sisendeid ligi 5 kt võrra. 79% lämmastiku sisendvoost moodustab põllumajanduslik tooraine põllukultuuride, piima, liha ja munade näol. Tööstusliku tooraine, pooltoodete ja kütuste (maagaas) import moodustab 19% N sisendvoost. Olulisemateks väljundvoogudeks plokist on N loomasöödaga põllumajandussektorisse (57% kogu väljundvoost), toidu/söödatööstuse toodete eksport (28%) ning toiduained inimtarbimiseks (10%).

4.3 Tööstus

Tööstuse plokis arvestati kõiki olulisi N voogusid tööstustes, välja arvatud omaette plokkidena käsitletud toiduainete/loomasööda ning energeetikasektoriga seotud vood (joonis 3). Põlevkivi kaevandamine ja

sellega seotud N vood on arvestatud tööstussektori alla. N väljundvoog sisaldab energeetikasektorile toodetud põlevkiviõli ja põlevkivigaasi.



Joonis 3. Lämmastiku sisend- ja väljundvood tööstussektoris (kt/a)

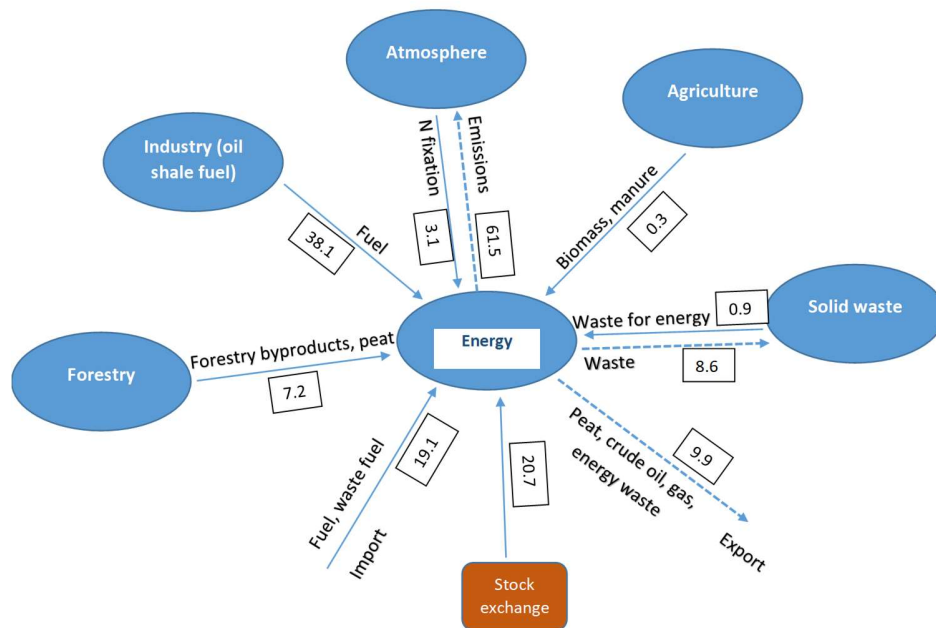
Suurem osa algandmetest on kättesaadav Statistikaameti andmebaasidest. Andmed lämmastikusisalduse kohta toormes ja toodetes pärinevad eri allikatest ning on erineva usaldusväärsusega. Osa ainevoogusid arutati massi bilansi meetodil. N summaarne sisend tööstussektoris on 54,4 (43–70) kt ja väljund 97,7 (71–136) kt.

Enamik (48%) N sisendvoost tuleb puidu ja turba näol loodusmaastike plokist. Lämmastiku voog kaevandatud põlevkivi näol moodustab 14,5% ning tooraine ja energiakandjate import 32% kogu sisendvoost. Seega moodustavad nimetatud sisendid ligi 95% summaarsest N sisendvoost tööstussektoris. N väljundvoog leiab aset toodete ja pooltoodete ekspordina (51% kogu väljundist) ning kaevandatud ja toodetud kütusena energeetikasektorile (39%).

N bilanss on tugevalt negatiivne (–43,3 kt N), mis on tingitud suurest N väljundvoost (38,1 kt) energiakandjate näol (põlevkiviõli ja -gaas) energeetikasektorile.

4.4 Energia tootmine

Lämmastiku arvutuslikud sisend- ja väljundvood energeetikasektoris on esitatud joonisel 4. Nr sisendvoog põlevkiviõli ja -gaasina pärineb tööstuse plokist.



Joonis 4. Lämmastiku sisend- ja väljundvood energeetikasektoris (kt/a)

Arvutustulemuste määramatus lämmastikusisalduse kohta materjalides ja toodetes ning atmosfääri lämmastiku sidumisest põlemisprotsessis on suur. N summaarne sisendvoog energia ploki on 89,5 (68–120) kt ja väljund 80,0 (57–113) kt aastas. N bilanss on positiivne (+10 kt).

66% energiasektori lämmastiku sisendvoost moodustavad kohalikud kütused (põlevkivi, põlevkiviõli ja -gaas, puit, turvas). Umbes 21% sisendist tuleb kütuste impordiga. Osa kütust (sh nafta) läbib Eesti transiidina. N emissioon atmosfääri moodustab 77% väljundvoost, kusjuures emissioon $\text{NH}_3\text{-N}$ ja $\text{NO}_x\text{-N}$ ja $\text{N}_2\text{O-N}$ näol moodustab vaid 4% summaarsest väljundvoost. Kütuste eksport moodustab 12%. Umbes 11% Nr väljundvoost on seotud põlevkivituha ladustamisega jäätmeplakis.

4.5 Transport

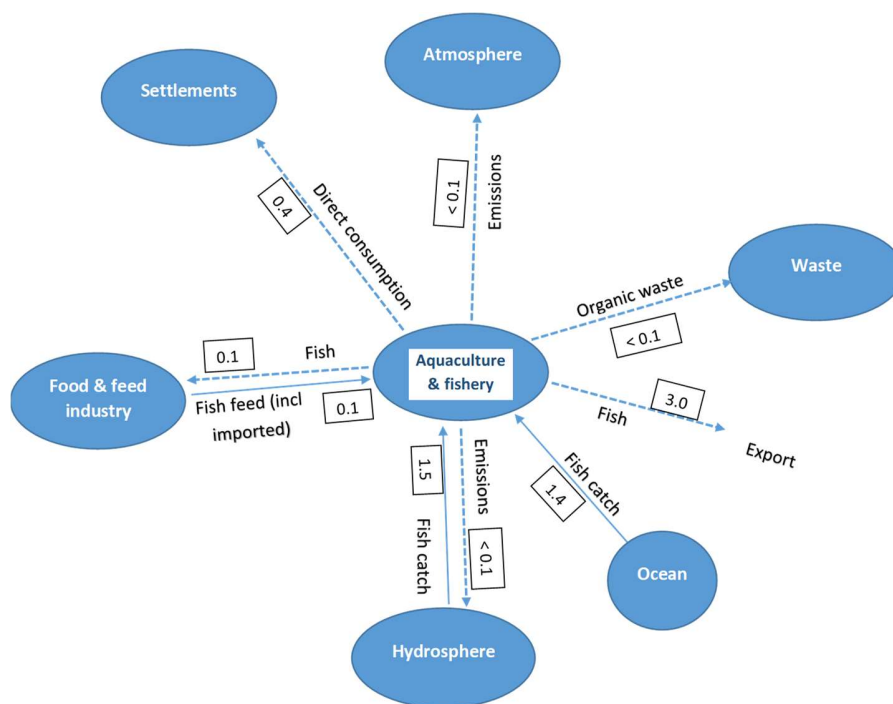
Hinnati ainult maismaa- ja meretranspordiga seotud Nr voogusid, sest siin kasutatakse suuremas koguses diislikütust, mille lämmastikusisaldus on bensiiniga võrreldes oluliselt suurem. Lämmastiku sisendvoog transpordi ploki sisaldab vaid imporditud kütuseid ja atmosfääri lämmastiku sidumist põlemisprotsessis (joonis 12). Ainus väljundvoog on N emissioon atmosfääri. Lämmastiku sidumist põlemisprotsessis hinnati massi bilansi meetodiga, kus eeldati, et see võrdub atmosfääri emiteeritud N koguse ja kütustes sisalduva lämmastikusisalduse vahega. Eeldati ka, et kogu transpordisektori kütus on Eestisse imporditud.

Lämmastikuisalduse kohta kütustes on väga vähe andmeid. N sisendvoog sisaldab 0,6 kt kütustega ja 6,4 kt atmosfäärist, kokku 7 (5,4–9,3) kt ja väljundvoog 7,0 (5,3–9,4) kt.

Transpordi plokist pärineb ligi 7% atmosfääri emiteeritud summaarsest lämmastiku voost Eesti territooriumilt.

4.6 Vesiviljelus, kalandus

N sisendvoog sisaldab püügikala siseveekogudest ja ookeanist ning kalasööta kasvanduste jaoks (joonis 5). N väljundvoog sisaldab toiduainetööstusele toodetud kala, otsest inimitarbimist, ekspordi, emissioone atmosfääri, kalakasvanduste setetes seotud lämmastikku, koormust hüdrofäärile ning jäätmeid.



