

**Saasteainete  
sadenemiskoormuste,  
kriitiliste tasemete ja  
nende mõjude  
hindamine**

Tallinn 2020



Õhukvaliteedi hindamine

# Saasteainete sadenemiskoormuste, kriitiliste tasemete ja nende mõjude hindamine

Aruanne

Tallinn 2020

Kinnitas:

Erik Teinemaa

Õhukvaliteedi juhtimise osakonna juhataja

Aruande koostajad:

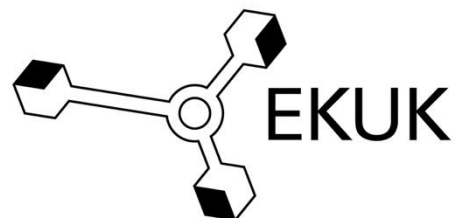
Marek Maasikmets

Andmeanalüüsi grupi juhataja

Kaisa Kesanurm

Õhukvaliteedi juhtimise osakonna

spetsialist





**Töö nimetus:**

Saasteainete sadenemiskoormuste, kriitiliste tasemete ja nende mõjude hindamine

**Töö autorid:**

Marek Maasikmets, andmeanalüüsi grupi juhataja

Kaisa Kesanurm, õhukvaliteedi juhtimise osakonna spetsialist

**Töö tellija:**

SA Keskkonnainvesteeringute Keskus

Narva maantee 7a

10117 Tallinn

**Töö teostaja:**

**Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ**

Marja 4D

Tallinn, 10617

Tel. 6112 900

Fax. 6112 901

[info@klab.ee](mailto:info@klab.ee)

[www.klab.ee](http://www.klab.ee)

EAK poolt akrediteeritud katselabor registreerimisnumbriga L008.

**Tellimuse nr:**

**Töö valmimisaeg: 13.11.2020**

Käesolev töö on koostatud ja esitatud kasutamiseks tervikuna. Töös ja selle lisades esitatud kaardid, joonised, arvutused on autoriõiguse objekt ning selle kasutamisel tuleb järgida autoriõiguse seaduses sätestatud korda. Töö omandamine, trükkimine ja/või levitamine ärilistel eesmärkidel on ilma Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ kirjaliku nõusolekuta keelatud. Töös toodud info kasutamine õppe- ja mitteärilistel eesmärkidel on lubatud, kui viidatakse algallikale. Andmete kasutamisel tuleb viidata nende loojale. Labor ei vastuta kliendi esitatud teabe õigsuse eest.



## Sisukord

1. Sissejuhatus .....	9
2. Seadusandlik taust.....	13
3. Eesti riikliku keskkonnaseire programmid .....	15
4. Kompleksseire Eestis .....	18
5. Metsaseire Eestis .....	28
6. Mullaseire Eestis .....	39
7. Pinnaveeseire Eestis .....	41
8. Sademete seire .....	51
9. Kokkuvõtte seiratavatatest ökosüsteemide kvaliteedinäitajatest NEC-direktiivi raames .....	55
10. NH <sub>3</sub> sisalduse muutus ja trendid ajas erinevate ökosüsteemide seirenäitajate alusel.....	63
10.1 NH <sub>3</sub> heite muutus ajas erinevatest sektoritest.....	64
10.2 NH <sub>3</sub> saastetase .....	70
10.3 NH <sub>4</sub> sadenemine.....	78
11. NH <sub>3</sub> saastekoormuse modelleerimine.....	87
11.1 NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N ja N <sub>Tot</sub> sadenemiskoormus Eestis .....	88
11.2 NH <sub>3</sub> tasemed Natura2000 aladel.....	94
12. Kokkuvõtte.....	99

**Joonised**

<b>Joonis 1</b>	<b>Kompleksseirejaamad Eestis .....</b>	<b>22</b>
Joonis 2	Vilsandi ja Saarejärve monitooringu allprogrammide põhimõtteline joonis .....	22
<b>Joonis 3</b>	<b>Metsaseire võrgustik Eestis .....</b>	<b>31</b>
<b>Joonis 4</b>	<b>Mullaseire alade paiknemine Eestis.....</b>	<b>40</b>
<b>Joonis 5</b>	<b>Vooluveekogude seirevõrk.....</b>	<b>42</b>
<b>Joonis 6</b>	<b>Vooluveekogude hüdrobioloogiline pidevseire.....</b>	<b>43</b>
<b>Joonis 7</b>	<b>Seisuveekogude pidevseire .....</b>	<b>44</b>
Joonis 8	Sademeseire jaamad .....	52
<b>Joonis 9</b>	<b>NH<sub>3</sub> heite muutus tööstuslikest heiteallikatest aastate lõikes.....</b>	<b>66</b>
<b>Joonis 10</b>	<b>NH<sub>3</sub> heide transpordisektorist.....</b>	<b>67</b>
<b>Joonis 11</b>	<b>NH<sub>3</sub> heide põllumajandussektorist .....</b>	<b>68</b>
Joonis 12	NH <sub>3</sub> heitkogus põllumajanduskäitistest ja selle jaotumus .....	68
<b>Joonis 13</b>	<b>NH<sub>3</sub> summaarne heide, kõik sektorid .....</b>	<b>69</b>
<b>Joonis 14</b>	<b>Riiklikud seirejaamad, kus mõõdet(i)akse NH<sub>3</sub> kontsentratsioone välisõhus .....</b>	<b>72</b>
Joonis 15	NH <sub>3</sub> keskmine kontsentratsioon pidevseirejaamades.....	73
<b>Joonis 16</b>	<b>NH<sub>3</sub> 1 h kontsentratsioon Lahemaal .....</b>	<b>74</b>
<b>Joonis 17</b>	<b>NH<sub>3</sub> 1 h kontsentratsioon Kohtla-Järvel.....</b>	<b>75</b>
<b>Joonis 18</b>	<b>NH<sub>3</sub> 1 h kontsentratsioon Narvas .....</b>	<b>76</b>
Joonis 19	NH <sub>3</sub> 1 h kontsentratsioon Sillamäel (seirejaam 1).....	77



Joonis 20	NH <sub>3</sub> 1 h kontsentratsioon Sillamäel (seirejaam 2 linnas) .....	78
Joonis 21	NH <sub>4</sub> -N sadenemine avamaa sademetes, kompleksseire .....	79
Joonis 22	NH <sub>4</sub> -N sadenemine võraves, kompleksseire .....	80
Joonis 23	NH <sub>4</sub> -N sadenemine tüveves, kompleksseire .....	81
Joonis 24	NH <sub>4</sub> -N sadenemine mullaves, kompleksseire .....	82
Joonis 25	NH <sub>4</sub> -N sadenemine sademetes, metsaseire .....	83
Joonis 26	Mineraalse lämmastiku (NH <sub>4</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N) keskmine sadenemine sademeseire jaamades.	84
Joonis 27	Mineraalse lämmastiku (NH <sub>4</sub> -N + NO <sub>3</sub> -N) sadenemine sademeseire jaamades, 2015, kgN/ha/a	85
Joonis 28	Mineraalse lämmastiku (NH <sub>4</sub> -N + NO <sub>3</sub> -N) sadenemine sademeseire jaamades, 2016, kgN/ha/a	85
Joonis 29	Mineraalse lämmastiku (NH <sub>4</sub> -N + NO <sub>3</sub> -N) sadenemine sademeseire jaamades, 2017, kgN/ha/a	86
Joonis 30	Mineraalse lämmastiku (NH <sub>4</sub> -N + NO <sub>3</sub> -N) sadenemine sademeseire jaamades, 2018, kgN/ha/a	86
Joonis 31	NH <sub>4</sub> -N arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2014 .....	90
Joonis 32	NH <sub>4</sub> -N arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2015 .....	90
Joonis 33	NH <sub>4</sub> -N arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2016 .....	91
Joonis 34	NO <sub>3</sub> -N arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2014 .....	91
Joonis 35	NO <sub>3</sub> -N arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2015 .....	92
Joonis 36	NO <sub>3</sub> -N arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2016 .....	92
Joonis 37	N <sub>Tot</sub> (NH <sub>4</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N) arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2014 .....	93



Joonis 38	$N_{Tot}$ ( $NH_4-N+NO_3-N$ ) arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2015 .....	93
Joonis 39	$N_{Tot}$ ( $NH_4-N+NO_3-N$ ) arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2016 .....	94
Joonis 40	$NH_3$ tasemed ja Natura2000 alade paiknemine .....	95
Joonis 41	$NH_3$ tasemed Natura2000 aladel .....	96
Joonis 42	$NH_3$ tasemed <i>Bryoria capillaris</i> leiukohtades .....	96
Joonis 43	$NH_3$ tasemed <i>Bryoria fuscenscens</i> leiukohtades .....	97
Joonis 44	$NH_3$ tasemed <i>Chaenotheca ferruginea</i> leiukohtades .....	97
Joonis 45	$NH_3$ tasemed <i>Hypogymnia physodes</i> leiukohtades .....	98
Joonis 46	$NH_3$ tasemed <i>Imshaugia aleurites</i> leiukohtades .....	98
Joonis 47	$NH_3$ tasemed <i>Pseudevernia furfuracea</i> leiukohtades .....	99
<b>Tabelid</b>		
Tabel 1	NEC-direktiivi lisas V nimetatud ökosüsteemide seirenäitajad .....	10
Tabel 2	Kompleksseire allprogrammid .....	23
Tabel 3	Kompleksseire allprogrammid, mille täitmist teostatakse teiste riikliku keskkonnaseire allprogrammide osana .....	26
Tabel 4	Ülevaade põhjus/tagajärg seostest, mille kohta kompleksseire programm andmeid kogub	27
Tabel 5	Võra seisundi hindamise kohustuslikud ja soovituslikud näitajad .....	32
Tabel 6	Juurdekasvuseire näitajad .....	34
Tabel 7	Mullaseires määratavad näitajad .....	40



<b>Tabel 8</b>	<b>Vooluveekogude hüdrobioloogiline seire</b> .....	<b>45</b>
<b>Tabel 9</b>	<b>Seisuveekogude hüdrobioloogiline seire</b> .....	<b>46</b>
<b>Tabel 10</b>	<b>Seisuveekogude füüsikalise-keemiliste näitajate seire</b> .....	<b>49</b>
Tabel 11	Sademeseire raames mõõdetavad näitajad.....	52
<b>Tabel 12</b>	<b>Ökosüsteemide kvaliteedinäitajad</b> .....	<b>57</b>
<b>Tabel 13</b>	<b>NH<sub>3</sub> heide tööstuslikest heiteallikatest</b> .....	<b>65</b>
<b>Tabel 14</b>	<b>NH<sub>3</sub> heide transpordisektorist</b> .....	<b>66</b>
<b>Tabel 15</b>	<b>NH<sub>3</sub> heide põllumajandussektorist</b> .....	<b>67</b>
<b>Tabel 16</b>	<b>NH<sub>3</sub> heide sektoriteüleselt kokku</b> .....	<b>69</b>
<b>Tabel 17</b>	<b>NH<sub>3</sub> keskmised kontsentratsioonid aastate lõikes</b> .....	<b>72</b>
Tabel 18	NH <sub>4</sub> – N depositsioon avamaa sademetes Vilsandil ja Saarejärvel.....	79
Tabel 19	NH <sub>4</sub> – N depositsioon võraves Vilsandil ja Saarejärvel.....	80
Tabel 20	NH <sub>4</sub> – N depositsioon tüvevees Vilsandil ja Saarejärvel.....	81
Tabel 21	NH <sub>4</sub> – N depositsioon mullaves Vilsandil ja Saarejärvel.....	82
Tabel 22	N kriitilised koormused erinevatele ökosüsteemidele.....	87





## 1. Sissejuhatus

Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2016/2284/EL (edaspidi NEC-direktiiv) kuulub 2013. aastal Euroopa Komisjonis avaldatud teatise "Euroopa puhta õhu programm" raames vastu võetud Euroopa puhta õhu paketti. NEC-direktiiv kehtestab soovituslikud nõuded õhusaaste mõjude hindamiseks ökosüsteemidele (artikkel 9 ja lisa V). Vastavalt artiklile 9<sup>1</sup> peavad liikmesriigid tagama, et seiratakse õhusaaste negatiivset mõju ökosüsteemidele, tuginedes seirealade võrgustikule, mis on ökosüsteemi liigi (mageveeökosüsteemid, looduslikud ja poollooduslikud elupaigad ning metsa ökosüsteemid) esinduslik valim. Selleks tuleb liikmesriikidel kooskõlastada oma tegevus teiste seireprogrammidega, mis on loodud vastavalt Euroopa Liidu õigusaktidele, sealhulgas direktiivile 2008/50/EÜ<sup>2</sup>, Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivile 2000/60/EÜ<sup>3</sup>, nõukogu direktiivile 92/43/EMÜ<sup>4</sup> ja piiriülese õhusaaste kauglevi konventsioonile<sup>5</sup> ning kasutada kõnealuste seireprogrammide alusel kogutud andmeid õhusaaste mõju hindamiseks ökosüsteemidele, mis tähendab, et eraldi seirevõrgustikku NEC-direktiivi artikkel 9 täitmiseks luua pole vaja ning nõudeid täidetakse piiriülese õhusaaste kauglevi konventsiooni rahvusvaheliste koostööprogrammide kaudu. NEC-direktiivi artikkel 9 nõuete täitmiseks võivad liikmesriigid kasutada lisas V loetletud valikulisi seirenäitajaid, mis on nimetatud Tabel 1.

Õhusaaste mõjutab oluliselt ja otseselt nii inimeste elukeskkonda, inimestest kui ka ökosüsteeme. Ökosüsteemide mõjude hindamiseks on välja töötatud spetsiifilised ja eriteadmisi nõudvad meetodid, mille rakendamisel on võimalik hinnata õhusaaste mõju ökosüsteemidele laiemalt. Saasteainete sadenemiskoormuste, kriitiliste tasemete ja nende mõjude hindamise esimene etapp käsitleb saasteainete sadenemiskoormuste hindamise nõuete täitmist lähtudes NEC-direktiivi artikli 9 lisast V. Selleks kirjeldatakse Eesti ökosüsteemide seirevõrgustikku, antakse ülevaade mõõdetavatest näitajatest ning nende muutustest ja trendidest aastate lõikes. Ehkki ülevaade teostatakse kõikide NEC-direktiivi artikkel 9 lisas V käsitletud näitajate kohta erinevate Eestis

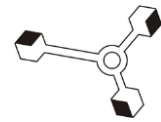
<sup>1</sup> EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV (EL) 2016/2284, 14. 12.2016, mis käsitleb teatavate õhusaasteainete riiklike heitkoguste vähendamist, millega muudetakse direktiivi 2003/35/EÜ ning tunnistatakse kehtetuks direktiiv 2001/81/EÜ

<sup>2</sup> EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2008/50/EÜ, 21. 05.2008, välisõhu kvaliteedi ja Euroopa õhu puhtamaks muutmise kohta

<sup>3</sup> EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV 2000/60/EÜ, 23.10.2000, millega kehtestatakse ühenduse veepoliitika alane tegevusraamistik

<sup>4</sup> NÕUKOGU DIREKTIIV 92/43/EMÜ, 21.05.1992, looduslike elupaikade ning loodusliku loomastiku ja taimestiku kaitse kohta

<sup>5</sup> 1979 CONVENTION ON LONG-RANGE TRANSBOUNDARY AIR POLLUTION



rakendatavate seireprogrammide alusel, siis saastetasemete muutuste ja trendide analüüsimisel on tähelepanu ammoniaagil, mille tulemustest lähtuvalt hinnatakse uuringu teise etapi raames ammoniaagi sadenemise arvutuslikku koormust, selle kriitilisi tasemeid ja võimalikke mõjusid keskkonnale ning vajalikke tegevusi põllumajandusvaldkonnas ammoniaagi heite vähendamiseks.

Eesti ökosüsteemide seirevõrgustiku ülevaade põhineb Eesti riiklikul keskkonnaseire programmil<sup>6</sup>, mis hõlmab 12. alamprogrammi, tagamaks ülevaate riigi keskkonnaseisundist tervikuna, sh rahvusvaheliste aruandlus- ja andmeedastuskohustuste täitmiseks vajaliku keskkonnaseisundi-alase info kogumise<sup>7</sup>.

Lähtudes NEC-direktiivi lisa V toodud nimekirjast ja artikkel 9 täitmise tingimusest, teostatakse Eestis sademeseiret, kompleksseiret, metsaseiret, mullaseiret ja siseveekogude seiret, mille mõõtmis- ja analüüsitulemustest lähtuvalt saab anda hinnangu õhusaaste sadenemiskoormuse ning selle mõjude kohta. Seireandmete põhjal teostatav sadenemiskoormuse hindamine on aluseks parema, efektiivsema ja põhjendatud keskkonnapoliitika planeerimisel, eriti valdkondades, mis on seotud nõuetega Euroopa Liidu direktiivide näol, mille rakendamine Eestis ei oleks seirenäitajate alusel vajalik või piisavalt põhjendatud.

**Tabel 1** NEC-direktiivi lisas V nimetatud ökosüsteemide seirenäitajad

Seire nimetus	Seirenäitaja	Seire sagedus
Mulla happesuse, mulla toitainekao, lämmastikuseisundi ja tasakaalu ning bioloogilise mitmekesisuse vähenemise hindamine	Mulla pH	Kord aastas
	Aluseliste kationide omastatavad fraktsioonid (küllastusaste) mullas	
	Omastatav alumiinium mullas	
	pH mulla lahuses	

<sup>6</sup> Eesti riiklik keskkonnaseire programm, <http://seire.keskkonnainfo.ee/>

<sup>7</sup> Eesti Keskkonnaministeerium, <https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/keskkonnamoju-ja-seire>



Seire nimetus	Seirenäitaja	Seire sagedus	
	Sulfaat mulla lahuses		
	Nitraat mulla lahuses		
	Aluselised katioonid mulla lahuses		
	Alumiiniumi kontsentratsioon mulla lahuses		
	Nitraatide leostumine mullas		
	Süsiniku, lämmastiku suhe (C/N) mullas		Kord kümne aasta jooksul
	Lämmastiku koguhulk mullas		
	Lehestiku toitainetasakaal (N/P, N/K, N/Mg)	Kord nelja aasta jooksul	
	Taimekasvule ja bioloogilisele mitmekesisusele avalduvate osoonikahjustuste hindamine	Kord aastas	
Taimekasvule ja lehestikule avalduv kahju			
Süsinikuvoog			
	Voopõhiste kriitiliste tasemete ületamise määr		
Magevee ökosüsteemide bioloogilise kahju ulatus, sealhulgas tundlike liikide (mikrofüüdid, makrofüüdid ja ränivetikad) puhul, ning kalavarude või selgrootute kadu	Happe neutraliseerimise võime	Kord aastas	
	Vee pH		
	Vees lahustunud sulfaat (SO <sub>4</sub> )		
	Vees lahustunud nitraat (NO <sub>3</sub> )		



Seire nimetus	Seirenäitaja	Seire sagedus
	Vees lahustunud orgaaniline süsinik	



## 2. Seadusandlik taust

Eesti keskkonnaseire võrgustik on loodud ja koordineeritud vastavalt järgmistele õigusaktidele ja rahvusvahelistele koostööprogrammidele:

- **Keskkonnaseire seadus** sätestab keskkonnaseire korralduse, riikliku keskkonnaseire programmi ja selle allprogrammide täitmise, riikliku keskkonnaseire jaamade ja alade rajamise, kasutamise, kaitse ja likvideerimise, keskkonnaseire käigus saadud andmete säilitamise, kasutamise ja avaldamise korra ning riikliku järelevalve korralduse (§ 1 lõige 1). Riiklik keskkonnaseire programm koosneb valdkondade allprogrammidest, kus kõik seiretöödel kasutatavad meetodid ja meetodikad on kooskõlas asjakohaste õigusaktide ja/või rahvusvaheliste programmide nõuetega (§ 4 lõige 2, § 7)<sup>8</sup>.
- **Riikliku keskkonnaseire programmi ja allprogrammide täitmise nõuded ja kord** on aluseks pikaajalise ja järjepideva keskkonnaseisundi seire läbi viimiseks, et selgitada välja keskkonnaseisundi muutusi ja lahendada rahvusvahelisi ja riikliku tähtsusega probleeme, mis nõuavad jälgimist ja prioriseerimist (§ 1 lõige 1)<sup>9</sup>.
- **Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiviga (EL) 2016/2284** (nn NEC direktiiv) kehtestatakse soovituslikud nõuded õhusaaste mõjude seireks ökosüsteemidele (Ecosystem monitoring Under Article 9 and Annex V of Directive 2016/2284), mille täitmiseks ei ole vaja eraldi seirevõrgustikku, vaid see on integreeritud rahvusvahelise seire koostööprogrammidesse (ICP Integrated Monitoring, ICP Forest, ICP Waters, ICP Vegetation ja EMEP).
- **Piiriülese õhusaaste kauglevi konventsioon** on loodud eesmärgiga kaitsta inimest ja teda ümbritsevat keskkonda õhu saastamise eest, püüdes piirata ning võimaluste piires vähendada ja vältida õhu saastamist, sealhulgas piiriülese õhusaaste kauglevi (artikkel 2)<sup>10</sup>. Rahvusvahelise seirevõrgustiku kaudu hinnatakse õhusaaste mõju ökosüsteemidele, mida teostatakse erinevate koostööprogrammide kaudu.

<sup>8</sup> Keskkonnaseire seadus, Riigikogu, 04.05.2016

<sup>9</sup> Keskkonnaministri 23.01.2017 määrus nr 3 "Riikliku keskkonnaseire programmi ja allprogrammide täitmise nõuded ja kord"

<sup>10</sup> Piiriülese õhusaaste kauglevi konventsioon, Riigikogu, 12.11.1979



- **Koostööprogramm EMEP** (European Monitoring and Evaluation Program) on piiriülese õhusaasteainete kauglevi jälgimise ja hindamise programm, mille raames saadakse infot saasteainete sisalduste kohta õhus ja sademetes ning nende kaugkande ulatusest, mille alusel saab hinnata õhusaaste hetkeolukorda ning saastekoormusi, pikemas perspektiivis aga inimtegevusest tingitud õhusaaste pikaajalisi trende ja suundumusi.
- **ICP Forests** on rahvusvaheline koostööprogramm õhusaaste kauglevi mõju jälgimiseks metsadele. Seire eesmärgiks on koguda andmeid metsade seisundi ajaliste ja ruumiliste muutuste kohta ning hinnata muutuste põhjuseid keskkonda kahjustavate tegurite, sh õhusaaste, seisukohast.
- **Üle-Euroopaline metsade intensiiv – ja pidevseire** (Pan-European Programme for Intensive and Continuous Monitoring of Forest Ecosystems) programmi raames viiakse läbi metsaökosüsteemide intensiiv- ja pidevseiret. Seire eesmärgiks on jälgida iseloomulikemates kasvukohtades ja tüüpilisemates metsakooslustes kasvavate puistute seisundit, teha kindlaks puistute seisundit ja metsamuldi mõjutav saastekoormus ning analüüsida metsade seisundi põhjuste ja tagajärgede seoseid<sup>11</sup>.
- **ICP Waters** on rahvusvaheline koostööprogramm õhusaaste mõjude uurimiseks jõgedele ja järvedele, eelkõige hapestumise osas. Seire peamiseks eesmärgideks on koguda infot saastekoormuse ja selle tagajärgede kohta jõgedel/järvedel ning kirjeldada pikaajalisi trende/ muutusi vee keemilistes näitajates ja vee elustikus, mis põhjustatud õhusaastest<sup>12</sup>.
- **ICP Vegetation** on rahvusvaheline koostööprogramm õhusaaste mõju uurimiseks looduslikule taimkattele ja põllukultuuridele. Programmi eesmärk on välja selgitada piirkonnad, kus õhusaaste mõjutab taimestikku, k.a põllukultuure; hinnata õhusaastemõju taimestikule katsete, vaatluste, seiretegevuse käigus, s.h mõju muutavas kliimas, ning kirjeldada ruumilisi mustreid ja ajalisi suundumusi; osoonimõjuga alade kaardistamine; raskmetallide, lämmastiku ning püsivate orgaaniliste saasteainete taimestikule sadenemise kaardistamine ja selle ajalised trendid, kasutades indikaatorina looduslikult kasvavaid samblaid<sup>13</sup>.
- **ICP Integrated Monitoring** on kompleksseire rahvusvaheline koostööprogramm õhusaaste mõju uurimiseks ökosüsteemidele. Seire eesmärk on maapealsete ja mageveeökosüsteemide

<sup>11</sup> Metsaseire allprogramm, Keskkonnaagentuur, 2019

<sup>12</sup> Norwegian Institute for Water Research, <http://www.icp-waters.no/>

<sup>13</sup> Centre for Ecology & Hydrology, Environment Centre Wales, <https://icpvegetation.ceh.ac.uk/about-us>



seisundi ning muutuste määramine ja prognoosimine pikas perspektiivis, eelkõige lämmastiku ja väävlis osas. Programm on täienenud ka troposfääri osooni, raskmetallide ning püsivate orgaaniliste saasteainete mõju uurimisega ökoloogilisel tasandil<sup>14</sup>.

### 3. Eesti riikliku keskkonnaseire programmid

Keskkonnaseire tähendab keskkonnategurite ja keskkonnaseisundi pidevat jälgimist ja hindamist indikaatorite süsteemi abil. Andmete töötlemisest ja analüüsist lähtuvalt saab mudelarvutusi kasutades prognoosida keskkonnategurite muutumise mõju keskkonnaseisundile laiemalt. Eestis teostatakse keskkonnaseiret viiel tasandil, milleks on riiklik seire, mis lähtub riiklikest prioriteetidest ning rahvusvahelistest kohustustest; kohalike omavalitsuste seire, mis keskendub kitsamalt lokaalse tähtsusega keskkonnaprobleemide jälgimisele; ettevõtete seire, mille eesmärgiks on peamiselt ettevõtte tegevuse mõju kontrollimine ja hindamine keskkonnale; teadusuuringute raames teostatav seire ning vabatahtlik seire. Siseriiklikul tasandil on keskkonnaseire aluseks Keskkonnaseire Seadus<sup>15</sup>, kus loetletakse ülesanded, mida keskkonnaseire kaudu täidetakse:

- keskkonda mõjutavate tegurite hindamine ja analüüsimine
- meteoroloogiliste ja hüdrooloogiliste tegurite ning nende muutuste jälgimine, hindamine ja prognoosimine
- keskkonnaseisundi hindamine ja selle muutuste prognoosimine
- taastuvate loodusvarade seisundi ja hulga määramine
- abinõude rakendamist või täiendavat uurimist nõudvate keskkonnamuutuste väljaselgitamine
- saasteainete kauglevi jälgimine ja rahvusvaheliste lepingute alusel võrdlusuuringute tegemine
- keskkonnaseisundit iseloomustavate näitajate süsteemi arendamine ja täiendamine
- lähteandmete saamine programmide, planeeringute ja arengukavade koostamiseks

Eestis teostatakse riiklikku keskkonnaseire programmi 12 allprogrammi kaudu, mis on järgmised:

1. **Eluslooduse mitmekesisuse ja maastike seire alamprogramm** on kõige ulatuslikum, hõlmates koosluste seiret, maastike kaugseiret ning liikide seiret. Programmi eesmärgiks on liikide arvukuses

<sup>14</sup> Finnish Environment Institute, <https://www.syke.fi/en-US>

<sup>15</sup> Keskkonnaseire Seadus, Riigikogu 04.05.2016, RT I, 22.12.2018, 11



ning levikus ja maastike arengus asetleidvate muutuste kindlakstegemine, jälgimine ning võimalike arengusuundade prognoosimine, lähtudes nii elus- kui eluta looduse seire raames kogutud informatsioonist<sup>16</sup>.

2. **Kiirgusseire** eesmärgiks on märgata inimtegevuse põhjustatud kiirgustaseme tõusu keskkonnas, eriti tehislise radionukliidide osas<sup>17</sup>.

3. **Kompleksseire** on saasteainete kauglevi Genfi konventsiooni alusel läbiviidav monitooring, mis uurib õhusaaste seoseid erinevate ökosüsteemide funktsioneerimisele, kus toimuvad muutused on kirjeldatavad keskkonnategurite mõju kaudu. Seire raames keskendutakse erinevate väikeökosüsteemide ja valgate bioloogiliste, hüdrooloogiliste, keemiliste ja füüsikaliste näitajate pikaajalisele jälgimisele, et selgitada looduslike tegurite, kliimamuutuste ja õhusaaste ning muu inimtegevuse mõju aineringetele (lämmastikuringe, süsinikuringe jt). Seire tulemused võimaldavad modelleerimise kaudu prognoosida keskkonnategurite muutuste võimalikke tagajärgi ökosüsteemidele laiemalt<sup>18</sup>.