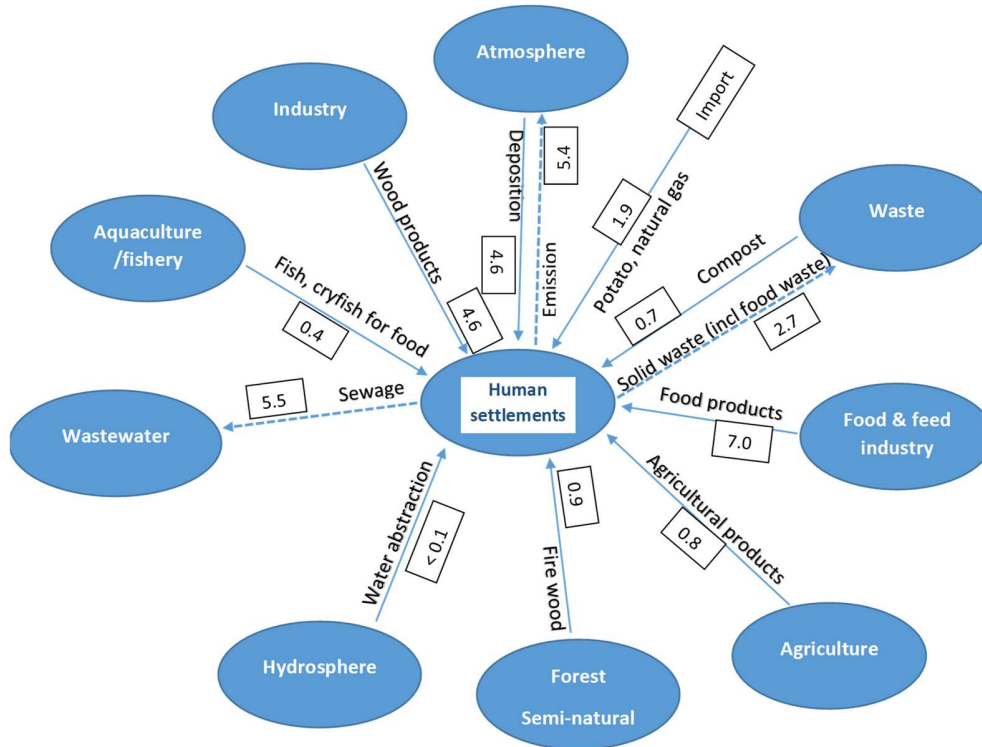
Joonis 5. Lämmastiku sisend- ja väljundvood vesiviljeluse/kalanduse sektoris (kt/a)

Suurem määramatus on seotud lämmastikuisaldusega kalasöödas ning hinnangutega söödas sisalduva lämmastiku voost kalasse, aga ka N kadudega keskkonda. N summaarne sisend plokki on 1,6 (1,4–1,7) kt ja väljund 4,7 (3,6–5,7) kt. N bilanss on kergelt negatiivne (–2 kuni –4 kt).

Lämmastiku voog vesiviljeluse/kalanduse sektoris on muude majandussektoritega võrreldes suhteliselt väike. Kala ja kalatoodete import arvestati sisendina toiduainetööstusesse. 90% kogu N sisendist kõnealusel sektoris tuleb Läänemere ja ookeanikalaga. 63% kogu N väljundvoost moodustab kala ja kalatoodete export ning 23% N voog toiduainetööstusele läinud kala biomassiga. N bilanss (sisend miinus väljund) on tugevalt negatiivne (–3,1 kt), sest kala export (2,9 kt N) toimub sellest sektorist, kuid N voog impordiga (1,8 kt) arvestati sisendina toiduainetööstusesse.

4.7 Inimtarbimine

Lämmastiku arvutuslikud sisend- ja väljundvood inimtarbimise plokis on esitatud joonisel 6.



Joonis 6. Lämmastiku sisend- ja väljundvood inimtarbimise plokis (kt/a)

Suurema määramatusega on eeldatavasti järgmised parameetrid:

- N sisend toidu- ja puidutoodetega ja energiapuiduga
- N voog jäätmetega.

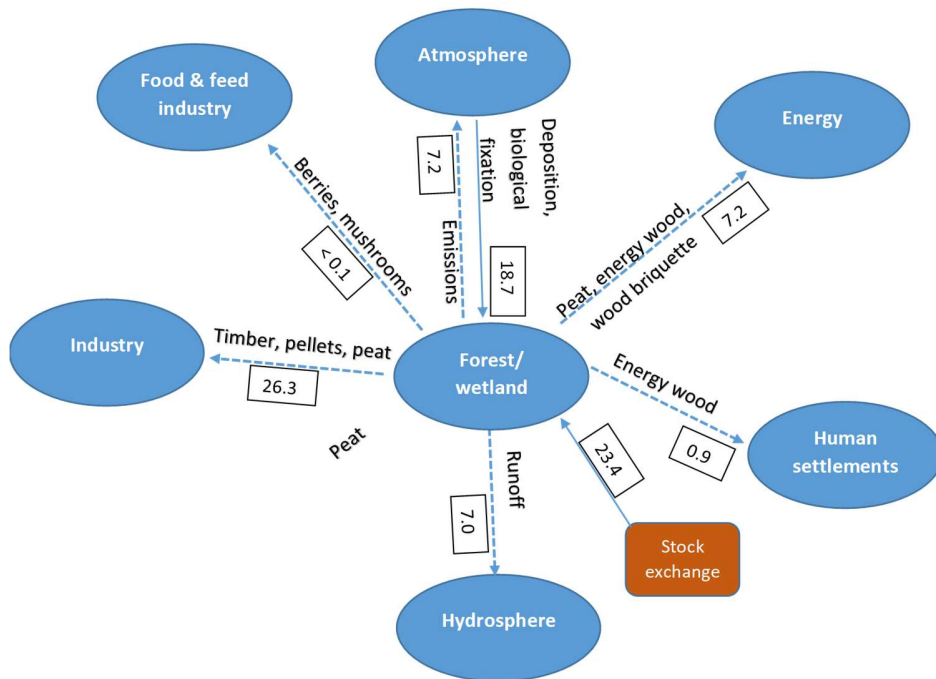
Nr summaarne sisendvoog on 21,7 (18–26) kt ja väljundvoog 12,0 (11–14) kt. N bilanss on seega tugevalt positiivne (7,5 kt).

Nr suurim sisendvoog tuleb toiduainetööstusest (33% N summaarsest sisendist) ja puidutoodetega tööstuse plokist (22%). N sidumine põlemisprotsessides ja sadestumine atmosfäärist moodustab kokku 22% ning kartuli ja maagaasi import kokku 9% N sisendist. Suurim väljundvoog on reoveega reoveekäitluse plokki (40%) ja emissiooniga atmosfääri (40%). N voog jäätmetega moodustab 20% kogu väljundvoost.

4.8 Loodusmaastikud

Nr voogude hinnang sisaldab metsa- ja soomaastikke. Koormus looduslikelt rohumaadelt sisaldub põllumajanduse plokis. Võimalikke maakatte ja maakasutuse muutusi 2014. aastal ei arvestatud.

Lämmastiku arvutuslikud sisend- ja väljundvood loodusmaastike plokis on esitatud joonisel 7.



Joonis 7. Lämmastiku sisend- ja väljundvood loodusmaastike plokis (kt/a)

Mitmete sisend- ja väljundvoogude hinnangute määramatus on meetodiliste keerukuste tõttu suur. See kehtib eelkõige hinnangute osas metsa- ja sootaimestiku seotud mulla lämmastiku kohta, aga ka denitrifikatsiooniga atmosfääri lenduva lämmastiku ning äravoolusüsteemist väljuva Nr hajukoormuse kohta. Lämmastikusisaldus metsataimedes ja turbas varieerub suurtes piirides, millele on osutatud ka varasemates uuringutes.

Nr summaarne sisend loodusmaastikele on 42,1 (33–56) kt ja väljundvoog 48,7 (34–71) kt. 58% Nr sisendvoost moodustab taimede omastatud mulla lämmastik. N sadestumine atmosfäärist moodustab 30% sisendist ning atmosfääri lämmastiku sidumine taimede poolt 12%. Umbes 54% Nr väljundvoost toimub metsamaterjalide ja turba näol tööstuse plokis. 14–15% väljundvoost moodustavad nii emissioonid atmosfääri kui ka N ärakanne hüdrofääri ja Nr voog turba, puidu ja puubriketi näol energiasektorisse.

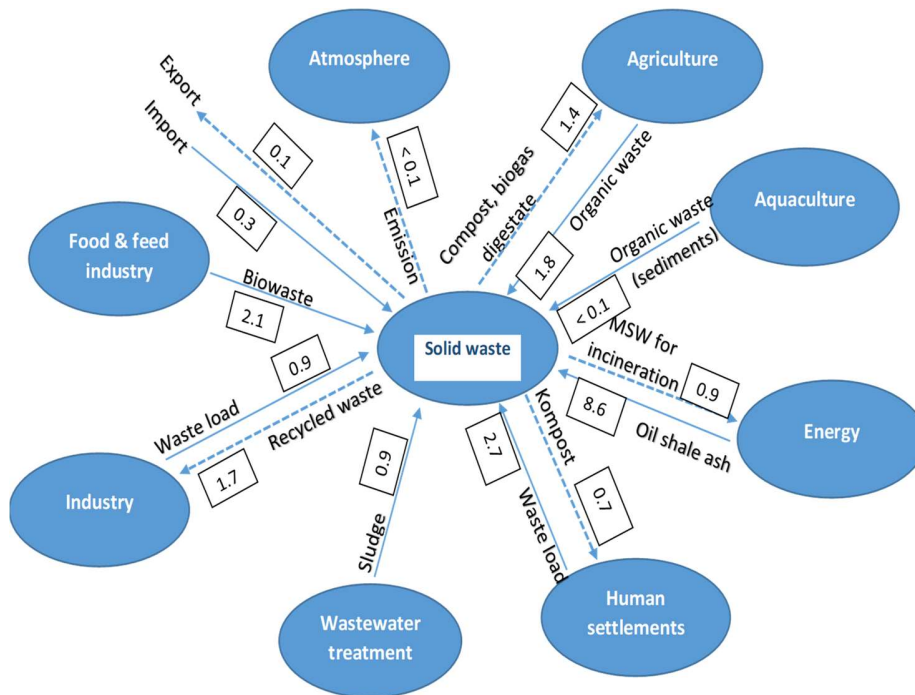
Nr üldine bilanss on kergelt negatiivne (–6,5 kt), mis võib osutada turba ja metsamaterjali intensiivsele kasutamisele.