4. **Mereseire** raames teostatakse Eesti mereala vee kvaliteedi ning seisundi hindamist hüdrooloogiliste, morfoloogiliste, vee füüsikalise-keemiliste ja bioloogiliste näitajate kaudu, mille alusel analüüsitakse toimunud muutusi ja koostatakse tulevikuprognose<sup>19</sup>.

5. **Meteoroloogiline ja hüdrooloogiline seire** hõlmab meteoroloogiliste ja hüdrooloogiliste vaatluste läbiviimist, mille raames kogutakse andmeid ilma, kliima, veekogude ja märgaladega seotud näitajate, nagu õhutemperatuuri, sademete, tuulesuuna ja -tugevuse, veekogude veetasemete ja vooluhulkade, kohta<sup>20</sup>.

6. **Metsaseire** keskendub metsade seisundi muutustele õhusaaste, kahjurite ja (seen)haiguste mõjul ning erinevatele puuliikide ja puude kasvukiiruse hindamisele. Lisaks hinnatakse metsaseire raames ka metsamuldade ja mullavee keemilist koostist, mille alusel saab infot saastekoormuse ja

---

<sup>16</sup> Eesti riiklik keskkonnaseire, [http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=628&Itemid=172](http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=628&Itemid=172)

<sup>17</sup> Eesti riiklik keskkonnaseire, [http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=635&Itemid=174](http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=635&Itemid=174)

<sup>18</sup> Eesti riiklik keskkonnaseire, [http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=974&Itemid=175](http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=974&Itemid=175)

<sup>19</sup> Eesti riiklik keskkonnaseire, [http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=641&Itemid=180](http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=641&Itemid=180)

<sup>20</sup> Eesti riiklik keskkonnaseire [http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=637&Itemid=176](http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=637&Itemid=176)





toitainete kättesaadavuse kohta. Seireandmete põhjal kaardistatakse inimtegevuse ja looduslike protsesside mõju metsade seisundi muutustel ning modelleeritakse metsade kasvukäiku<sup>21</sup>.

7. **Mullaseire** raames kogutakse infot mitmesuguste pinnaseseisundit iseloomustavate indikaatornäitajate kohta, mis on aluseks inimtegevuse mõjul saastunud ning kurnatud muldade kaardistamisel. Mullaseire ülesandeks on selgitada välja muldade regionaalsete iseärasuste muutumise looduslikud ja inimtekkelised põhjused ja selle ulatus ning kultuuristamise ja saastumise mõju muldadele<sup>22</sup>.

8. **Põhjaveeseire** programmi kuulub põhjaveekogumite seire ja nitraaditundliku ala põhjavee seire, mille raames määratakse põhjavee varud ja kvaliteet. Kogutud andmed võimaldavad planeerida põhjavee tarbimist, ennetada varude ammendumist, hinnata põhjavee saastatust ja sobivust joogiveeks ning avastada reostuskoldeid<sup>23</sup>.

9. **Seismilise seire** käigus registreeritakse Eesti territooriumil ning naaberaladel toimuvad seismilised sündmused ja nende asukohad<sup>24</sup>.

10. **Siseveekogude seire** hulka kuulub mitu alamprogrammi, nii et kaetud on suuremad siseveekogud, väiksemad järved, veehoidlad ja jõed, kus teostatakse hüdrokeemilisi, hüdro-morfoloogilisi ja hüdrobioloogilisi uuringuid ning lisaks ka ohtlike ainete seiret. Ühtlasi jälgitakse siseveekogude seire raames ka Peipsi ja Võrtsjärve randade muutumist looduslike ja inimtekkeliste tegurite mõjul. Seireandmete analüüs võimaldab näha ja hinnata siseveekogude seisundit ja selle muutust ajas, koostada tulevikuprognose ning analüüsida nende põhjuslikke seoseid inimtegevuse ja keskkonnas toimuvate protsessidega<sup>25</sup>.

---

<sup>21</sup> Eesti riiklik keskkonnaseire [http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=638&Itemid=177](http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=638&Itemid=177)

<sup>22</sup> Eesti riiklik keskkonnaseire [http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=639&Itemid=178](http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=639&Itemid=178)

<sup>23</sup> Eesti riiklik keskkonnaseire [http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=640&Itemid=179](http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=640&Itemid=179)

<sup>24</sup> Eesti riiklik keskkonnaseire [http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3903:seismiline-seire-2017-a&catid=1354:seismoseire-2017&Itemid=5863](http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=3903:seismiline-seire-2017-a&catid=1354:seismoseire-2017&Itemid=5863)

<sup>25</sup> Eesti riiklik keskkonnaseire [http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=643&Itemid=182](http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=643&Itemid=182)



11. **Välisõhu seire** hõlmab endas välisõhu kvaliteedi analüüsimist, sademete keemilise koostise määramist, raskmetallide sadenemise bioindikatsioonilist hindamist ning mõõtetulemuste vastavust kehtivates õigusaktides toodud normidele, mille alusel jälgitakse indikaatornäitajate muutusi ja nende võimalikku kahjulikku mõju inimese tervisele, elukeskkonnale, erinevatele rajatistele ning loodusmaastikele- ja kooslustele<sup>26</sup>.

12. **Tugiprogramm** vastutab seireprogrammide aja-ja asjakohastamise eest, mida koordineerivad Keskkonnaministeerium ja Keskkonnaagentuur. Tugiprogrammi pädevusse kuulub internetiväljundi ja trükiste koostamise tagamine, seireandmete kvaliteedikontroll, andmetöötlus, andmebaaside haldamine, rahvusvahelise aruandluse tagamine ja jälgimine, õigusaktide muutmise algatamine jms.

**NEC-direktiivi artikkel 9 täitmist kontrollitakse lähtuvalt sademeseire, kompleksseire, metsaseire, mullaseire ning magevee seire programmide, mille alusel kaardistatakse magevee- ja maismaaökosüsteemide seirenäitajad, mõõtmiste sagedus ning seirenäitajate pikaajalised muutused.** Seireprogramme käsitletakse ainult NEC-direktiivi lisa V seisukohast, tervikprogrammidest saab ülevaate Eesti riikliku keskkonnaseire programmi seireveebist <http://seire.keskkonnainfo.ee/>.

#### 4. Kompleksseire Eestis

Kompleksseire keskendub maismaaökosüsteemide seisundi uurimisele, mille tarbeks on eraldatud väikesed terviklikud seirealad, kus jälgitakse erinevate seirenäitajate muutumist aja jooksul arvestades eelkõige lämmastiku- ja väävlisaaste, aga ka osooni, raskmetallide ja püsivate orgaaniliste ühendite (POS) mõju. Kompleksseiret teostatakse vastavalt kompleksseire käsiraamatule (Manual of Integrated Monitoring)<sup>27</sup>. Pikaajaliselt kogutud andmed on aluseks keskkonnategurite ning ökosüsteemides toimuvate muutuste seoste selgitamisel, saastekoormuste hindamisel ning prognoosimisel ja õhusaaste kaugkande mõju analüüsimisel. Õhusaaste mõjul ökosüsteemis toimuvate muutuste ajalise ja ruumilise varieeruvuse kindlakstegemiseks on oluline monitooringu järjepidevus ja pikaajalus, mis peab lähtuma seire prioriteetidest ning rahvusvahelises koostöös osalemiseks miinimumprogrammist.

<sup>26</sup> Eesti riiklik keskkonnaseire [http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=645&Itemid=184](http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=645&Itemid=184)

<sup>27</sup> Manual of Integrated Monitoring, [https://www.syke.fi/en-](https://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Ecosystem_services/Monitoring/Integrated_Monitoring/Manual_for_Integrated_Monitoring)

[US/Research\\_Development/Ecosystem\\_services/Monitoring/Integrated\\_Monitoring/Manual\\_for\\_Integrated\\_Monitoring](https://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Ecosystem_services/Monitoring/Integrated_Monitoring/Manual_for_Integrated_Monitoring)



Koostöö fookuses on usaldusväärsete andmete kogumine, seiretulemuste võrdlemine teiste Euroopa riikide seirejaamade näitajatega, mis võimaldab seiretulemuste laiemat üldistamist ja sarnaste trendide väljaselgitamist, ning tulevikuprognoside koostamine, mis on aluseks edasiste keskkonnapoliitiliste eesmärkide ja tegevuste kujundamisel. Rahvusvaheline kompleksseire aruandlus toimub läbi Soome Keskkonnainstituudi SYKE Kompleksseire programmikeskuse<sup>28</sup>, kust Euroopa seirealade aastaaruanded on kättesaadavad. Eestisiselt on kompleksseirega seonduv info nähtav Keskkonnaagentuuri koduleheküljel<sup>29</sup> ning seireveebis<sup>30</sup>.

Vastavalt NEC-direktiivile võiks seirealad võimalusel vastata järgmistele tingimustele:

1. õhusaaste ala on eristatav muust survest
2. ala peaks olema tundlik õhusaaste suhtes, et muutused oleks kiirelt tuvastatavad
3. ala iseloomustab tüüpilist seiratavat elupaika
4. vähemalt kaks seireala

Kompleksseire alade eesmärk direktiivi nõuete täitmisel on seirata ja hinnata biogeokeemilisi trende ja nende mõjusid ökosüsteemidele, eristada looduslikku varieeruvust inimtekkelisest häiringust, töötada välja ja rakendada töövahendeid, näiteks mudeleid, mis võimaldaks regionaalset õhusaaste mõjude hindamist ja pikaajaliste mõjude prognoosimist<sup>31</sup>.

Eestis teostatakse kompleksseiret Vilsandi B-kategooria biomonitoringu alal (puudub valgala) ja Saarejärve A-kategooria intensiivseirealal. Mõlemas kohas viiakse seiret läbi männiku koosluses. Vilsandi seirejaam paikneb Saaremaast läänes paikneva Vilsandi saare keskosas alates 1994 aastast ning on üle-Euroopalise EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) seirevõrgustikku kuuluv I taseme seirejaam. Seirejaama koordinaadid L-Est süsteemis on 373913/6472665. Seiratava ala suurus on 0,77 ha. Saarejärve seirejaam paikneb Jõgevamaal Saarejärve järve lähistel alates 1997 aastast. Seirejaama koordinaadid L-Est süsteemis on 644977/6512430<sup>32</sup>. Seiratava ala suurus on 332 ha (Joonis 1). Ehkki kahe kompleksseire ala olemasolu ning nende paiknemine vastab NEC-direktiivi

<sup>28</sup> Finnish Environment Institute, <https://www.syke.fi>

<sup>29</sup> Keskkonnaagentuur, <https://www.keskkonnaagentuur.ee/seire/>

<sup>30</sup> Eesti keskkonnaseire programm, [http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=974&Itemid=175](http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=974&Itemid=175)

<sup>31</sup> Keskkonnaagentuur, <https://www.keskkonnaagentuur.ee/seire/>

<sup>32</sup> Eesti välisõhu kvaliteet, <http://ohuseire.ee/>



soovitusele, siis muutused õhusaastes ei ole siiski selgelt eristatavad looduslikest protsessidest, seda nii madala õhusaastelise koormuse, õhusaaste iseloomu, kui seirekoha looduslike tingimuste tõttu ning metsaökosüsteemid ei ole ka väga tundlikud õhusaastele. Nimetatud puudujäägid korvavad aga pikad andmerealad, mis teatud trende ja suundumusi näitavad ning seetõttu pole kompleksseirealade asukohtade muutmine hetkel põhjendatud.

Kompleksseire võrgustik, seiratavad näitajad ning seire sagedus on ülesehitatud vastavalt rahvusvaheliste programmide nõuetele, NEC-direktiivi soovitustele ja siseriiklikule õhusaastelevikule, mis tähendab, et lisaks rahvusvaheliste kohustuste täitmisele, saadakse ka siseriikliku tähtsusega teavet majandustegevuse mõjust looduskeskkonna toimimisele<sup>33</sup>.

NEC-direktiivi lisa V seisukohast on oluline :

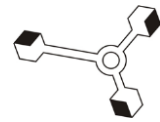
Mulla happesuse, mulla toitainekao, lämmastikuseisundi ja tasakaalu ning bioloogilise mitmekesisuse vähenemise hindamine, kus määratavateks seirenäitajateks on mulla pH, aluseliste kationide omastatavad fraktsioonid (küllastusaste) mullas, omastatav alumiinium mullas, pH, sulfaat, nitraat, aluseliste kationide ning alumiiniumi kontsentratsioon mulla lahuses, nitraatide leostumine mullas, süsiniku, lämmastiku suhe (C/N) mullas, lämmastiku koguhulk mullas ja lehestiku toitainetasakaal (N/P, N/K, N/Mg). Soovituslik määramise sagedus on valdavalt kord aastas, eranditeks on süsiniku, lämmastiku suhe (C/N) mullas, lämmastiku koguhulk mullas, mida võiks määrata kord 10 aasta jooksul ning lehestiku toitainetasakaalu (N/P, N/K, N/Mg) määramine kord nelja aasta kohta.

Taimikasvule ja bioloogilisele mitmekesisusele avalduvate osoonikahjustuste hindamine, kus määratavateks näitajateks on taimikasvule ja lehestikule avalduv kahju, süsinikuvoog, vooõhiste kriitiliste tasemete ületamise määr, mille soovituslik määramise sagedus on kord aastas.

Vilsandi seirealal teostatavad allprogrammid on järgmised: meteoroloogia, õhukeemia, avamaa sademed, raskmetallid sammaldes, võravesi, tüvevesi, mulla keemia, mullavee keemia, okka keemia, varise keemia, taimkate, tüve epifüüdid, bioelemendid ja indikatsioon, mikroobne lagunemine.