4.9 Jäätmekäitlus

Lämmastiku arvutuslikud sisend- ja väljundvood jäätmekäitluse plokis on esitatud joonisel 8.

Lämmastiku voogude hindamiseks jäätmekäitluse plokis kasutati valdavalt jäätmearuandluse infosüsteemi (JATS) andmeid. Suurim määramatus on seotud erinevates kirjandusallikates ja

uuringutulemustes esitatud lämmastikuisaldustega jäätmetes, mis võib varieeruda suurtes piirides olenevalt spetsiifilisest jäätmest. N summaarne sisend jäätmeplokki on 17,2 (13–24) kt ja väljundvoog 4,9 (4–6) kt.



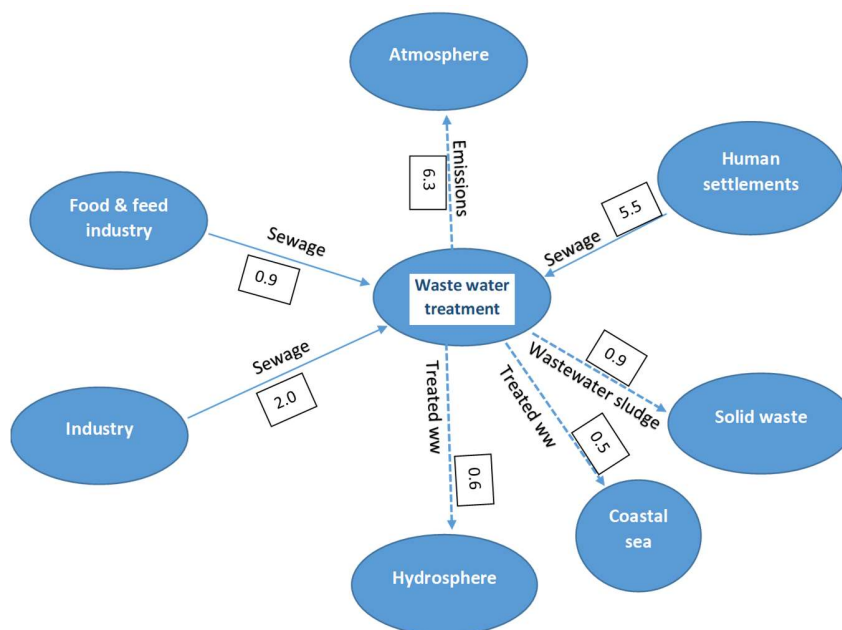
Joonis 8. Lämmastiku sisend- ja väljundvood jäätmekäitluse plokis (kt/a)

Suurim sisendvoog jäätmete plokki on seotud põlevkivituha ladustamisega, mis moodustab 50% kogu sisendvoost. Toiduainete ja loomasööda tööstuse osakaal on 12% ning inimtarbimine moodustab 15% kogu sisendist. N väljundvoos domineerivad tööstuse plokki suunatud taaskasutatavad jäätmed (puit, toidujäätmed, plast, tekstiil, orgaanilised ja aiapäätmed, jäätmekütus), moodustades 35% kogu väljundvoost. Muud olulisemad N väljundvood on kompost põllumajanduse plokki (29% kogu väljundist) ning sorteerimata olmejäätmed, sorteeritud plastpakend ja imporditud olmejäätmed energia tootmiseks (kokku 18%).

N bilanss on positiivne (+12,4 kt), mis on tingitud peamiselt põlevkivituha ladustamisest.

4.10 Reovee käitlus

Lämmastiku arvutuslikud sisend- ja väljundvood reoveekäitluse plokis on esitatud joonisel 9. Puudulike algandmete tõttu on keeruline hinnata veekasutuse ja heitvee lämmastiku koormuse jagunemist toiduainete/sööda tööstuse ja muude tööstuste vahel. N summaarne sisendvoog ja väljundvoog reoveekäitluse plokis on 8,3 (7,7–9,0) kt. Õhuheitmete statistika ei hõlma N₂ emissioone atmosfääri denitrifikatsiooni teel, mis on aga reoveekäitluse plokki lämmastiku bilansi tasakaalustamiseks vajalik.



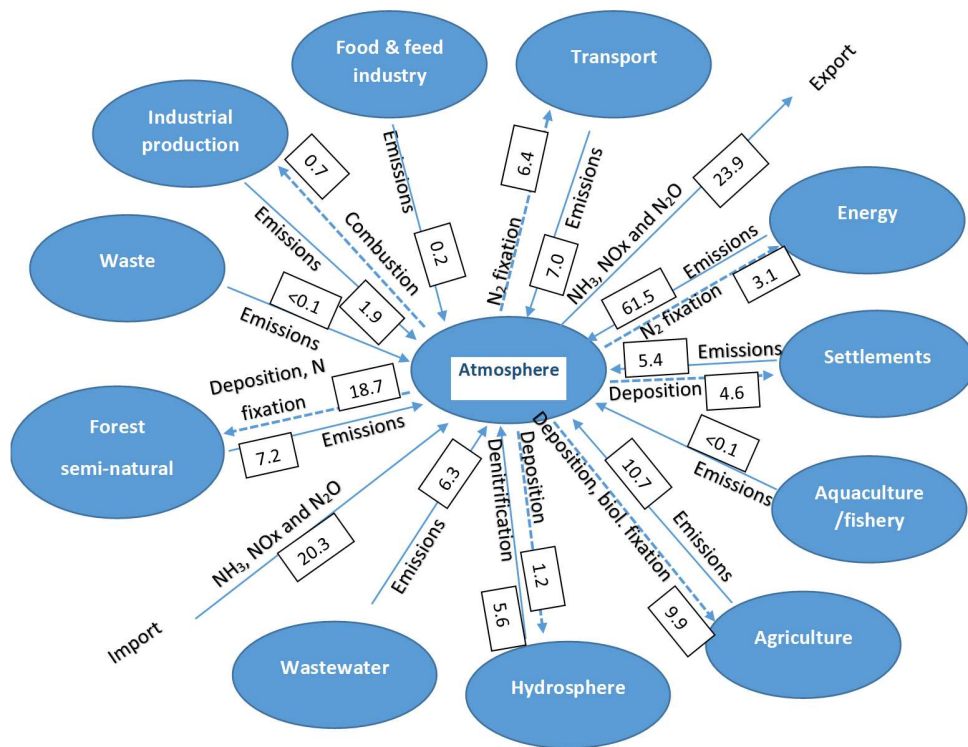
Joonis 9. Lämmastiku sisend- ja väljundvoog reovee käitluse plokis (kt/a)

66% N sisendvoost tuleb asulatest. Toiduainetööstuse sektor moodustab 10% ja muud tööstused 24%. Suurim väljundvoog on lämmastiku emissioon atmosfääri (76% kogu väljundvoost). Heitveega emiteeritakse hüdrofääri, sh rannikumerre 14% lämmastikust. 10% moodustab N voog reoveesettega jäätmete plokki.

4.11 Atmosfäär

Lämmastiku sisendvoog atmosfääri sisaldab piiriülest transporti, emissioone asulatest, jäätmehoidlatest, reoveepuhastitest, transpordist, põllumajandusest, vesiviljelusest, energia tootmisest, tööstussektorist ja loodusmaastikelt, sh hüdrofäärist (joonis 10). N väljundvoog atmosfäärist toimub piiriülese transpordiga naaberriikidesse, sadestumisega, taimede N₂ sidumisega ning fossiilkütuste põletamisel energia- ja transpordisektoris.

Lämmastiku emissiooni andmed on valdavalt pärit Statistikaameti andmebaasist. Piiriülese N voo hinnang tugineb Gauss *et al.* (2016) andmetele. Arvutused N sadestumise kohta erinevatele maakattetüüpidele ja veekogude pinnale tuginevad riikliku sademete keemia seire andmetele.



Joonis 10. Lämmastiku sisend- ja väljundvoog atmosfääris (kt/a)

N summaarne sisendvoog atmosfääri on 126,4 (90–182) kt ja väljundvoog 68,5 (49–100) kt. Lämmastiku bilans on seega tugevalt positiivne (+58 kt).

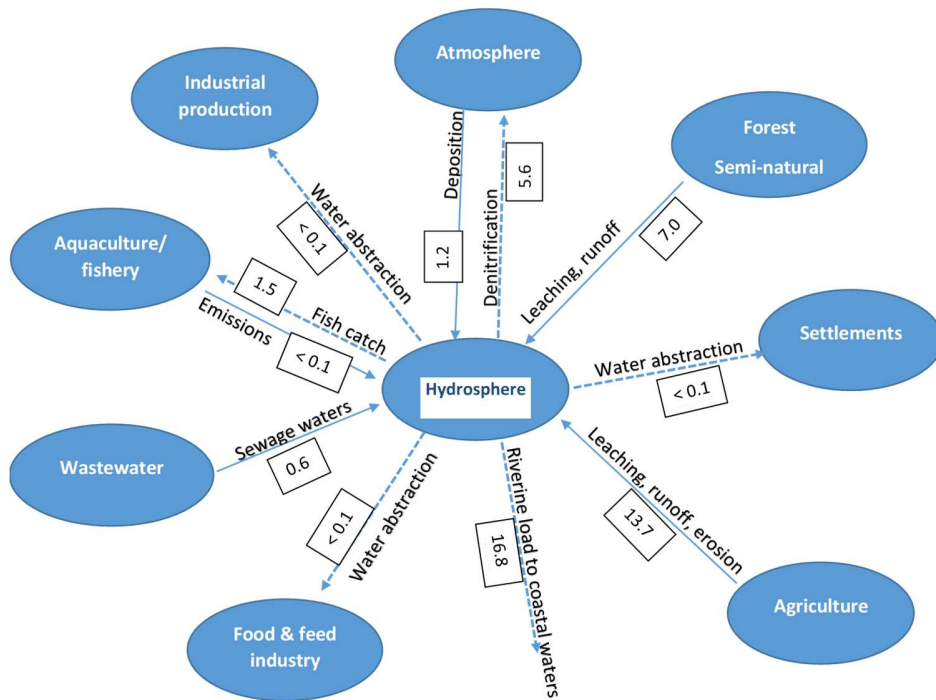
Suurem osa lämmastiku sisendvoost leiab aset N_2 emissioonina põlemisprotsessides energia tootmiseks, mis moodustab kogu riigisisest N emissioonist 57%. Määramatus selle voo hindamisel on üsna suur ja arvutustes kasutati N bilansi meetodit. Muud olulised N emissiooni allikad on põllumajandus (10% kogu sisemisest voost), loodusmaastikud ja transport (mõlemad u 7%) ning reoveekäitlus (6%).

Lämmastiku sadestumine loodusmaastikele ja bioloogiline sidumine moodustab 42% atmosfääri väljundvoost, kui ei arvestata piiriülest transporti. Sadestumine ja N_2 sidumine põllukultuuridega põllumajandusmaal annab 22% väljundvoost ning N_2 sidumine põlemisprotsessides transpordisektoris moodustab 22% väljundvoost.

N piiriülene sisendvoog moodustas 16% kogu N sisendist atmosfääri ja väljundvoog 35% kogu N väljundvoost atmosfääri plokis.

4.12 Hüdrosfäär

Lämmastiku arvutuslikud sisend- ja väljundvood hüdrosfääri plokis on esitatud joonisel 11. Lämmastiku sadestumist rannikumerre ei ole arvestatud.



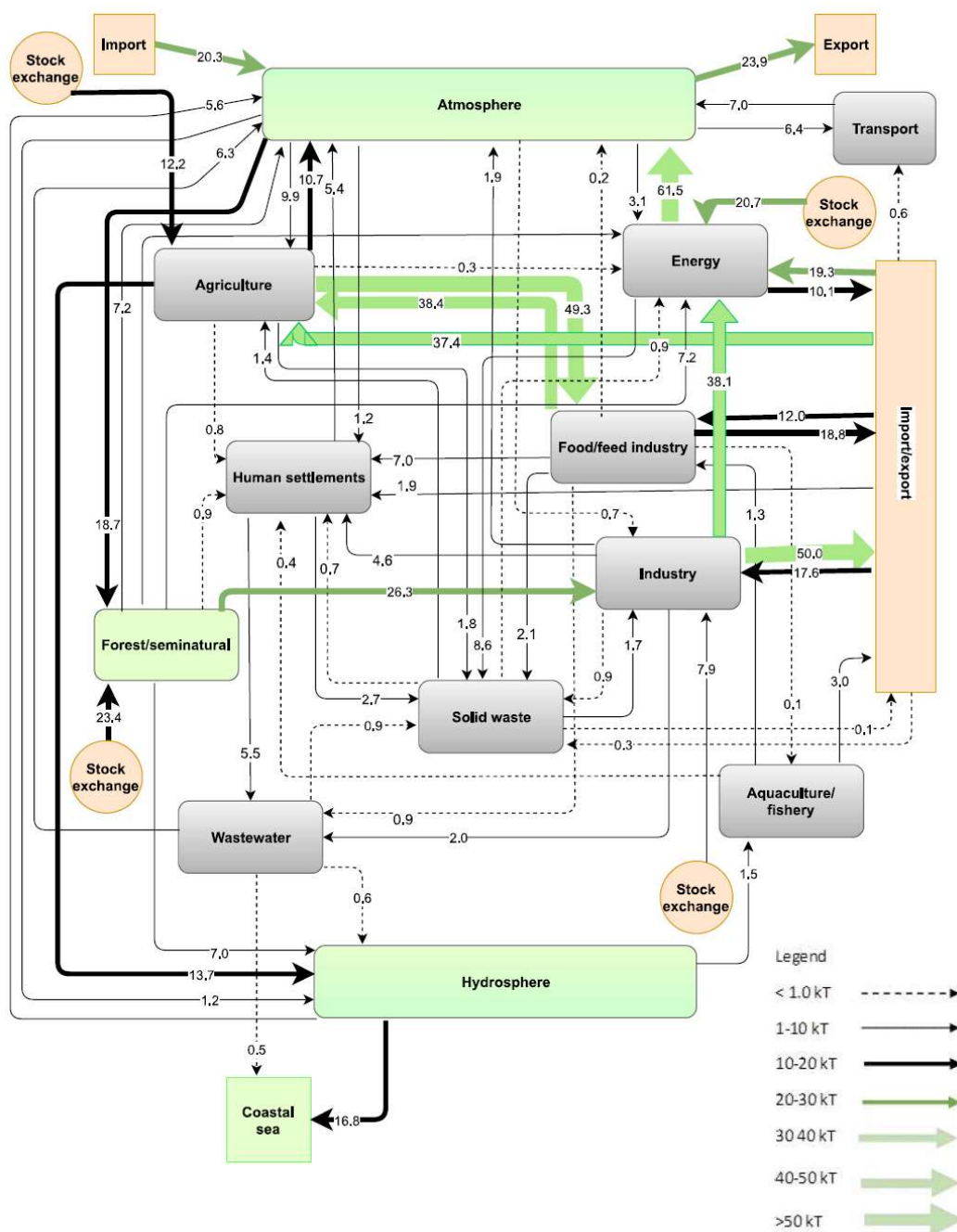
Joonis 11. Lämmastiku sisend- ja väljundvood hüdrosfääris (kt/a)

Andmed heitvee lämmastiku koormuse kohta veekogumitele on esitatud veekasutuse andmebaasis (VEKA). Hajukoormuse hinnang erinevatelt maakattetüüpidelt on aga üsna suure määramatusega. N summaarne koormus hüdrosfäärile on 22,5 (15–33) kt ja väljundvoog 22,6 (19–29) kt. Lämmastiku sisend- ja väljundvoog tasakaalustati bilansi meetodil arvatud denitrifikatsiooniga ja N bioloogilise sidumisega. Väike erinevus sisend- ja väljundvoogude vahel on tingitud kaladega ning veekasutusega eemaldatud lämmastikust hüdrosfääris.

Põllumajandus panustab lämmastiku hajukoormusena 61% kogu sisendvoost. Hajukoormus loodusmaastikelt moodustab 31% ja sadestumine 5% kogu koormusest hüdrosfäärile. Denitrifikatsiooniga eemaldatakse ligi 25% pinnaveekogumitesse sisenevast lämmastikust ja ligi 75% kantakse jõgedega merre.

5. Lämmastiku voog majandussektorite, inimtarbimise ja looduskeskkonna vahel 2014. aastal

Lämmastiku arvutuslik voog määratletud majandussektorite ning inimtarbimise ja looduskeskkonna plokkide vahel on esitatud joonisel 12. Kokku ringleb majandussektorite, inimtarbimise ja looduskeskkonna vahel umbes 550 000 tonni lämmastikku aastas (tabel 2).