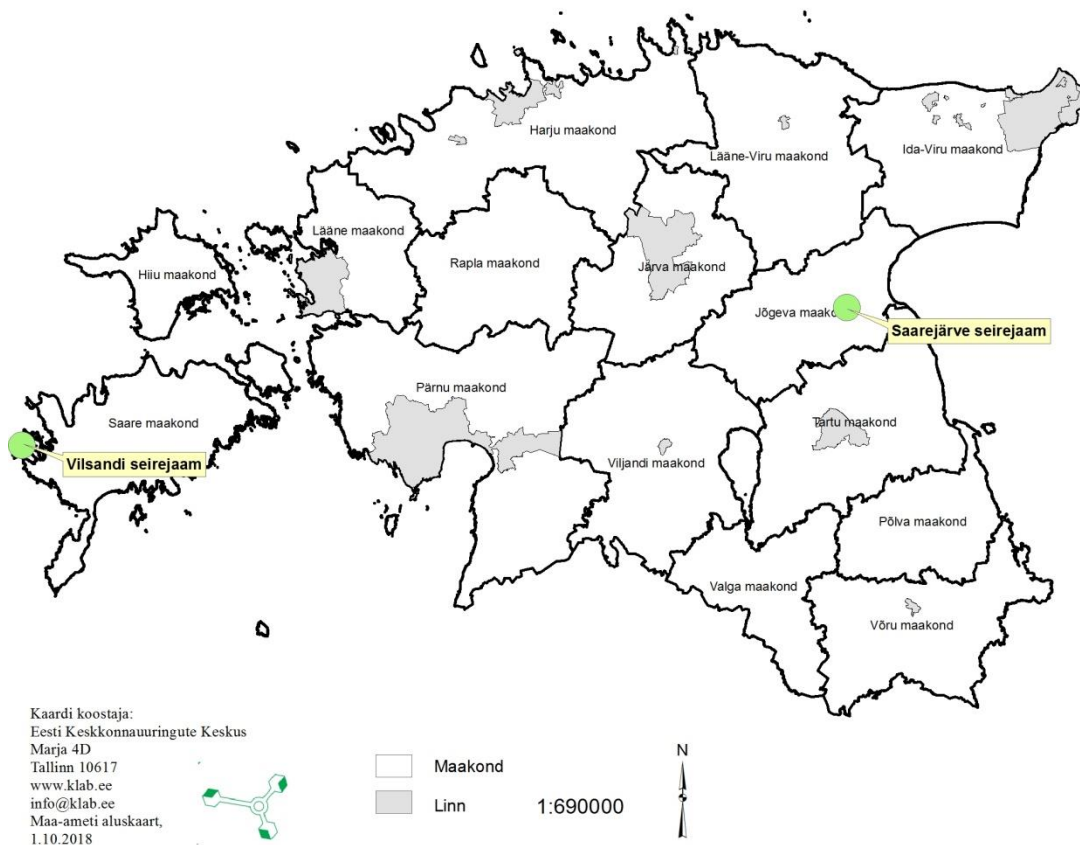
Saarejärve seirealal teostatavad allprogrammid on järgmised: meteoroloogia, õhu keemia, avamaa sademed, pinnavee keemia, võravesi, tüvevesi, mullavee keemia, mikroobne lagunemine, tüve

<sup>33</sup> Kompleksseire allprogramm, Keskkonnaagentuur, 2019

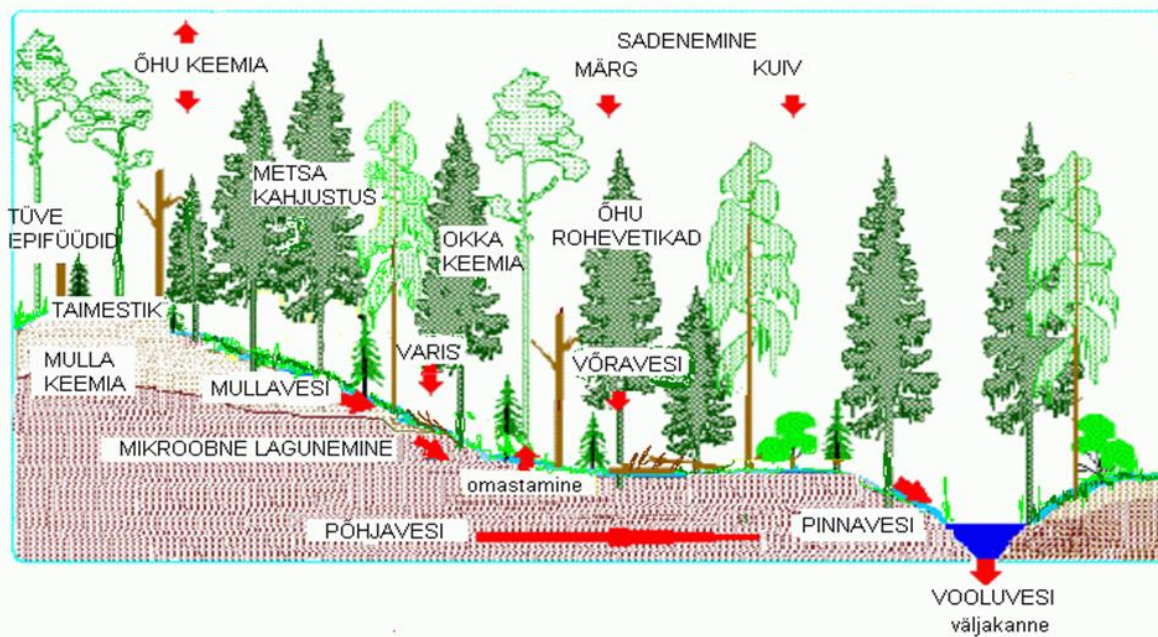


epifüüdid, raskmetallid sammaldes, mulla keemia, okka keemia, varise keemia, taimkate, bioelemendid ja indikatsioon.

Vilsandil ja Saarejärvel viiakse seiret läbi vastavalt rahvusvahelise kompleksseire programmi allprogrammidele (ICP IM), võimalusel programmides nimetatud mahus ja rotatsioonis. Tabel 2 on nimetatud Vilsandil ja Saarejärvel mõõdetavad näitajad erinevate allprogrammide raames ning Tabel 3 kompleksseire allprogrammid, mille täitmist teostatakse teiste riiklikku keskkonnaseire allprogrammide osana, olles oluline tervikliku hinnangu andmiseks ökosüsteemides asetleidnud muutuste kirjeldamisel. Orienteeruvalt kord kuue aasta jooksul analüüsitakse kompleksseire tulemusi lähtuvalt rahvusvahelise kompleksseire programmi ja NEC-direktiivi seire eesmärkidest nii, et erinevate näitajate muutuste analüüsimisel on eristatud looduslikud muutused õhusaaste mõjust ning lisaks rahvusvahelistele nõuetele oleks täidetud ka siseriiklikud huvid. Seiretulemuste kompleksne analüüs viiakse läbi allprogrammide üleselt, st keskendutakse põhjus-tagajärg seoste loomisele ökosüsteemides asetleidnud muutuste kirjeldamisel (Tabel 4).



Joonis 1 Kompleksseirejaamad Eestis



Joonis 2 Vilsandi ja Saarejärve monitooringu allprogrammide põhimõtteline joonis


**Tabel 2 Kompleksseire allprogrammid<sup>34</sup>**

Kompleksseire kohustuslikud allprogrammid	Saarejärve (männik) Sagedus ja näitajad <sup>35</sup>	Vilsandi (männik) Sagedus ja näitajad <sup>36</sup>	Rotatsioon
Avamaa sademed (PC)	Kuu keskmisest proovist: sademete hulk, SO <sub>4</sub> -S, NO <sub>3</sub> -N, NH <sub>4</sub> -N, Cl, Ca, K, Mg, Na, HCO <sub>3</sub> , elektrijuhtivus, pH	Kuu keskmisest proovist: sademete hulk, SO <sub>4</sub> -S, NO <sub>3</sub> -N, NH <sub>4</sub> -N, N-üld, P-üld, Cl, Ca, K, Mg, Na, HCO <sub>3</sub> , elektrijuhtivus, pH	Igal aastal
Võravoolu keemia (TF)	Kuu keskmisest proovist: võravoolu hulk, SO <sub>4</sub> -S, NO <sub>3</sub> -N, NH <sub>4</sub> -N, N-üld, Cl, Ca, Mg, K, Na, HCO <sub>3</sub> , elektrijuhtivus, pH	Kuu keskmisest proovist: võravee hulk, SO <sub>4</sub> -S, NO <sub>3</sub> -N, NH <sub>4</sub> -N, N-üld, Cl, Ca, Mg, K, Na, HCO <sub>3</sub> , elektrijuhtivus, pH	Igal aastal
Mullavee keemia (SW)	Kuu keskmisest proovist (orienteeruvalt aprill-oktoober), kahelt sügavuselt: mullavee kogus, elektrijuhtivus, pH, SO <sub>4</sub> -S, N-üld, NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, P-üld, Ca, Mg, K, Na, Al-üld, Al (ioon), Cl, DOC	Kuu keskmisest proovist (orienteeruvalt aprill-oktoober), kahelt sügavuselt: mullavee kogus, elektrijuhtivus, pH, HCO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> -S, N-üld, NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, P-üld, Ca, Mg, K, Na, Cl, Al-üld, DOC	Igal aastal
Mulla keemia (SC)	Kord aastas (august-oktoober): pH(CaCl <sub>2</sub> ), pH(H <sub>2</sub> O), Stot, Ptot, Ntot, Ca(exc), Mg(exc), K(exc), Na(exc), Al(exc), TOC, tiitritud happesus	Kord aastas (august-oktoober): pH(CaCl <sub>2</sub> ), S <sub>tot</sub> , N <sub>tot</sub> , P <sub>tot</sub> , Ca(exc), Mg(exc), K(exc)	Kord 5 a kohta

<sup>34</sup> Keskkonnaagentuur, Riikliku keskkonnaseire kompleksseire allprogramm

<sup>35</sup> Kaldkirjas on allprogrammide soovituslikud näitajad

<sup>36</sup> Kaldkirjas on allprogrammide soovituslikud näitajad



		Na(exc), Al(exc), TOC, tiitritud happesus	
Vooluvee keemia (RW)	Kord kuus: pH, elektrijuhtivus, K, Na, Ca, Mg, Al (ioon), NO <sub>3</sub> -N, NH <sub>4</sub> -N, N- üld, HCO <sub>3</sub> , Cl, SO <sub>4</sub> -S, DOC  Iga päev: Veetase, vooluhulk, veetemperatuur	-	Igal aastal
Okkakeemia (FC)	Aasta keskmisest proovist (1 a vanused okkad; erinevad puud): okkaproovi(de) kuivmass, S-üld, N-üld, P-üld, Ca, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn, TOC	Aasta keskmisest proovist (1, 2 ja 3 a vanused okkad; kindlad puud): kuivmass, S-üld, N-üld, P- üld, Ca, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn, TOC	Igal aastal
Varise keemia (LF)	Proovide kogumine lumevabal perioodil igakuiselt, analüüs sorteeritud faktsoonidest, eraldi okkad ja muu varis: varise kuivmass, S-üld, N-üld, P- üld, Ca, Mg, K, Na, TOC, Cu, Zn, Fe, Mn	Proovide kogumine lumevabal perioodil igakuiselt, analüüs sorteeritud faktsoonidest, eraldi okkad ja muu varis: varise kuivmass, S-üld, N- üld, P-üld, Ca, Mg, K, Na, TOC, Cu, Zn, Fe, Mn	Igal aastal
Taimkate intensiivaladel (VG)	Põõsa-, rohu- ja samblarinde detailne analüüs püsivaatlusaladel (kui enamus liike on välja arenenud).	Põõsa-, rohu- ja samblarinde detailne analüüs püsivaatlusaladel (kui enamus liike on välja arenenud).	Kord 5 a kohta





Tüve epifüüdid (EP)	Kord aastas kuival perioodil (kindlatel vaatluspuudel): liigiline koosseis, katvuse ja seisundi hinnang, hallsambliku puhul ka katteväärtus.	Kord aastas kuival perioodil (kindlatel vaatluspuudel): liigiline koosseis, katvuse ja seisundi hinnang	Kord 5 a kohta
Tüvevoolu keemia (SF)	Kuu keskmisest proovist: tüvevee kogus, SO <sub>4</sub> -S, NO <sub>3</sub> -N, NH <sub>4</sub> -N, Cl, Ca, K, Mg, Na, HCO <sub>3</sub> , elektrijuhtivus, pH	Kuu keskmisest proovist: tüvevee kogus, SO <sub>4</sub> -S, NO <sub>3</sub> -N, NH <sub>4</sub> -N, N-üld, Cl, Ca, K, Mg, Na, HCO <sub>3</sub> , elektrijuhtivus, pH	Igal aastal
Põhjavee keemia (GW)	Proov kaks kord aastas (kevad, sügis): SO <sub>4</sub> -S, NO <sub>3</sub> -N, NH <sub>4</sub> -N, N-üld, Ca, Na, K, Mg, Cl, DOC, Al-üld, Al liikuv, pH, elektrijuhtivus, aluselisisus, põhjaveetase	-	Kord 5 a kohta
Sammalde keemia (MC)	Liigi, harilik laanik, proovide kogumine ja analüüs kord aastas: As	Liigi, harilik laanik, proovide kogumine ja analüüs kord aastas	Kord 5 kohta
Mikroobne lagunemine (MB)	Standardse varise okaste ja alfa-tselluloosi lagunduskatsed 1, 2 ja 3-aastase tsükli (oktoobris, 12 varise ja 12 alfa-tselluloosi riba). Tselluloosiribade lagundusproovid võetakse üles 1 aasta möödudes. Määratakse kaalukadu (%).	Standardse varise okaste ja alfa-tselluloosi lagunduskatsed 1, 2 ja 3-aastase tsükli (juulis, 12 varise ja 12 alfa-tselluloosi riba). Tselluloosiribade lagundusproovid võetakse üles 1 aasta möödudes. Määratakse kaalukadu (%).	Igal aastal



Toksilisuse hindamine peenjuurtes (TA)	Kord aastas soovituslik Mn, Cd, Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, Hg, Al-üld, Fe sisalduse analüüsimine	Teha võimalusel	Kord 5 a kohta
--	---	-----------------	----------------

**Tabel 3 Komplekseire allprogrammid, mille täitmist teostatakse teiste riikliku keskkonnaseire allprogrammide osana<sup>37</sup>**