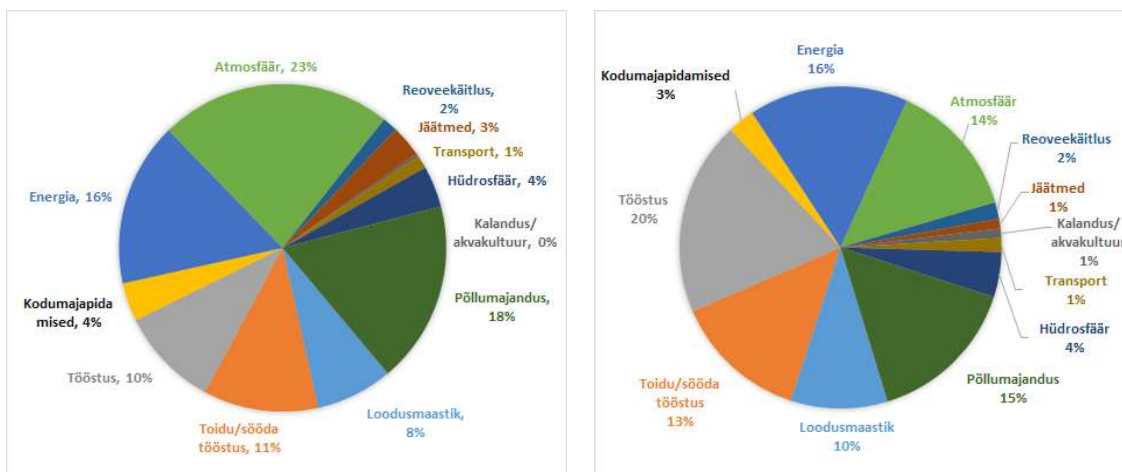


Joonis 12. Lämmastiku arvutuslik voog majandussektorite, inimtarbimise ja looduskeskkonna vahel Eestis 2014. aastal

Lämmastiku suurim sisendvoog on põllumajanduse, energia ja atmosfääri plokkidesse, moodustades 57% kogu ringlevast lämmastikust (joonis 13, tabel 2). Sisend hüdrofääri, reoveepuhastitele ja jäätmekäitlusesse moodustab 9% kogu Nr sisendist. Suhteliselt väiksem Nr voog siseneb transpordi ning vesiviljeluse/kalanduse plokki, moodustades mõlema sektori korral vähem kui 2% summaarsest voost. 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 söödaproduktide näol (joonis 12). N suur voog tööstussektorist energia plokki tuleneb nii toodetud põlevkiviõli ja -gaasi kui ka kütuse kasutamisest energia tootmiseks. Sadestumine atmosfäärist ja N₂ sidumine taimedega, aga ka piiriülene N eksport panustavad N voogu atmosfääri ja põllumajanduse ning loodusmaastike ploki vahel.

N emissioon atmosfääri tööstustest, energiasektorist ja asulatest arvestab ka N₂ emissioone fossiilkütuste (põlevkivi, looduslik gaas, põlevkiviõli ja -gaas) põlemisprotsessist. Nr emissioon NO_x, N₂O, NH₃ näol nimetatud plokkidest moodustab vaid 12% (8 kt/a) kogu atmosfääri koormusest.



Joonis 13. Lämmastiku sisend- (vasakul) ja väljundvoogude (paremal) jagunemine 12 ploki piires Eestis

Kogu Eestit hõlmav lämmastiku summaarne bilanss (sisend miinus väljund) oli 2014. aastal positiivne (+53 kt; 13,1 kg N/ha Eesti territooriumi kohta). See on tingitud eelkõige atmosfääri sisendite ja väljundvoogude erinevusest, kus põlemisprotsessides tekkinud N₂ emissioon arvestati sisendina atmosfääri. Ülejäägiga Nr bilanssi panustavad ka põllumajanduse, jäätmekäitluse ning energia sektorid ning kodumajapidamised (tabel 2). Energiasektori kerge ülejäägiga Nr bilanss on tingitud põlevkivi ja turba ning põlevkiviõli ja -gaasi sisendist tööstuse plokkist, mille bilanss on seetõttu tugevalt negatiivne (-43,3 kt). Nr väljundvoog ületas sisendit ka loodusmaastike (-6,5 kt), toiduainete ja söodatööstuse (-4,2 kt) ning vesiviljeluse/kalanduse (-3,1) plokkis (tabel 2).

Tabel 2. Lämmastiku sisend- ja väljundvood sektorite kaupa ning Nr massi bilanss (kt/aastas)

| | KOKKU sisse | KOKKU välja | Bilanss | Määramatuse intervall (bilanss) | |
|---------------------|--------------|--------------|-------------|---------------------------------|------|
| | | | | Min | Max |
| Loodusmaastikud | 42,1 | 48,7 | -6,5 | -1 | -15 |
| Toidu/sööda tööstus | 63,3 | 67,4 | -4,2 | -3 | -4 |
| Tööstus | 54,4 | 97,7 | -43,3 | -28 | -66 |
| Asulad | 21,0 | 13,5 | 7,5 | 4 | 12 |
| Energia | 89,5 | 80,0 | 9,5 | 7 | 11 |
| Atmosfäär | 126,4 | 68,5 | 57,8 | 41 | 82 |
| Reoveekäitlus | 8,3 | 8,3 | 0,0 | 0 | 0 |
| Tahked jäätmed | 17,2 | 4,8 | 12,4 | 9 | 18 |
| Kalandus | 1,6 | 4,7 | -3,1 | -2 | -4 |
| Transport | 7,0 | 7,0 | 0,0 | 0,1 | -0,1 |
| Hüdrofäär | 22,5 | 22,6 | -0,1 | -4 | 4 |
| Põllumajandus | 99,2 | 76,5 | 22,7 | 18 | 30 |
| KOKKU | 552,5 | 499,7 | 52,8 | | |

Nr piiriülene import ja eksport on suhteliselt heas tasakaalus, kusjuures import moodustas 2014. aastal 114 kt ja eksport 106 kt. Impordi-ekspordi vood moodustavad majandussektorite, asulate ja looduskeskkonna Nr summaarsest voost umbes 21%.

Lämmastiku bilanss tegelikult kasutatava põllumajandusmaa (974 820 ha) kohta Eestis oli 2014. aastal +23,5 kg N/ha/a, mis on mõnevõrra väiksem kui Statistikaameti aastate 2004–2012 kohta arvatud bilanss. Näiteks oli aastate 2010–2012 keskmisena N ülejääk +28,9 kt (30,4 kg N/ha kasutatava põllumajandusmaa kohta, mis moodustas 946 000 ha). Erinevuse põhjuseks võib olla oluliselt kõrgemaks hinnatud N sidumine põllukultuuridega. Samuti on siinses töös võrreldes Statistikaameti tehtud tööga erinevusi meetodilises lähenemises sisend- ja väljundvoogude defineerimisel.

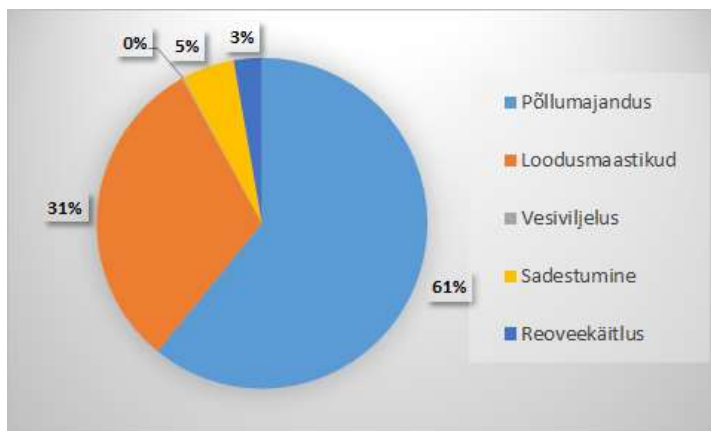
N summaarne emissioon atmosfääri punkt- ja hajallikatest oli 126,4 kt (90–182 kt) ehk 28 kg N/ha/a, arvestades Eesti territooriumi suurust – 4 533 900 ha. Umbes 60% Nr koormusest atmosfääri pärineb punktreostusallikatest ja 24% hajallikatest (joonis 14). Lämmastiku emissioon metsa/soomaastikelt moodustas umbes 7,2 kt (3,6–14,5 kt) ning denitrifikatsiooniga lendus siseveekogudest 5,6 kt (2,8–11,2 kt). Olulise sisendi atmosfääri plokki annab ka Nr piiriülene transport. Väljundvoogudes domineerib Nr piiriülene eksport naaberriikidesse (35%); sadestumine panustab 28% ja bioloogiline sidumine 17%-ga kogu väljundvoost (joonis 4). Umbes 20% atmosfäärist väljuvast lämmastikust moodustab põlemisprotsessides seotud N₂. Atmosfääri Nr sisend- ja väljundvoogude kirjeldamisel on määramatus Nr sadestumise ja eelkõige bioloogilise sidumise hinnangutes, aga ka hajallikatest (põllumajandus ja loodusmaastikud) pärit N emissioonide osas suur.



Joonis 14. Lämmastiku sisend- (vasakul) ja väljundvoog (paremal) atmosfääri plokis

Hüdrofääri Nr sisend- ja väljundvood tasakaalustati, eeldades et erinevus sisend- ja väljundvoogudes moodustab denitrifikatsiooni käigus atmosfääri emiteerunud ja bioloogiliselt omastatud lämmastiku. Arvutuslik denitrifikatsiooniga emiteerunud N₂ 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.

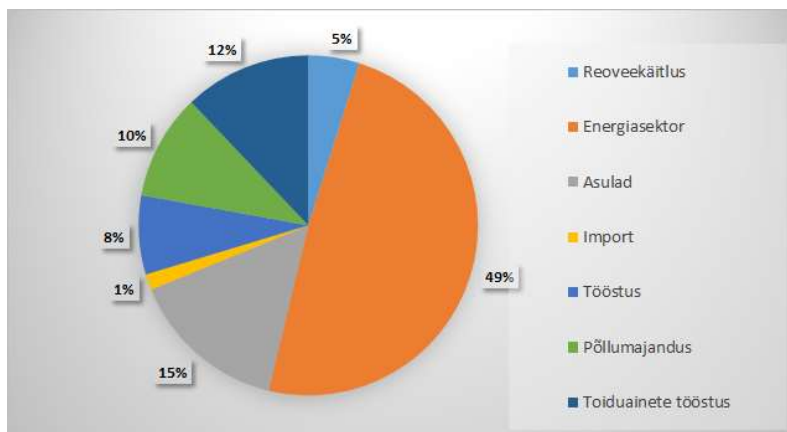
Hajukoormus põllumajandusmaalt ja loodusmaastikelt moodustab 92% kogu Nr koormusest siseveekogudele (joonis 15). Sadestumine atmosfäärist panustab umbes 5% lämmastikust. Seega pärineb 97% kogu N koormusest siseveekogudele hajuallikatest ja 3% punktallikatest.