Komplekseire allprogrammid	Allprogramm, mille raames täidetakse	Saarejärve	Vilsandi	Rotatsioon
Meteoroloogia (AM)	Meteoroloogiline ja hüdrooloogiline seire	sademed, õhutemperatuur, maapinnatemperatuur, pinnasetemperatuur, õhuniiskus, tuul.	sademed, õhutemperatuur, maapinnatemperatuur, pinnasetemperatuur, õhuniiskus, tuul.	Igal aastal
Õhu keemia (AC)	Õhuseire	SO <sub>2</sub> -S, NO <sub>2</sub> -N, O <sub>3</sub> , PM <sub>2,5</sub> , NO, NO <sub>x</sub>  *kohustuslikest ei tehta: Summa (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (os.) + HNO <sub>3</sub> (gaas)) Summa (NH <sub>3</sub> (gaas) + NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> (os.))	SO <sub>2</sub> -S, NO <sub>2</sub> -N, O <sub>3</sub> , PM <sub>2,5</sub> , NO, NO <sub>x</sub>  *kohustuslikest ei tehta: Summa (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (os.) + HNO <sub>3</sub> (gaas)) Summa (NH <sub>3</sub> (gaas) + NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> (os.))	Igal aastal
Järve keemia <sup>38</sup> (LC)	Pinnaveeseire allprogramm	Järvede pinnakihist võetud veeproovidest määrata: BHT <sub>5</sub> , KHT-Cr, NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, Nüld, PO <sub>4</sub> -P, Püld, Cl, SO <sub>4</sub> , klorofüll a ja kollane	-	Kord 3 a kohta

<sup>37</sup> Keskkonnaagentuur, Riikliku keskkonnaseire kompleksseire allprogramm

<sup>38</sup> Andmeid ei esitata kompleksseire programmi keskusele SYKE



		aine. Järvede hüppekihist või põhjakihist võetud veeproovidest määrata: Nüld, Püld, klorofüll a ja kollane aine.		
Järve hüdrobioloogia <sup>39</sup> (LB)	Pinnaveeseire allprogramm	Siseriiklikult välja töötatud seire metoodika kohaselt seiratakse: fütoplanktonit 4xa; zooplanktonit 2x a.; suurtaimestikku 1xa; suurselgrootuid 1 x a; kala 1x a; fütobentost 1xa.	-	Kord 3 a koha

**Tabel 4 Ülevaade põhjus/tagajärg seostest, mille kohta kompleksseire programm andmeid kogub<sup>40</sup>**

Tegur (põhjus)	Seotud allprogrammid <sup>41</sup>	Spetsiifiline indikaator koos allprogrammiga	Üldine indikaatornäitaja
Lämmastik, väävel	PC, TF, SF, RW/SW, SC, AM, LC, AC, LF, (LC, GW)	Taimestiku lämmastikunõudluse indeks (VG) Lehtede (okaste) keemiline koostis (FC) Õhu rohevetikad (AL)	Biomassi muutus Liigiline koosseis Metsakahjustused Mikroobne lagunemine

<sup>39</sup> Andmeid ei esitata kompleksseire programmi keskusele SYKE

<sup>40</sup> Kompleksseire Saarejärvel ja Vilsandil 2017, N. Kabral

<sup>41</sup> Lühendite tähendused Tabel 2 ja Tabel 3



Osoon	AM, SW, AC	Lehtede, okaste kahjustused (FD) <sup>42</sup>	Biomassi muutus Liigiline koosseis Metsakahjustused Fenoloogia
POS	PC, RW/SW, BI, FC	Bioakumulatsioon	Biomassi muutus Liigiline koosseis
Raskmetallid	MC, FC, PC, TF, SF, RW/SW	Bioakumulatsioon Mikroobne lagunemine	Biomassi muutus Liigiline koosseis
Kliimamuutus	AM, AC	-	Biomassi muutus Bioloogiline mitmekesisus Mikroobne lagunemine

## 5. Metsaseire Eestis

Metsaseire eesmärk laiemalt on uurida õhusaaste mõju metsade seisundile, mille aluseks on metsade ja metsamuldade seisundi määramine ja jälgimine. Metsaseire käigus hinnatakse ka bioloogiliste mõjurite osa metsakahjustustes. Kogutud andmed võimaldavad analüüsida metsade seisundi muutusi, inimtegevuse ja loodustegevuse protsesse ja tagajärgi ning modelleerida metsade kasvu ja seisundit. Täpsemalt on metsaseire ülesandeks vastavalt Keskkonnaseire Seadusele metsade ja metsamuldade seisundi ja aineringe jälgimine ning toimuvate muutuste selgitamine ja prognoosimine, analüüsides nende põhjuslikke seoseid inimtegevuse ja looduslike protsessidega; kliimamuutuste, õhusaaste ja muu inimtegevuse mõju selgitamine metsa ökosüsteemile ning metsakahjurite leviku kindlakstegemine, jälgimine ja analüüs. Eestis alustati metsaseire võrgustiku loomist 1988. aastal vastavalt kahele rahvusvahelisele programmile, mis jagab metsaseire I<sup>43</sup> ja II<sup>44</sup> astme metsaseireks.

1. I astme metsaseire ehk laiaulatuslik seire, mille eesmärgiks on koguda andmeid metsade seisundi ajaliste ja ruumiliste muutuste kohta ning nende seoste kohta kahjustavate teguritega, sealhulgas

<sup>42</sup> Seire peatatud

<sup>43</sup> Euroopa metsaseire programm *ICP Forests (International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests)*

<sup>44</sup> Üle-Euroopaline metsade intensiivseire



keskkonna saastumisega. I astme metsaseire võrgustik on rajatud 1988. aastal ning koosneb 96 alalisest vaatluspunktist 16x16 km ruutudel. Vaatluspunktid paiknevad koosseisult, vanuselt ja kasvukohatingimustelt erinevates puistutes vastavalt võrgustiku ristumispunktide sattumisele erinevatesse puistutesse. Igas vaatluspunktis hinnatakse 24 nummerdatud vaatluspuu seisundit<sup>45</sup>.

2. II astme metsaseire ehk intensiivseire, mille eesmärgiks on jälgida iseloomulikemates kasvukohtades ja tüüpilisemates metsakooslustes kasvavate puistute seisundit, teha kindlaks puistute seisundit ja metsamuldi mõjutav saastekoormus ning analüüsida metsade seisundi põhjuste ja tagajärgede seoseid<sup>46</sup>. II astme metsaseire toimub püsiproovialadel, millele on rajatud 0,25 ha proovitükid. Iga proovitüki sees on valitud omakorda 0,1 ha suurune väiksem proovitükk, mida ümbritseb puhverala. II astme metsaseire aladel toimub lisaks vaatluspuude seisundi hindamisele ka mulla agrokeemiliste näitajate määramine ning mullavee, võravee ja avamaa sadevee keemiline analüüs<sup>47</sup>. Eestis hetkel 6 alalist proovivõtuala.

Kõik metsaseire programmides osalevad riigid kasutavad ühtseid harmoniseeritud ja standardiseeritud *ICP Forests* juhendites kirjas olevaid meetodeid nii seirealade, seiratavate näitajate kui seiresageduse määramisel, millest lähtuvalt on ka Eesti metsaseire võrgustik üles ehitatud.

Proovialade valikul on lähtutud *ICP Forests* poolt etteantud kriteeriumidest<sup>48</sup>:

1. prooviala peab olema võimalikult homogeenne, see tähendab, et nii kasvukohatüüp, puuliigid ja muud prooviala tingimused varieeruksid võimalikult vähe
2. proovialad peavad olema lihtsalt ligipääsetavates kohtades
3. valimis peaksid olema esindatud riigis enamesindatud kasvukohatüübid ja puuliigid
4. võimalusel rajada proovialad meteoroloogia ja õhu kvaliteedi jaamade lähedale

Eesti metsaseire allprogramm jaguneb erinevate seireliikide järgi järgmiselt:

1. Võra seisundi ja kahjustuste hindamine I astme seires
2. Võra seisundi ja kahjustuste hindamine II astme seires
3. Sademete seire ja sademetega langev saastekoormus

---

<sup>45</sup> Keskkonnaagentuur, <https://www.keskkonnaagentuur.ee/failid/yld/Metsaseire.pdf>

<sup>46</sup> RIIKLIKU KESKKONNASEIRE PROGRAMMI METSASEIRE ALLPROGRAMM, Keskkonnaagentuur, 2019

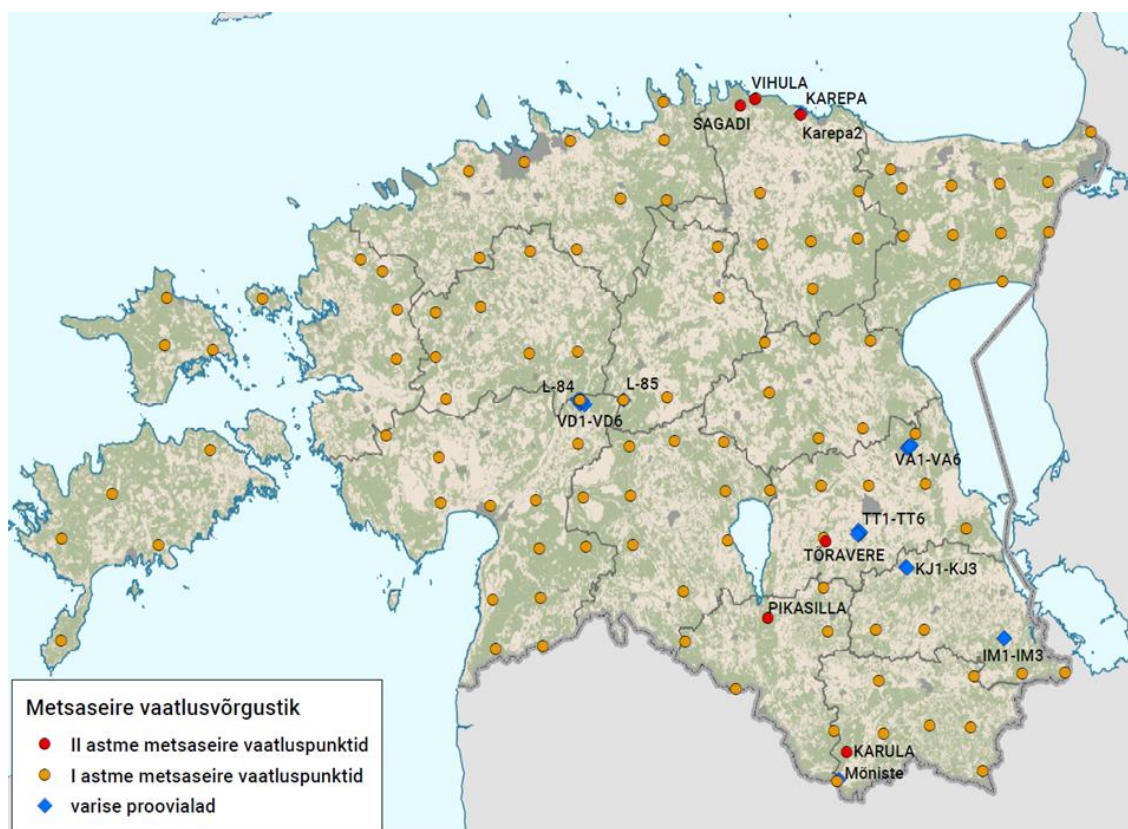
<sup>47</sup> Keskkonnaagentuur, <https://www.keskkonnaagentuur.ee/failid/yld/Metsaseire.pdf>

<sup>48</sup> RIIKLIKU KESKKONNASEIRE PROGRAMMI METSASEIRE ALLPROGRAMM, Keskkonnaagentuur, 2019



4. Okaste ja lehtede seire
5. Juurdekasvu seire
6. Alustaimestiku seire
7. Varise seire
8. Meteoroloogiliste tingimuste seire
9. Metsamulla seire
10. Mullavee seire

NEC-direktiivi lisa V seisukohast on oluline mulla happesuse, mulla toitainekao, lämmastikuseisundi ja tasakaalu ning bioloogilise mitmekesisuse vähenemise hindamine, kus määratavateks seirenäitajateks on mulla pH, aluseliste katioonide omastatavad fraktsioonid (küllastusaste) mullas, omastatav alumiinium mullas, pH, sulfaat, nitraat, aluseliste katioonide ning alumiiniumi kontsentratsioon mulla lahuses, nitraatide leostumine mullas, süsiniku, lämmastiku suhe (C/N) mullas, lämmastiku koguhulk mullas ja lehestiku toitainetasakaal (N/P, N/K, N/Mg). Soovituslik määramise sagedus on valdavalt kord aastas, eranditeks on süsiniku, lämmastiku suhe (C/N) mullas, lämmastiku koguhulk mullas, mida võiks määrata kord 10 aasta jooksul ning lehestiku toitainetasakaalu (N/P, N/K, N/Mg) määramine kord nelja aasta kohta. Sellest lähtuvalt teostatakse metsaseire raames okaste ja lehtede seiret, varise seiret, metsamulla seiret ning mullavee seiret.



Joonis 3 Metsaseire võrgustik Eestis<sup>49</sup>

Alljärgnevalt on näidatud iga metsaseire allprogrammi raames selle eesmärk, mõõdetavad näitajad ning seiresagedus.

**Võra seisundi ja kahjustuste seire** eesmärk on koguda perioodilist informatsiooni puude elujõulisuse ning biotiliste ja abiotiliste stressifaktorite mõju kohta nii Euroopas kui ka Eesti metsaseire võrgustikus; metsade tervislikku seisundit mõjutavate biotiliste ja abiotiliste faktorite (eelkõige putukkahjurite ja seenhaiguste) leviku fikseerimine, jälgimine ja analüüs eesmärgiga ennetada nende puhangulist levikut; invasiivsete liikide jälgimine ja männi laguussi proovide kogumine eesmärgiga tuvastada nende esinemist ning anda teavet puude kahjustuste mõjust võrade seisundile<sup>50</sup>.