Joonis 15. Hüdrofääri Nr koormusallikad

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.

Ligi 50% kogu Nr sisendvoost jäätmeäitluse ploki tuleneb põlevkivituha ladustamisest (joonis 16). Inimasustus moodustab 15% jäätmeäitluse Nr sisendvoost, peamiselt toidukao ja biojätmete näol. Nr sisend jäätmeploki toiduna on 6,2 kg inimese kohta aastas.



Joonis 16. Jäätmekäitluse ploki Nr sisendvoo allikad

Lämmastiku emissioon keskkonda (atmosfäär, hüdrofäär) valitud sektoritest 2014. aastal oli 108 kt (tabel 3). Nr emissioon keskkonnakaitse seisukohalt oluliste ühenditena (NO_x, N₂O, NH₃) atmosfääri oli 25,7 kt (u 28% kogu atmosfääri koormusest). Põllumajanduse, inimasustuse ja reovee plokist suunati hüdrofääri 14,8 kt Nr.

Tabel 3. Lämmastiku emissioon keskkonda (atmosfäär, hüdrofäär) valitud sektoritest 2014. aastal

| | Atmosfäär, kt/a | Hüdrofäär, kt/a | Kokku, kt/a | % |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|-----|
| Põllumajandus | 10,7 | 13,7 | 24,4 | 23 |
| Transport | 7,0 | | 7,0 | 6 |
| Tööstus/energeetika | 63,5 | | 63,5 | 59 |
| Majapidamised, reoveekäitlus | 11,7 | 1,1 | 12,8 | 12 |
| KOKKU | 92,9 | 14,8 | 107,7 | 100 |

6. Kokkuvõte

- Bioloogiliselt omastatava lämmastiku voogude analüüs järgis valdavalt OECD väljapakutud meetodikat. Spetsiifilisi sisend- ja väljundvooge defineeriti siiski ka mõnevõrra erinevalt, arvestades Eesti majanduse eripära (eriti põlevkivi kasutamist) ja algandmete kättesaadavust.
- Suurem osa kasutatud algandmetest saadi Statistikaameti ning riikliku keskkonnaseire, veekasutuse ja jäätmekäitluse andmebaasidest, aga ka teadustöödest ja aruannetest nii Eestist kui ka mujalt. Andmed Nr sisalduse kohta ainetes, materjalides ja toodetes pärinevad nii kohalikest (nt NutriData) kui ka muude riikide andmebaasidest.
- Saadud tulemused pakuvad selgemat ülevaadet Nr voogudest majandussektorite, inimtarbimise ja looduskeskkonna vahel. Olulisemad Nr vood on hinnatud piisava täpsusega ning õnnestus vältida topeltarvestust, mis osutus üheks keerulisemaks metodoloogiliseks probleemiks.
- Paljudes uuritud plokkides ei ole lämmastiku sisendid ja väljundid tasakaalus, mis võib olla tingitud rakendatud meetodikast, spetsiifiliste sisend- ja väljundvoogude defineerimisest, algandmete puudumisest või nende halvast kvaliteedist, aga ka erinevatest algallikatest pärit vastandlikest algandmetest. Andmete kvantiteet ja kvaliteet on määratletud sektorite ja spetsiifiliste lämmastiku voogude korral varieeruv.
- 97% lämmastiku koormusest pinnaveekogudele tuleb hajuallikatest. Sellest omakorda 2/3 põllumajandusest ja ligi 1/3 loodusliku koormusena.
- Asulareovee lämmastiku koormuse osakaal kogu reoveepuhastitele tulevast koormusest moodustab 66%, millele järgneb koormus tööstustest ja muudest allikatest.
- Vesiviljeluse lämmastiku arvutuslik koormus hüdrofäärile on ettevõtete esitatud andmetega võrreldes oluliselt suurem.
- Energiasektori Nr heide atmosfääri on väiksem kui emissioon transpordist, asulatest ja põllumajandussektorist.
- Põllumajanduse osakaal kogu Nr voost ja keskkonda (atmosfäär, hüdrofäär) jõudvast voost oli ja jääb oluliseks. Hajukoormuse (hüdrofääri, atmosfääri) hinnangud on sisendandmete halva kvaliteedi tõttu suurema määramatusega. Sellest tingituna on määramatus suurem kui lämmastiku summaarne voog paljudest muudest sektoritest.

Andmeallikad

1. Antikainen, R, Lemola, R., Nousiainen, J.I., Sokka, L., Esala, M., Huhtanen, P., Rekolainen, S., 2005. Stocks and flows of nitrogen and phosphorus in the Finnish food production and consumption system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 107, 287–305.
2. Arro, H., Prikk, A., Pihu, T., 2003. Calculation of qualitative and quantitative composition of Estonian oil shale and its combustion products. Part 1. Calculation on the basis of heating value. *Fuel*, 82, 2179–2195.
3. A/s "Gasol". Dabaszgāzes izcelsme un kvalitātes parametri. Available: <https://www.gasol.lv/dabaszgazes-izcelsme-un-kvalitates-parametri>
4. AS "Lafipa", 2012. Šķelda - energoefektīvs un atjaunojams enerģijas avots. Pieejams: http://abc.lv/raksts/nedelja_tema_18072012
5. Blumberga, D., Dzene, I., Al Sedi, T., Rucs, D., Prasls, H., Ketners, M., Finstervalders, T., Folka, S., Jansens, R. Biogāze, rokasgrāmata. Available: http://www.big-east.eu/downloads/IR-reports/ANNEX%20-42_WP4_D4.2_Handbook-Latvia.pdf
6. Bregnballe J., 2010. A guide to recirculation aquaculture: An introduction to the new environmentally friendly and high productive closed fish farming systems.
7. Claesson, S. and Steineck, S., 1996. Plant nutrient management and the environment. Swedish University of Agricultural Sciences, SLU, 69 p.
8. Cleantech Latvia „Apsekojums - sadzīves notekūdeņu dūņu kvalitāte Latvijas ūdenssaimniecībās, to apstrādes un izmantošanas plānošanas priekšlikumu izstrāde”, 2015, financed by LVAF. Available: https://www.lvafa.gov.lv/materiali/images/faili/projektu_materiali/petijumi/2014/Apsekojums%20LVAF%20Cleantech%20Latvia%202014.pdf
9. Cleveland et al. 1999. Global patterns of terrestrial biological nitrogen (N₂) fixation in natural ecosystems. *Global Biogeochemical cycles*, 13(2), 623-645. Available: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/1999GB900014>
10. DeLuca et al. 2002. Quantifying nitrogen-fixation in feather moss carpets of boreal forests. *Nature*, 419(6910), 917-20. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12410308>
11. Digital data base: Corine Land Cover 2012
12. Dogs and cats in Latvia: <http://www.fedialf.org/who-we-are/facts-and-figures.html>
13. Dutton, J. A. e-Education Institute. Sulfur and Nitrogen Content. Petroleum processing. Sulfur and nitrogen content. Available: <https://www.e-education.psu.edu/fsc432/content/sulfur-and-nitrogen-content>
14. ECN Phyllis classification. Available: <https://phyllis.nl/>
15. Eesti Gaasiliit: <http://www.egl.ee/index.php?page=46>
16. Eesti Mereinstituut, 2016. EESTI RIIKLIKU KALANDUSE ANDMEKOGUMIS
17. El Samra, M.I., Oláh J., 1979. Significance of nitrogen fixation in fish ponds. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0044848679900395>
18. ELGAS LPG Gas blog, 2018. The Properties & Composition of LPG – Propane. Available: <https://www.elgas.com.au/blog/453-the-science-a-properties-of-lpg>
19. EMEP/MSW-W modelled air concentrations and depositions http://emep.int/mscw/index_mscw.html
20. Environment Agency, 2018. Estonian Informative Inventory Report 1990-2016. Submitted under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, 316 p.