<sup>49</sup> RIIKLIKU KESKKONNASEIRE PROGRAMMI METSASEIRE ALLPROGRAMM, Keskkonnaagentuur, 2019

<sup>50</sup> RIIKLIKU KESKKONNASEIRE PROGRAMMI METSASEIRE ALLPROGRAMM, Keskkonnaagentuur, 2019


**Tabel 5 Võra seisundi hindamise kohustuslikud ja soovituslikud näitajad<sup>51</sup>**

Näitaja	Sagedus	I aste	II aste
Hinnatav võra osa	Kord aastas	K	K
Võra nähtavus	Kord aastas	S	K
Kasvuklass	Kord aastas	S	K
Võra varjutatus	Kord aastas	S	S
Defoliatsioon	Kord aastas	K	K
Õitsemine	Kord aastas	S	S
Käbikandvus	Kord aastas	S	S
Raiumine/suremine	Kord aastas	K	K
Puistu vanus	Kord aastas	K	K
Puu vanus	Kord aastas	S	S
Vanuse määramise meetod	Kord aastas	S	S
Lisavõrsed	Kord aastas	S	S
Puu kahjustatud osa	Kord aastas	K	K
Kahjustuse asukoht võras	Kord aastas	S	K
Sümptomite kirjeldus	Kord aastas	S	K
Sümptom	Kord aastas	K	K
Kahjustuse vanus	Kord aastas	S	K
Kahjustuse põhjus või faktorid	Kord aastas	K	K
Kahjustuse teaduslik nimetus	Kord aastas	K	K
Ulatus	Kord aastas	K	K

**Depositsiooni hindamist** viiakse läbi kuuel II astme metsaseire intensiivalal (Vihula, Sagadi, Karepa, Pikasilla, Tõravere, Karula) avamaa sademete ning puude võravee keemilise analüüsamise kaudu, kus eesmärgiks on hinnata atmosfäärist langevat depositsiooni (sademete kogus, kontsentratsioonid, muutused) ja saastekoormuseid intensiivseire aladel, et paremini aru saada depositsiooni mõjust metsaökosüsteemidele<sup>52</sup>.

<sup>51</sup> K-kohustuslik, S-soovituslik

<sup>52</sup> RIIKLIKU KESKKONNASEIRE PROGRAMMI METSASEIRE ALLPROGRAMM, Keskkonnaagentuur, 2019




**Tabel 2**      **Depositsiooni proovidest analüüsitavad näitajad II astme proovialadel**

Näitaja	Ühik	Sagedus
pH	pH ühik	kord kuus
Elektrijuhtivus	µS/cm	kord kuus
Ca <sup>2+</sup>	mg/L	kord kuus
Mg <sup>2+</sup>	mg/L	kord kuus
Na <sup>+</sup>	mg/L	kord kuus
K <sup>+</sup>	mg/L	kord kuus
NH <sub>4</sub> -N	mg N/L	kord kuus
SO <sub>4</sub> -S	mg S/L	kord kuus
NO <sub>3</sub> -N	mg N/L	kord kuus
Cl <sup>-</sup>	mg/L	kord kuus
Aluselisis	µeq/L	kord kuus
Üldlämmastik	mg/L	kord kuus
DOC	mgC/L	kord kuus

**Lehe- ja okkaseiret** viiakse läbi kuuel II astme metsaseire intensiivalal (Sagadi, Vihula, Karepa, Tõravere, Pikasilla, Karula), kus eesmärgiks on hinnata puude toitumisalast seisundit ja õhusaaste mõju lehtedele/okastele vaatlusaladel; leida trendianalüüside põhjal ajas ja ruumis toimuvaid muutuseid ning aidata kaasa Euroopa metsade seisundi hindamisele ja kvantifitseerimisele.

**Tabel 3**      **Okkaseire käigus mõõdetavad parameetrid<sup>53</sup>**

Parameeter/Näitaja	Ühik	II aste	Sagedus
100 lehe/1000 okka mass	g	K	üle aasta
N	mg/g	K	üle aasta
S	mg/g	K	üle aasta

<sup>53</sup>K-kohustuslik, S-soovituslik



P	mg/g	K	üle aasta
Ca	mg/g	K	üle aasta
Mg	mg/g	K	üle aasta
K	mg/g	K	üle aasta
C	g/100g	K	üle aasta
Zn	µg/g	S	üle aasta
Mn	µg/g	S	üle aasta
Fe	µg/g	S	üle aasta
Cu	µg/g	S	üle aasta
Pb	µg/g	S	üle aasta
Cd	ng/g	S	üle aasta
B	µg/g	S	üle aasta

**Juurdekasvuseiret** viiakse läbi kõigis I ja II astme vaatlusaladel, kus seire eesmärgiks on tuvastada puude juurdekasvus toimuvad muutused, mis on tekkinud kindla perioodi jooksul ja võimalusel leida seoseid keskkonnategurite muutuste ning puude juurdekasvu vahel.

**Tabel 6** Juurdekasvuseire näitajad

Näitaja	Ühik	Sagedus
Proovitüki suurus*	Ha	Iga 5 aasta järel
Puude arv proovitükil	tk/ha	Iga 5 aasta järel
Puuliik	kood	Iga 5 aasta järel
Rinnasdiameeter	Cm	Iga 5 aasta järel
Puu kõrgus	M	Iga 5 aasta järel
Võra alguse kõrgus*	M	Iga 5 aasta järel

\*näitaja mõõdetakse ainult II astme proovialadel



**Alustaimestiku seiret** tehakse kõigil kuuel II astme metsa intensiivseireseire proovialal (Sagadi, Vihula, Karepa, Tõravere, Pikasilla, Karula), kus eesmärgiks on hinnata taimestiku olukorda, muutuseid ja mitmekesisust seirealadel.

**Tabel 5 Alustaimestikuseire kohustuslikud ja soovituslikud näitajad<sup>54</sup>**

Näitaja	Ühik	II aste	Sagedus
Puurinde katvus	%	K	Iga 5 aasta järel
Puhmarinde kõrgus	m	K	Iga 5 aasta järel
Puhmarinde katvus	%	K	Iga 5 aasta järel
Rohurinde kõrgus	m	K	Iga 5 aasta järel
Rohurinde katvus	%	K	Iga 5 aasta järel
Sammalde katvus	%	K	Iga 5 aasta järel
Palja mullapinna katvus	%	K	Iga 5 aasta järel
Varise katvus	%	K	Iga 5 aasta järel
Liigiline koosseis püsirus	kood	K	Iga 5 aasta järel
Liikide katvus püsirus	kood	K	Iga 5 aasta järel
Ülejäänud proovialal kasvavad liigid	kood	S	Iga 5 aasta järel
Teistel substraatidel kasvavad liigid	kood	S	Iga 5 aasta järel
Liikide määramise usaldusvärsus	kood	K	Iga 5 aasta järel

**Varise seire** on Euroopas II astme proovialadel üldiselt soovituslik. Eestis on viis proovivõtuala II astme seirealadel, neist üks (Tõravere) vastab ICP Forest programmi nõuetele, lisaks ka 31 eraldi varise kogumise proovivõtuala eelkõige süsinikuringe uurimiseks, millest neli asuvad II astme seirealadel. Varise seire eesmärgiks on varise biomassi ja keemilise koostise alusel saada teavet biotiliste faktorite nagu putukkahjurid ja/või abiootiliste tegurite nagu kevadkülm, põud, tuul ja õhusaaste, mõjust varise ja seeläbi metsade omadustele.

**Tabel 6 Varise seires seiratud näitajad**

<sup>54</sup> K-kohustuslik, S-soovituslik



Näitaja	Ühik	Sagedus
Kuivaine	kg/m <sup>2</sup>	kord aastas
Üldlämmastik	mg/g	kord aastas
Al	mg/g	kord aastas
Ni	mg/g	kord aastas
Cr	mg/g	kord aastas
Cd	ng/g	kord aastas
Cu	µg/g	kord aastas
Pb	µg/g	kord aastas
B	µg/g	kord aastas
P	mg/g	kord aastas
Ca	mg/g	kord aastas
Mg	mg/g	kord aastas
Mn	µg/g	kord aastas
Na	mg/g	kord aastas
Fe	µg/g	kord aastas
Zn	µg/g	kord aastas
S	mg/g	kord aastas
TOC	g/100g	kord aastas

Eestis on üks metsaseire ala, mille läheduses on meteoroloogiajaam, selleks on Tõravere proovivõtuala. **Meteoroloogiliste tingimuste seire** eesmärgiks on koguda andmeid meteoroloogiliste muutuste ja seisundi kohta II astme proovialadel; uurida meteoroloogilisi tingimusi ja leida seoseid ökosüsteemi ja ilmastiku muutuste vahel; uurida ekstreemsetest ilmastikutingimustest (külm, kuumus, pöud, tormid, üleujutused) põhjustatud stressifaktorite mõju vaatluspuudele ning luua pikaajalised andmerekad, mida saab kasutada tulevikus ökosüsteemide analüüsimisel, modelleerimisel, keskkonnatingimuste muutumisel.

**Tabel 7 Igapäevaselt mõõdetavad meteoroloogilised näitajad**

Näitaja	Ühik	Sagedus
Sademed	Mm	Iga päev
Õhutemperatuur	°C	Iga päev



Näitaja	Ühik	Sagedus
Õhuniiskus	%	Iga päev
Summaarne kiirgus	W/m <sup>2</sup>	Iga päev
Tuule kiirus	m/s	Iga päev
Tuule suund	nurgakraad	Iga päev

**Metsamulla seiret** viiakse läbi kõigil I astme vaatlusaladel ja II astme proovialadel 10-20 aastase intervalliga, kus eesmärgiks on saada üldist informatsiooni keemiliste elementide sisalduse kohta metsamullas ja nende sisalduse muutuste kohta; määrata õhusaaste mõju metsamuldadele (nt. hapestumise/leelistumise tase); määrata metsamulla süsinikuvaru, mis on oluline kliimamuutuste uurimisel; määrata toitainete sisaldus ja veebilanss mullas, mis on olulised säästliku metsamajanduse korraldamiseks; saada aru mulla rollist, funktsioonidest ja mullaprotsesside dünaamikast metsaökosüsteemis<sup>55</sup>.

**Tabel 8 Metsamulla füüsikalise-keemilised näitajad**

Näitaja	Ühik	Seire sagedus
Niiskuse sisaldus	g/100g	Kord 10-20 aasta järel
Savi, ibe, liiv	g/100g	Kord 10-20 aasta järel
Tekstuuri klass	KOOD	Kord 10-20 aasta järel
Keskmine lasuvustihedus	kg/m <sup>3</sup>	Kord 10-20 aasta järel
Korese mass	g/100g	Kord 10-20 aasta järel
Korese maht	%	Kord 10-20 aasta järel
Orgaanilise kihi mass	kg/m <sup>2</sup>	Kord 10-20 aasta järel
pH(CACL <sub>2</sub> )		Kord 10-20 aasta järel
pH(H <sub>2</sub> O)		Kord 10-20 aasta järel
Orgaaniline süsinik	g/kg	Kord 10-20 aasta järel
Üldlämmastik	g/kg	Kord 10-20 aasta järel
Karbonaadid	g/kg	Kord 10-20 aasta järel

<sup>55</sup> RIIKLIKU KESKKONNASEIRE PROGRAMMI METSASEIRE ALLPROGRAMM, Keskkonnaagentuur, 2019



Näitaja	Ühik	Seire sagedus
Asendushappesus	cmol <sup>+</sup> /kg	Kord 10-20 aasta järel
Asendus Al, Ca, K	cmol <sup>+</sup> /kg	Kord 10-20 aasta järel
Asendus Fe, Mg, Mn, Na	cmol <sup>+</sup> /kg	Kord 10-20 aasta järel
Vaba H <sup>+</sup> happesus	cmol <sup>+</sup> /kg	Kord 10-20 aasta järel
Ekstaheeritud Al, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Zn	mg/kg	Kord 10-20 aasta järel
Ekstraheeritud Hg	mg/kg	Kord 10-20 aasta järel
Ekstraheeritud P	mg/kg	Kord 10-20 aasta järel
Ekstraheeritud S	mg/kg	Kord 10-20 aasta järel
Reaktiivne Al ja Fe	mg/kg	Kord 10-20 aasta järel

**Mullavee seiret** viiakse läbi viiel II astme metsaseire proovialal (Vihulas ja Karepal Põhja-Eestis ning Tõraveres, Pikasillas ja Karulas Lõuna-Eestis), kus mullavee keemiline koostis on indikaatoriks õhusaaste ja mitme teise stressifaktori mõju hindamiseks metsaökosüsteemidele. Seire eesmärgiks on mullavee keemilise koostise muutuste selgitamine, pikaajaliste trendide jälgimine ja nende põhjal metsaökosüsteemidele mõjuvate stressifaktorite (nt. hapestumine, kliima muutus) kindlaks tegemine<sup>56</sup>.

**Tabel 9 Mullaveest määratavad kohustuslikud näitajad**

Näitaja	Ühik	Sagedus
Lüsimeetri mullavee kogus	ml	kord kuus
pH		kord kuus
NH <sub>4</sub>	mgN/l	kord kuus
NO <sub>3</sub>	mgN/l	kord kuus
Üldlämmastik	mg/l	kord kuus
Cl	mg/l	kord kuus
SO <sub>4</sub>	mgS/l	kord kuus
Ca	mg/l	kord kuus

<sup>56</sup> RIIKLIKU KESKKONNASEIRE PROGRAMMI METSASEIRE ALLPROGRAMM, Keskkonnaagentuur, 2019



Näitaja	Ühik	Sagedus
Mg	mg/l	kord kuus
Na	mg/l	kord kuus
K	mg/l	kord kuus
El. juhtivus	µS/cm	kord kuus
DOC	mgC/l	kord kuus
Al	mg/l	kord kuus
Fe	mg/l	kord kuus
Mn	mg/l	kord kuus

## 6. Mullaseire Eestis

Mullaseire on Eestis hetkel põllumuldade keskne ning ei kirjelda väga hästi Eesti muldade üldist seisundit (sh toitained, elustik, hapestumise komponendid, süsinikuvaru, saastatus jne). Mullaseire eesmärk on muldade looduslike ja inimtegevusest tingitud muutuste regionaalsete iseärasuste, muutuste ulatuse ning kultuuristamise ja saastumise mõju mulla talitusele selgitamine; muldasid mõjutavate protsesside ja tegurite uurimine ning nende negatiivse mõju vältimise võimaluste selgitamine ning sisendi andmine rakendatavate kaitsemeetmete väljatöötamiseks ja tõhususe hindamiseks, et oleks tagatud mullastiku hea talituse seisundi püsima jäämine<sup>57</sup>. Kirjeldatud eesmärkidele aga praegune mullaseire ei vasta ning vajab seetõttu ka olulist täiendamist, kuna aja jooksul on mullaseirest saadava informatsiooni vajadus muutunud, aga seirataivate näitajate valik püsinud mullaseire juurutamise algusajast muutumatuna.

Alates 2017. aastast<sup>58</sup> on Eestis 27 mullaseire ala, mis paiknevad põllumuldade seirealadel, hõlmates kõiki levinuimaid põllumuldade liike. Analoogsed seirealad puuduvad teistel looduslike kõlvikutel ning seirevõrku ei ole kaasatud saared. Mullaseiret teostatakse 5-aastase intervalliga.

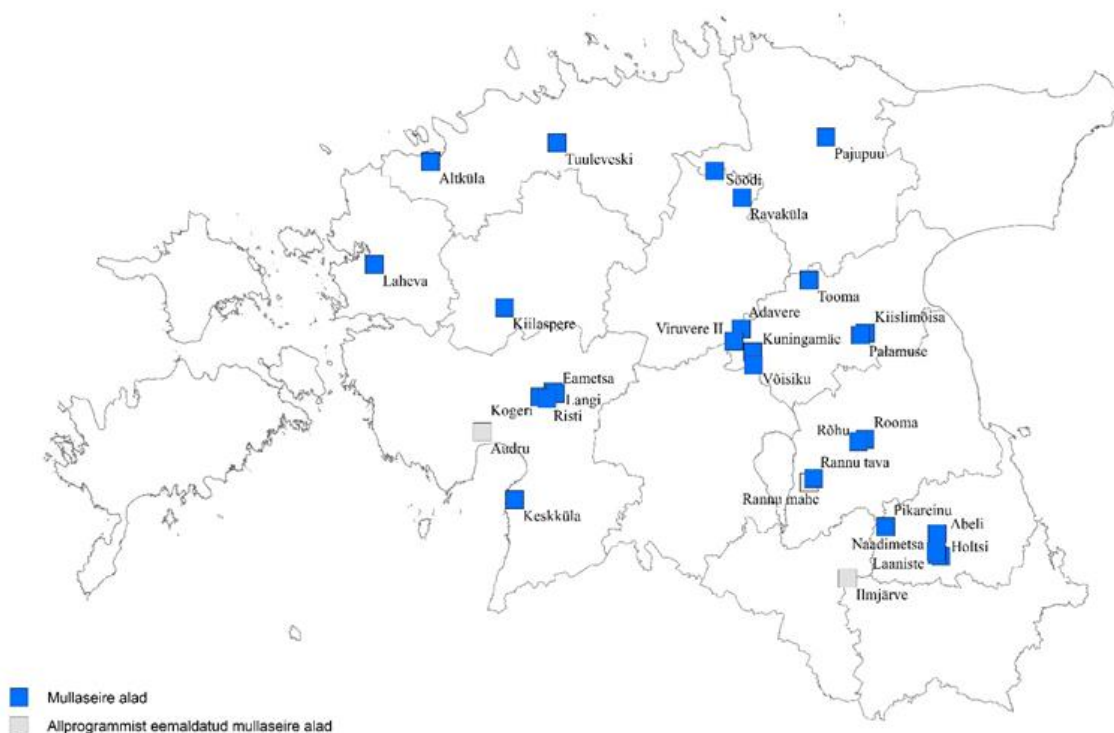
NEC-direktiivi lisa V seisukohast on oluline mulla happesuse, mulla toitainekao, lämmastikuseisundi ja tasakaalu ning bioloogilise mitmekesisuse vähenemise hindamine, kus määratavateks seirenäitajateks

<sup>57</sup> RIIKLIKU KESKKONNASEIRE PROGRAMMI MULLASEIRE ALLPROGRAMM, Keskkonnaagentuur, 2019

<sup>58</sup> Enne 2017. aastat oli 30 mullaseire ala.



on mulla pH, aluseliste kationide omastatavad fraktsioonid (küllastusaste) mullas, omastatav alumiinium mullas, pH, sulfaat, nitraat, aluseliste kationide ning alumiiniumi kontsentratsioon mulla lahuses, nitraatide leostumine mullas, süsiniku, lämmastiku suhe (C/N) mullas, lämmastiku koguhulk mullas ja lehestiku toitainetasakaal (N/P, N/K, N/Mg). Soovituslik määramise sagedus on valdavalt kord aastas, eranditeks on süsiniku, lämmastiku suhe (C/N) mullas, lämmastiku koguhulk mullas, mida võiks määrata kord 10 aasta jooksul ning lehestiku toitainetasakaalu (N/P, N/K, N/Mg) määramine kord nelja aasta kohta.



Joonis 4 Mullaseire alade paiknemine Eestis<sup>59</sup>

Tabel 7 Mullaseires määratavad näitajad

Näitaja	Ühik	Sagedus
Al, K, Ca, Mg, Mn, Na, S, Fe	mg/kg	Kord 5 aasta jooksul
Mulla orgaanilise aine sisaldus (MOS), C <sub>üld</sub>	g/kg	Kord 5 aasta jooksul
P, K	mg/kg	Kord 5 aasta jooksul

<sup>59</sup> RIIKLIKU KESKKONNASEIRE PROGRAMMI MULLASEIRE ALLPROGRAMM, Keskkonnaagentuur, 2019





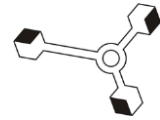
Näitaja	Ühik	Sagedus
Huumusesisaldus, C <sub>org</sub>	%	Kord 5 aasta jooksul
Mg	mg/kg	Kord 5 aasta jooksul
Kuivaine	%	Kord 5 aasta jooksul
Mn	mg/kg	Kord 5 aasta jooksul
Orgaaniline aine	%	Kord 5 aasta jooksul
C <sub>org</sub>	%	Kord 5 aasta jooksul
pH		Kord 5 aasta jooksul
Taimekaitsevahendite jäägid	mg/kg	Kord 5 aasta jooksul
B, Hg, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn, Cu	µg/kg	Kord 5 aasta jooksul
Põletusjääk	%	Kord 5 aasta jooksul
Huumusvaru	t/ha	Kord 5 aasta jooksul
Aeratsioonipoorsus	%	Kord 5 aasta jooksul
Üldpoorsus	%	Kord 5 aasta jooksul
Horisondi түsedus	cm	Kord 5 aasta jooksul
Lõimis FAO järgi		Kord 5 aasta jooksul
Lõimis liiv	%	Kord 5 aasta jooksul
Lõimis savi	%	Kord 5 aasta jooksul
Lõimis tolm	%	Kord 5 aasta jooksul

## 7. Pinnaveeseire Eestis

Pinnaveeseire eesmärgiks on hinnata Eesti vooluvee- ja seisuveekogumite keskkonnaseisundit, selles toimuvaid pikaajalisi muutusi ning vee füüsikalise-keemiliste ja hüdrobioloogiliste näitajate muutlikkust seoses loodusliku või inimtegevuse protsessidega ning sellest tingitud dünaamikaga<sup>60</sup>.

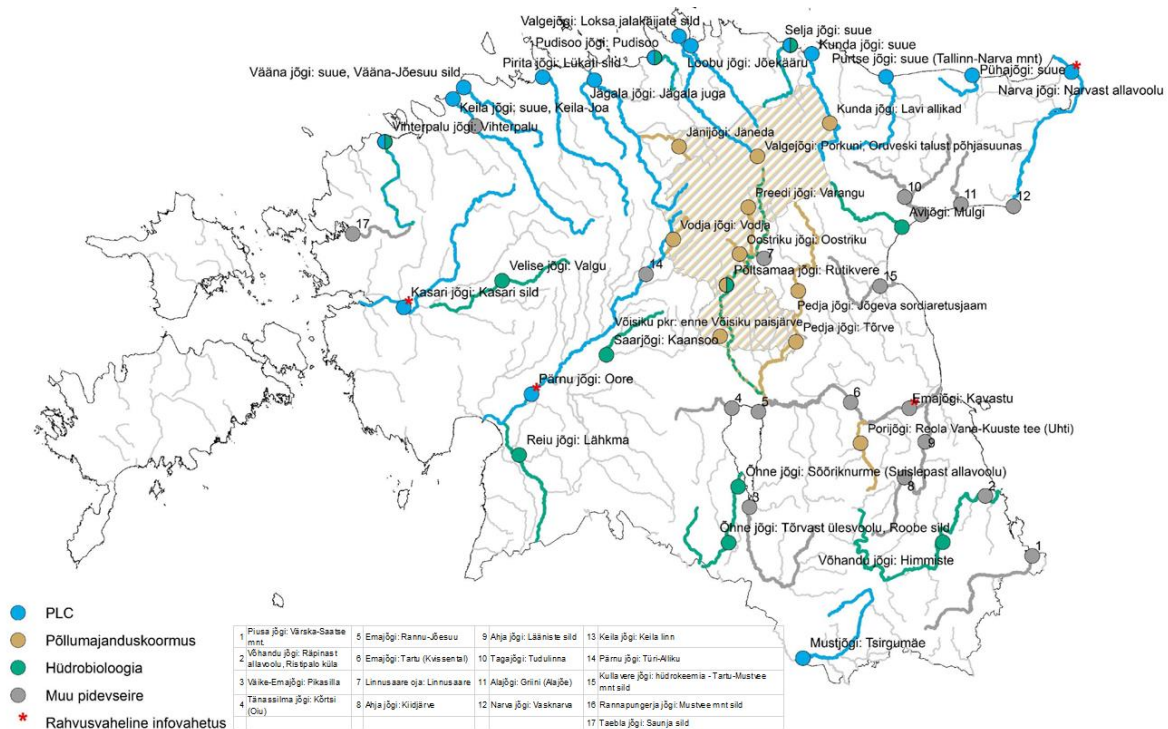
Pinnavee seiret viiakse läbi suurjärvedel, milleks on Peipsi järv ning Võrtsjärv, seisuveekogudel, mida on kokku 90, ja vooluveekogudel, kus hüdrokeemilise pidevseire võrk koosneb 56 seirekohast ja

<sup>60</sup> RIIKLIK KESKKONNASEIRE PROGAMM PINNAVEESEIRE ALLPROGRAMM, Keskkonnaagentuur, 2019



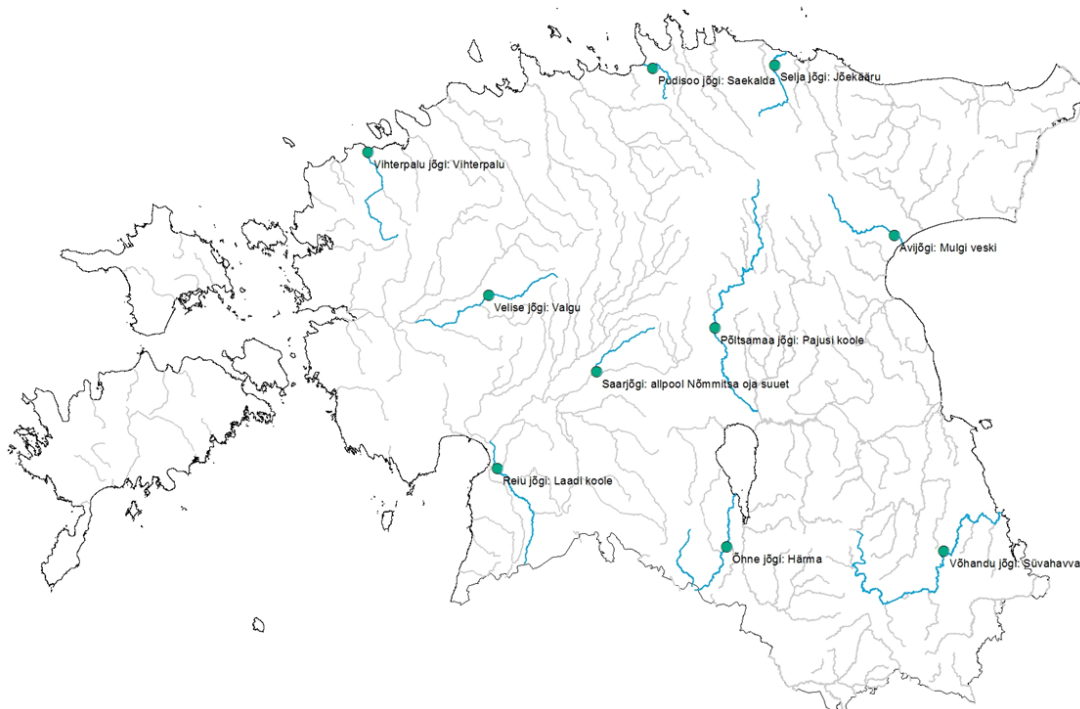
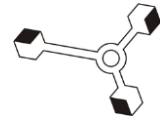
hüdrobioloogilise pidevseire võrk 10 seirekohast (Joonis 5, Joonis 6, Joonis 7). ICP Water programmi raames teostatakse seiret ühes kohas, milleks on Ahja jõe Kiidjärve mõõtepunkt.

NEC-direktiivi lisa V seisukohast on oluline magevee ökosüsteemide bioloogilise kahju ulatuse hindamine, sealhulgas tundlike liikide (mikrofüüdid, makrofüüdid ja ränivetikad) puhul, ning kalavarude või selgrootute kadu, määratavateks seirenäitajateks on vee pH, happe neutraliseerimise võime, vees lahustunud nitraadid, sulfaadid ja orgaaniline süsinik, mille soovituslik määramise sagedus on kord aastas.