21. EPNB, 2016. Detailed annexes "Guidance document on national nitrogen budgets" (https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2013/air/eb/ECE_EB.AIR_119_ENG.pdf), accessed 22.09.2017.
22. EPNB, 2016. Detailed Annexes to ECE/EB.AIR/119 – Guidance document on national nitrogen budgets. Eds: Winiwarter and expert panel in nitrogen budgets. 205 p. Available: http://www.clrtap-tfrn.org/sites/clrtap-tfrn.org/files/documents/EPNB_new/EPNB_annex_20160921_public.pdf
23. Ethanol. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ethanol>
24. European Environmental Agency. 2016. Explaining road transport emissions. A non-technical guide. Copenhagen. <https://www.eea.europa.eu/publications/explaining-road-transport-emissions/file>
25. Evidence-based NutriData Estonian food composition database, version 8. Available: <http://tka.nutridata.ee/tka/index.action>
26. FAO, Food energy - methods of analysis and conversion factors. Available: <http://www.fao.org/docrep/006/Y5022E/y5022e03.htm>
27. Food and Veterinary Service of Latvia. List of registered aquaculture farms. Available: <https://registri.pvd.gov.lv/cr/91d3f4dc>
28. Gauss, M., Nyíri, Á., Benedictow, A. and Klein, H., 2016. Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM in 2014. Estonia. EMEP, Norwegian Meteorological Institute. ISSN 1890-0003, 27 p.
29. Gauss, M., Nyíri, Á., Benedictow, A., Klein, H. 2016. Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM in 2014. Latvia. EMEP, Norwegian Meteorological Institute. ISSN 1890-0003, 30 p. Available: http://emep.int/publ/reports/2016/Country_Reports/report_LV.pdf
30. Hedbrant J, Sörme L., 2001. Data vagueness and uncertainties in urban heavy-metal data collection. *Water, Air, and Soil pollution*, 1, 43–53.
31. HELCOM (2015), HELCOM Guidelines for the annual and periodical compilation and reporting of waterborne pollution inputs to the Baltic Sea (PLC-Water).
32. HELCOM 2018. Sources and pathways of nutrients to the Baltic Sea. Baltic Sea Environment Proceedings No. 153. Available: <http://www.helcom.fi/Lists/Publications/BSEP153.pdf>
33. HELCOM recommendation 25/4 Measures aimed at the reduction of discharges from fresh water and marine fish farming. Adopted in 02.03.200. Available: http://archive.iwlearn.net/helcom.fi/Recommendations/en_GB/rec25_4/index.html
34. Hu, Z., Lee, J.W., Chandran, K., Kim, S., Sharma, K., Brotto, A.C., Khanal, S.K., 2012. Nitrogen transformations in intensive aquaculture system and its implication to climate change through nitrous oxide emission. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23313675>
35. Hutchings, N.J., Nielsen, O.K., Dalgaard, T., Mikkelsen, M.H., Børgesen, C.D., Thomsen, M., Ellermann, T., Højberg, A.L., Mogensen, L., Winther M. 2014. A nitrogen budget for Denmark; developments between 1990 and 2010, and prospects for the future. *Environ. Res. Lett.*, 9(11): 115012. Suppl.3. <http://iopscience.iop.org/1748-9326/9/11/115012/media/erl504337suppdata3.pdf>
36. Iital, A., 2008. Hajureostuse koormuse andmete täpsustamine. Töövõtulepingu nr. 18-20/704 aruanne, 19 p.
37. Information of Central Statistical Bureau of Latvia. Available: <https://www.csb.gov.lv/lv>
38. IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Available: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

39. IPCC, 7.8.1. Databases on Fuel Properties. Available: <https://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/aviation/110.htm>
40. Jauja, J., Žilinska, A. Daugavpils Universitāte, Fizioloģijas un veselības mācības katedra. Laboratorijas darbi fizioloģijā. Available: <https://de.du.lv/fiziologija/lab2lvht/node50.html>
41. Jokumsen, A. and Svendsen, L.M., 2010. Farming of Freshwater Rainbow Trout in Denmark, 47 p. <http://hvilested.dk/Dambrug/FarmingofFreshwaterRainbowTroutinDenmark.pdf>
42. Kalnačs, J., Āriņa, D., Murašovs, A., Kalnačs, A., Grigale, D. 2017. Oglekļa noteikšana un oglekļa dioksīda emisiju faktoru aprēķināšana Latvijā biežāk izmantojamiem kurināmā veidiem. Fizikālās enerģētikas institūts, 23 lpp.
43. Kārklīš, A., Līpenīte, I., Ruža, A. 2017. N fertilizer use and grain yield in Saldus experimental field. LLU Lauksaimniecības fakultāte. Available: http://llufb.llu.lv/conference/lidzsvar_lauksaim/2017/Latvia-lidzsvarota-lauksaimnieciba2017-42-49.pdf
44. Konkurentsiamet, 2016. Aruanne elektri- ja gaasiturust Eestis. Tallinn, 93 p.
45. Krejszeff, S., Żarski, D., Palińska-Żarska, K., Trąbska, I., Kupren, K., Targońska, K., Bowszys, M., Kucharczyk, D., 2013. Procedure for Harmless Estimation of Fish Larvae Weight. Italian Journal of Animal Science. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.4081/ijas.2013.e44>
46. Kriipsalu et al., 2015 Biolagunevatest jätmetest valmistatud komposti ohutu kasutamine põllumajanduses. Eesti Maaülikool, metsandus- ja maaehitusinstituut ning põllumajandus- ja keskkonnainstituut Eesti Taimekasvatuse Instituut, 93 p.
47. Krotz, L., Leone F., Giazzi G. Nitrogen Determination in Lubricants by Flash Combustion using Argon Gas Carrier Gas. Available: <http://tools.thermofisher.com/content/sfs/posters/PN-42247-OEA-Nitrogen-Lubricants-Argon-Pittcon2016-PN42247-EN.pdf>
48. Latvia's Informative Inventory Report 1990 – 2016. Submitted under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. 2018. Available: https://cdr.eionet.europa.eu/lv/eu/nec_revised/iir/envwqgveg/IIR_2018_LV.pdf (IIR, 2018)
49. LATVIA'S NATIONAL INVENTORY REPORT Submission under UNFCCC and the Kyoto Protocol (2017).
50. Latvian Rural Advisory and Training Centre Material for the farming of carps. Available: http://new.llkc.lv/sites/default/files/baskik_p/pielikumi/karpas.pdf
51. Lazzari R. and Baldisserotto B., 2008. Nitrogen and phosphorus waste in fish farming. B. Inst. Pesca, Sao Paulo, 34(4): 591 - 600, 2008;
52. Lee, J.M., Baker, J.J., Rolle, J.G., Llerena, R., a.j. Edmond Co. Comparison of fuel properties of petroleum cokes and coals used in power generation. Available: https://web.anl.gov/PCS/acsfuel/preprint%20archive/Files/44_1_ANAHEIM_03-99_0080.pdf
53. LEGMC monitoring data: N content in surface waters and groundwater, hydrological monitoring data.
54. Leming, R. and Lember, A., 2005. KUUM- JA KÜLMPRESS-RAPSIKOOGI KEEMILINE KOOSTIS, Agraarteadus, XVI (2), 96-102.
55. LIAE data about N content in soft tissues.
56. Libiete, Z. et al. 2018. Impact of forest management on ecosystem services from forests and related ecosystems. Research report, LSFRI Silava. Available: <https://www.lvm.lv/petijumi-un-publikacijas/mezsaimniecibas-ietekme-uz-meza-un-saistito-ekosistemu-pakalpojumiem-2017>
57. LLKC presentation: Dzīvnieku ietekme uz agrovidi, Kūtsmēslu vērtība un uzglabāšana, tabula: vidējais kūtsmēslu iznākums no liellopiem

58. LU Fizikas institūts, Valsts Koksnes Ķīmijas institūts, 2013. Dažādas izcelsmes atjaunojamo kurināmo maisījumu jauna veida granulētu produktu izveidošana ekoloģiski tīru un efektīvu degšanas un siltuma ražošanas procesu nodrošināšanai ar būtiski uzlabotu šo procesu tehnoloģiju. Available: ipul.lv/main/combustion/majas_lapa_4.doc
59. LVĢMC „Rokasgrāmata notekūdeņu dūņu apsaimniekošanā”, 2013. Financed by Central Baltic region INTERREG programme (project BECOSI). Available: [https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Par_centru/ES_projekti/BECOSI/Rokasgrāmata_2_1_4_%20gala%20versija\(1\).pdf](https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Par_centru/ES_projekti/BECOSI/Rokasgrāmata_2_1_4_%20gala%20versija(1).pdf)
60. Maaeluministerium, <https://www.agri.ee/et/pollumajanduskaupade-eksport-ja-import-arhiiv>
61. Maastik, A., 1984. Veekaitse põllumajanduses. **Õppevahend maaparanduse eriala üliõpilastele**, Tallinn, “Valgus”, **296 p.**
62. Mander, Ü., Uuemaa, E., Kull, A., Kanal, A., Maddison, M., Soosaar, K., Salm, J.-O., Lesta, M., Hansen, R., Kuller, R., Harding, A., Augustin, J., 2010. Assessment of methane and nitrous oxide fluxes in rural landscapes. *Landscape and Urban Planning*, **98**, 172–181.
63. Marksoo, 2013. Gauja/Koiva vesikonna Eesti osa punktrestusallikate analüüs. JUHTUMIÜÜRINGU ARUANNE, 41 lk.
64. Ministru kabineta noteikumi Nr. 812, 20.12.2016. Oficiālās statistikas veidlapu paraugu apstiprināšanas un veidlapu aizpildīšanas un iesniegšanas noteikumi. 32. pielikums.
65. Ministru kabineta noteikumu Nr. 42, 23.01.2018. “Kurināmā sadegšanas siltuma faktori, konversijas koeficienti, kurināmās koksnes mērvienību pārrēķina koeficienti un kurināmās koksnes blīvums” pielikums Nr. 2. Available: tap.mk.gov.lv/doc/2018_01/VARAMNotp2_121217_SEG.2881.docx
66. Ministry of agriculture of Latvia. Area of fish ponds. Available: https://www.zm.gov.lv/zivsaimnieciba/statiskas-lapas/akvakultura/akvakulturas-produkcijas-razosana%3Fnid%3D715&sa=U&ved=0ahUKEwji1pGw_N7RAhUly7wKHMYXBGIQFghtMBE&busg=AFQjCNEIkgOCAOMWpchIbXgDAyuyX2a1Bw#jump
67. Ministry of agriculture of Latvia. Average weight of fish juveniles released in waterbodies. Available: https://www.zm.gov.lv/public/files/CMS_Static_Page_Doc/00/00/01/18/27/Izlaisanasplans-ZM16.01.2018.pdf
68. Moora, H., Urbel-Piirsalu, E., Õunapuu, K. 2015^b. Toidujätmete ja toidukao teke Eesti kodumajapidamistes ja toitlustusasutustes. Stockholm Environment Institute, 29 p.
69. Moora, H., Urbel-Piirsalu, E., Viilvere, T., 2015^a. Toidujätmete teke Eesti kaubandus- ja toiduainetööstusettevõtetes, Stockholm Environment Institute, 49 p.
70. N content in combined feed. Available: <http://kglatvija.eu/zivim/pilnvertiga-kombineta-baribakarpveidigam-zivim-1>
71. N content in fodder wheat. Available: http://www.laukutikls.lv/sites/laukutikls.lv/files/upload/piena_rokasgramata/54_lopbariba_internetam.pdf
72. N content in manure. Available: <http://new.llkc.lv/lv/nozares/lopkopiba/kutsmeslu-kratuves-aizsardziba-pret-vides-piesarnojumu>
73. Nahalov, V., 2018. Accounting of nitrogen flow across Estonian borders. Master thesis. Tallinn University of Technology, 56 p.
74. National data base on the use of water resources in Latvia “2-Water”. Available: http://parissrv.lv GMC.lv/#viewType=home_view

75. National data base on waste in Latvia "3-Waste". Available:
<http://parissrv.lv/gmc.lv/#viewType=reportIndexView&type=3WA&incrementCounter=1>
76. Natural gas. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Natural_gas
77. NutriData toidu koostise andmebaas, versioon 8. Tervise Arengu Instituut. 2018.
http://tka.nutridata.ee/tka/findFoods.action?request_locale=en
78. Oras, K., Grüner, E., Pachel, K., Iital, A., 2006. Estimation of the wastewater generation by source categories. FINAL REPORT. Statistical Office of Estonia, 50 p.
79. Ots, K., 2013. KIK metsanduse programmi 2012. aasta projekti nr. 3708 Ida-Virumaa ammendatud freesturbaväljade turba toiteelementide bilansi tasakaalustamine ja puude kasvu stimuleerimine põlevkivituha ning põlevkivi- ja puutuha seguga sisuline aruanne. Eesti Maaülikool, 60 p.
80. Ozoliņš, A. 2004. Koksne kā materiāls. Ozolnieki: Lauksaimniecības konsultāciju un atbalsta centrs, 32 lpp. In: Mācību materiāli no profesionālās tālākizglītības kursa «Augošu koku krājas un kvalitātes vērtēšana», LLU Meža fakultātes Meža zinātnes un tālākizglītības centrs, 2007. Available:
http://talmaciba.llkc.lv/pluginfile.php/8109/mod_resource/content/2/Koksnes%20ipasisbas.pdf
81. Ozoliņš, A., 2012. Malka – vislabākais kurināmais. Pieejams: <http://www.la.lv/malka-vislabakais-kurinamais-2/>
82. PennState College of Earth and Mineral Science. Course Energy and environment. Coal. Available: <https://www.ems.psu.edu/~radovic/Chapter7.pdf>
83. Põllumajandusuuringute Keskus, 2008. Toiteelementide kogubilans ja pestitsiidide kasutus, lühiaruanne 2008. EESTI MAAELU ARENGUKAVA 2007-2013 II TELJE PÜSIHINDAMINE.
http://pmk.agri.ee/mak/wp-content/uploads/sites/2/2017/01/Bilanss_pestit_2008.pdf
84. Poulson, R.E. Nitrogen and sulfur in raw and refined shale oils. Available:
https://web.anl.gov/PCS/acsfuel/preprint%20archive/Files/20_2_PHILADELPHIA_04-75_0183.pdf
85. Presentation "Composition of wood and it's biological strength" – Koksnes uzbūve un tās bioloģiskā stiprība, Profesionālās izglītības kompetences centrs, Kuldīgas Tehnoloģiju un tūrisma tehnikums, 2016
86. PROGRAMMI TÄITMINE JA ANALÜÜS 2016. Töövõtulepingu nr 4-1.1/15/20-12016.a. vahearuanne, 24 lk.
87. Regulation (EC) No 852/2004 of the European Parliament and of the council of 29.04.2004. on the hygiene of foodstuffs.
88. Retike, I., Kalvans, A., Popovs, K., Bikse, J., Babre, A., Delina, A. 2016. Geochemical classification of groundwater using multivariate statistical analysis in Latvia. Hydrology Research, 47(4), 799-813.
89. Riigi Teataja, 2014. Decree of the Minister of Agriculture No 71, 14.07.2014. „Eri tüüpi sõnniku toitainete sisalduse arvestuslikud väärtused, sõnnikuhooldate mahu arvutamise meetodika ja põllumajandusloomade loomühikuteks ümberarvutamise koefitsiendid“.
<https://www.riigiteataja.ee/akt/116072014008>
90. Riigikontroll, 2016. Euroopa Kalandusfondi vesiviljelustoetuste mõju. *Kas kalakasvatuse investeringud on tulemuslikud?* Riigikontrolli aruanne Riigikogule, Tallinn, 23. mai 2016, 56 p.
91. Rodrigue, J-P. No date. The Issue of Transport and the Environment. The Environmental Impacts of Transportation. Available: https://transportgeography.org/?page_id=5711
92. SAACKE. Heavy oil. Available: <https://www.saacke.com/au/fuels/standard-fuels/heavy-oil/>

93. Saarman, E., 1998. **Puiduteadus**. Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus, Tartu. ISBN: 9985882237, 248 p.
94. Schwab, O., Zoboli, O., Rechberger, H., 2016. A Data Characterization Framework for Material Flow Analysis. *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 21, Number 1, 16-25.
95. Shale oil. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Shale_oil
96. Shroyer, K. J., 2008. Utilization of dry distillers grains and charcoal as nitrogen fertilizer in corn. Available: <http://krex.k-state.edu/dspace/bitstream/handle/2097/4124/KyleShroyer2010.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
97. SIA Biodegviela. Lauksaimnieciskas izcelsmes etilspirts (etanols). Available: <http://www.ethanol.lv/lv/produkti/lauksaimnieciskas-izcelsmes-etilspirts-etanols>
98. Siirde, A. 2006. Kütuste üldiseloomustus, tekkimine liigid. lecture material, Tallinn University of Technology. Available: www.staff.ttu.ee/~asiirde/Loengud/asj3080/asj8030.doc
99. Sokka, L. et al., 2004 - Flows of nitrogen and phosphorus in municipal waste: a substance flow analysis in Finland.
100. Sources of biogas in Latvia. Available: http://www.sam.gov.lv/images/modules/items/PDF/item_6133_6_LBA_biometans_SM_06.2016.pdf
101. Sowden, F.J., Morita, H., Levesque, M., 1978. Organic nitrogen distribution in selected peats and peat fractions. Available: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/cjss78-028>
102. State Forest Service, 2017. Meža reprodutīvā materiāla ražošana un sertificēšana. Available: <http://www.vmd.gov.lv/valsts-meza-dienests/statiskas-lapas/-meza-apsaimniekosana-/meza-reproduktivais-materials?nid=1678#jump>
103. Statistics Estonia. <https://www.stat.ee/en>
104. *The Norwegian Meteorological Institute*. EMEP MSC-W modelled air concentrations and depositions. Available: http://www.emep.int/mscw/mscw_ydata.html#ASCIIdata
105. The State Environmental Service of the Republic of Latvia. Amount of abstracted water: sum of the amounts in the water use permits currently granted for registered aquaculture farms: <http://www.vvd.gov.lv/izniegtas-atlaujas-un-licences/udens-resursu-lietosanas-atlaujas/>
106. Ulm, R. 2018. Assessment of atmospheric nitrogen deposition in Estonia. Master thesis at Tallinn University of Technology. 74 pp.
107. Urtāne, L., Karss, Ģ. (L.U. Consulting), 2013. Punktveida piesārņojuma avotu radīto slodžu un to ietekmes analīze. Available: http://gauja.balticrivers.eu/files/02_punktveida_piesarnojuma_avoti_latvija.pdf
108. USDA Food Composition Databases. Available: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list?home=true>
109. Valsts augu aizsardzības dienests. Par mēslošanas līdzekļiem un substrātiem. Available: <http://www.vaad.gov.lv/sakums/informacija-sabiedribai/par-meslosanas-lidzeklu-apriti.aspx>
110. VEKA (National register "Water Use") database. <https://veka.keskkonnainfo.ee/veka.aspx>
111. WDMS - Waste reporting system. <https://jats.keskkonnainfo.ee/main.php?lang=en&public=1>
112. Žandeckis, A. Cietā biokurināmā kvalitātes kritēriji. Standarti, 2016. Available: http://www.srcplus.eu/images/Seminars/Woodchips/Latvia/4_Cieta_kurinama_kvalitate.pdf
113. Ziemeļnieks, R. Rain water influence on the operation of Riga sewage co-system: Doctoral dissertation, 2011. Available: http://lufb.llu.lv/dissertation-summary/hydroengineering/Reinis-Ziemeļnieks_promocijas_darba_kopsavilkums_2011_LLU_LIF.pdf
114. Битумы. Available: http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=933

115. Журнал Хлом. Кокс в металлургии и для чего нужен литейный кокс. Available:
<http://xlom.ru/spravochnik/koks-v-metallurgii-i-dlya-chego-nuzhen-litejnyj-koks/>
116. Справочник химика 21. Содержание азота во фракциях нефтей. Available:
<http://chem21.info/info/1505759/>
117. Справочник химика 21. Available:
<http://chem21.info/page/219115017146245001141164010080246007085096068037/>