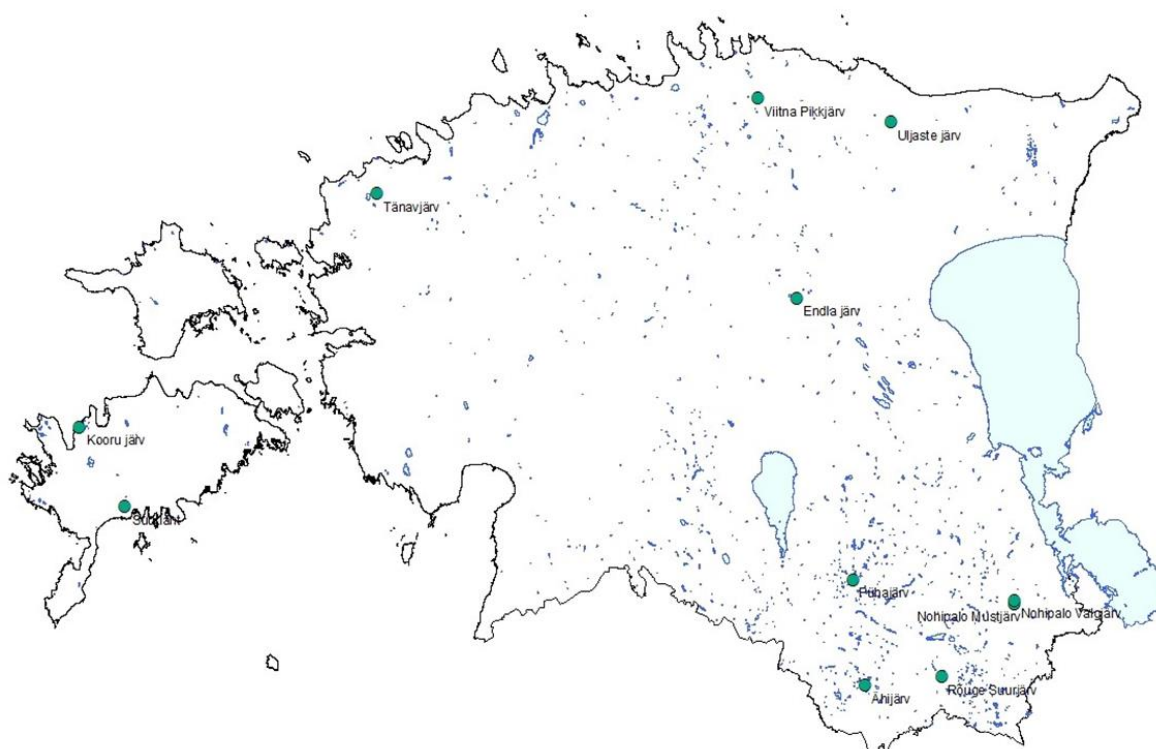
Joonis 5 Vooluveekogude seirevõrk<sup>61</sup>

<sup>61</sup> RIIKLIK KESKKONNASEIRE PROGRAMM PINNAVEESEIRE ALLPROGRAMM, Keskkonnaagentuur, 2019



**Joonis 6** Vooluveekogude hüdrobioloogiline pidevseire<sup>62</sup>

<sup>62</sup> RIIKLIK KESKKONNASEIRE PROGAMM PINNAVEESEIRE ALLPROGRAMM, Keskkonnaagentuur, 2019



**Joonis 7 Seisuveekogude pidevseire<sup>63</sup>**

Suurselgrootute, suurtaimestiku, fütobentose ja kalastiku seire sagedus on seisuveekogudel erineva sagedusega, olles seisuveekogudes reeglina kord kolme aasta järel. Erandiks suurselgrootute seiresagedus Võrtsjärves ja väiksemates järvedes, mis toimub kord aastas, et jälgida keskkonna muutlikkuse mõju seiratavatele kvaliteedielementidele. Ka Peipsi järves ning vooluveekogudes toimub suurtaimestiku, suurselgrootute ja fütobentose seire igal aastal, mis toetab nii pikaajalise andmerea kujunemist kui lühikesel perioodil muutuste jälgimist. Järvede ökoloogilise seisundi ja toiduahela hindamiseks määratakse ka zooplanktonit. Pinnaveekogude seisundi hindamise aluseks on hüdrobioloogilised kvaliteedielemendid ja näitajad, mille alusel analüüsitakse veekogu ökoloogilist seisundit. Hüdrobioloogiliste näitajate tõlgendamiseks teostatakse veekogudel ka füüsikalise-keemiliste näitajate seiret ning määratakse elustiku andmeid toetavad näitajad, milleks on sügavus (suurtaimestik), substraat (fütobentos), põhja kirjeldus (suurselgrootud) ning vee temperatuur, vee sügavus, lahustunud hapniku sisaldus (kalastik). Pinnaveekogude hüdrobioloogilise seire näitajad on nimetatud Tabel 8,

<sup>63</sup> Pinnaveeseire allprogramm, Keskkonnaagentuur, 2019



Tabel 9.

Tabel 8 Vooluveekogude hüdrobioloogiline seire

Kvaliteedielement	Seire sagedus ja aeg	Seiratud/arvatavad kvaliteedinäitajad
<b>Fütoplankton (ainult Emajõgi, Narva jõgi)</b>	6 korda aastas (mai-oktoober)	Fütoplanktoni klorofüllü a sisaldus
<b>Suurselgrootud</b>	1 kord aastas (soovitatavalt aprill-mai, vajadusel sügisel)	Suurselgrootute liigid ja arvukus; Suurselgrootute taksonirikkus (T); Suurselgrootute tundlike taksonite arv (EPT); Suurselgrootute Shannoni taksonierisus (H); Suurselgrootute taksoni keskmine tundlikkus (ASPT); Suurselgrootute Taani vooluveekogude fauna indeks (DSFI), välja arvatud Narva jões, Narva veehoidlas ja Emajões.
<b>Fütobentos</b>	1 kord aastas (suvine madalvee periood)	Bentiliste ränivetikate liigid ja arvukus; Ränivetikate spetsiifiline reostustundlikkuse indeks (IPS); Ränivetikate Watanabe indeks (WAT); Ränivetikate troofsusindeks (TDI).
<b>Suurtaimed</b>	1 kord aastas (juuli-september, alates taimete maksimaalse kasvu saavutamisest)	Suurtaimede liigid ja ökoloogilised rühmad, arvukus, dominantsed liigid ja rühmad; Jõgede suurtaimestiku indeks (MIR).
<b>Kalastik</b>	1 kord aastas (juuni-september)	Kalaliigid, nende arvukus ja vanusestruktuur; Jõgede kalastiku indeks (JKI).


**Tabel 9 Seisuveekogude hüdrobioloogiline seire**

Kvaliteedielement	Seirekoht	Seire sagedus ja aeg	Seiratavad/arvutatavad kvaliteedinäitajad
<b>Fütoplankton</b> <b>ja</b> <b>Zooplankton</b>	Peipsi järv	5 korda aastas (märts, mai, juuni, juuli, august, september, oktoober - 7 seirekohas); seire märtsis ja augustis toimub Eesti-Vene piiriveekogude koostööprogramm)	Fütoplankton: Klorofüllü a sisaldus (Chl a); Fütoplanktoni liigid, arvukus ja biomass; Fütoplanktoni koondindeks (FKI);
	Võrtsjärv	12 korda aastas (Limnoloogiajaama seirekoht), 1 kord aastas (augustis, seirepunktides 8 ja 9); Kord 3 aasta kohta, 1 kord aastas (augustis), soovitavalt kõigis seirepunktides (10 tk)	Pielou ühetaolisuse indeks (J); Fütoplanktoni koosluse kirjeldus; Ränivetikate biomass (ainult VI tüübis, Võrtsjärves); Sinivetikate protsent (%)
	Väikejärved	4 korda aastasfütoplankton (mai-oktoober); 2 korda aastaszooplankton (juuli, september)	fütoplanktonibiomassis (ainult VII tüübis, Peipsi järves)  Zooplankton: metazooplanktoni ja protozooplanktoniliigiline koosseis, arvukus, biomass.



Kvaliteedielement	Seirekoht	Seire sagedus ja aeg	Seiratavad/arvatavad kvaliteedinäitajad
<b>Bakterplankton</b>	Võrtsjärv	12 korda aastas (Limnoloogiajaama seirekoht)	bakterite üldarv; saprobakterite arvukus.
<b>Suurselgrootute kahvaproovid (litoraalis)</b>	Peipsi järv	1 kord aastas (sügise hakul), 6 seirekohas	Suurselgrootute liigid ja arvukus litoraalis;
	Võrtsjärv	1 kord aastas (sügise hakul); neljas seirekohas)	Suurselgrootute taksonirikkus (T); Suurselgrootute tundlike taksonite arv (EPT);
	Väikejärved	1 kord aastas (kevadest või sügisel, ühes seirekohas)	Suurselgrootute Shannoni taksonierisus (H'); Suurselgrootute taksoni keskmine tundlikkus (ASPT); Suurselgrootute Happelisisindeks (A); ainult järvetüüpides II, III, IV ja V;
<b>Suurselgrootute ammutiproovid</b>	Peipsi järv	1 kord aastas (mai lõpp, juuni; üle aasta kuni 17 Eesti-Vene koostööprogrammis nimetatud Eesti poole seirekohas. Eesti poole seirekohas, vahepealsetel aastatel neljas seirekohas: 8, 4, 11, 17 ).	Liigiline koosseis, arvukus, biomass.
	Võrtsjärv	6 korda aastas (igakuiselt mai-oktoober; ükstranekt - seirekohad 7 ja 22);	



Kvaliteedielement	Seirekoht	Seire sagedus ja aeg	Seiratavad/arvutatavad kvaliteedinäitajad
		1 kord aastas (aprillis; kaks transekti - seirekohad 2 ja 13, 9 ja 26).	
<b>Suurtaimestik</b>	Peipsi järv Võrtsjärv Väikejärved	1 kord aastas (juuli-september alates taimede maksimaalse kasvu saavutamisest); 10 transekti 31 transekti transektid iga 100-150 m järel	Suurtaimede liigid ja ökoloogilised rühmad; arvukus; dominantsed liigid ja rühmad; leviku sügavuspiirid
<b>Fütobentos</b>	Peipsi järv Võrtsjärv Väikejärved	1 kord aastas (juuli keskpaik – augusti lõpp) 10 transekti (ühtivad suurtaimestiku transektidega) transekti (ühtivad litoraali suurselgrootute seirekohtadega) substraadiks vähemalt 5 erinevat kivi u. 0,5 m sügavusel vees	Bentiliste ränivetikate liigid ja arvukus
<b>Kalastik</b>	Peipsi järv Võrtsjärv ja väikejärved	Hüdrobioogilise seire meetoodika väljatöötamisel; kalastiku olukorra kohta annab infot ressursiseire. 1 kord aastas (juuli-september)	Kalaliigid, nende arvukus, mass ja vanusestruktuur; Keskmine saak võrguöö kohta (CPUE).





Tabel 10 Seisuveekogude füüsikalis-keemiliste näitajate seire

Veekogum	Seirekoht	Seire aeg	Seiratavad näitajad
<b>Peipsi</b>	Seirejaamades 92, 2, 4, 11, 38, 16, 17 pinnakihist ja põhjakihist (va jaam 38, kust võetakse vaid pinnakihist)	mai, juuni, juuli, september, oktoober. Eesti-Venepiiriveekogude koostööprogrammi raamesühiseirereisid augustis ja märtsis.	füke <sup>64</sup> + hõljuvaine, aluselisis, happesus, Cl, fenoolid (kuni kolmest seirekohast - 2, 4 ja 17 pinnakihist) (ei määrata kollast ainet) + Eesti-Vene koostööprogrammi raames kokku lepitud näitajad, sh vesikonnaspetsiifilised saasteained (metallid, naftasaadused, fenoolid vmt)
<b>Võrtsjärv</b>	Limnoloogiajaama seirejaam (11xa) (vertikaalprofiili sariproov)  Seirejaam 8, 9, 10 (1xa, augustis); seirejaamad 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 (1xa, augustis) soovitatavalt 1x3 a kohta	kõik kuud, va august  august	Füke <sup>1</sup> + hõljuvaine, HCO <sub>3</sub> , Cl, NO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> (ei määrata kollast ainet, KHT-Cr)  Füke <sup>1</sup> + hõljuvaine, karedus, HCO <sub>3</sub> , Ca, Mg, Na, K, Si, Fe, NH <sub>3</sub> (arvutuslik)
<b>Väikejärved</b>	Järve füüsikalis-keemiliste näitajate mõõtekoht. Proov kogutakse sõltuvalt järve suurusest ja kihistumisest ühest kuni	4xa (mai, juuli, august, september)	Pinnakihist võetud veeproovidest määrata: Füke <sup>1</sup> + HCO <sub>3</sub> , hapniku küllastusaste, lahustunud ainete üldsisaldus

<sup>64</sup>füke-määruse nr 25 kohased näitajad on läbipaistvus (Secchi ketta meetodil), pH, temperatuur, O<sub>2</sub>, elektrijuhtivus, N-üld, NH<sub>4</sub><sup>4+</sup>, NO<sub>3</sub>, P-üld, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, KHT-Cr, KHT-Mn (Võrtsjärves), BHT<sub>5</sub>, kollane aine, Värvus (Pt-Co) skaalal, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup> (VIII tüüpi järvedes)



Veekogum	Seirekoht	Seire aeg	Seiratud näitajad
	kolmest kihist, va Rõuge Suurjärv, kus võib kihte olla kuni neli		Hüppekihist ja/või põhjakihist võetud veeproovidest määrata: HCO <sub>3</sub> , N-üld, P-üld, kollane aine Erisus – kuues tundliku ökosüsteemiga pidevseire järves (NohipaloValgõjärv, Viitna Pikkjärv, Uljaste, Rõuge Suurjärv, Ähijärv, Pühajärv), kus KHTCr väärtused jäävad sageli alla määramispiiri, seiratakse KHT-Cr asendamist TOC-e. Vajadusel võib nimetatud järvedes loobuda kollase aine määramisest

Vooluveekogude hüdrokeemilise seire raames mõõdetavad põhinäitajad on T, HA, pH, O<sub>2</sub>, BHT5, KHT-Mn, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, Nüld, PO<sub>4</sub>, Püld, SO<sub>4</sub>, Cl, el-juhtivus, HCO<sub>3</sub>, värvus, arvutuslik NH<sub>3</sub>, Vooluveekogudes kogumipõhise seire füüsikalise-keemiliste näitajate seire osana seiratakse vesikonnaspetsiifilisi metalle Zn, Cu, Ba, As, Sn, lisaks ohtlike ainete hulka kuuluvaid metalle Cd, Pb, Ni, naftasaaduseid, fenole (o-kresool, m-, p-kresool, 2,3-dimetüülfenool, 2,6-dimetüülfenool, 3,4-dimetüülfenool, 3,5-dimetüülfenool), karedust ja üldaluselisust. Lõheliste ja karpkalalaste elupaigaks määratud veekogudes määratakse naftasaaduseid, reostuskahtluse korral ka fenole, vaske ja tsinki. Pinnaveekogumite füüsikalise-keemiliste näitajate seire toimub pidevseire võrgustikku määratud veekogumites igal aastal.

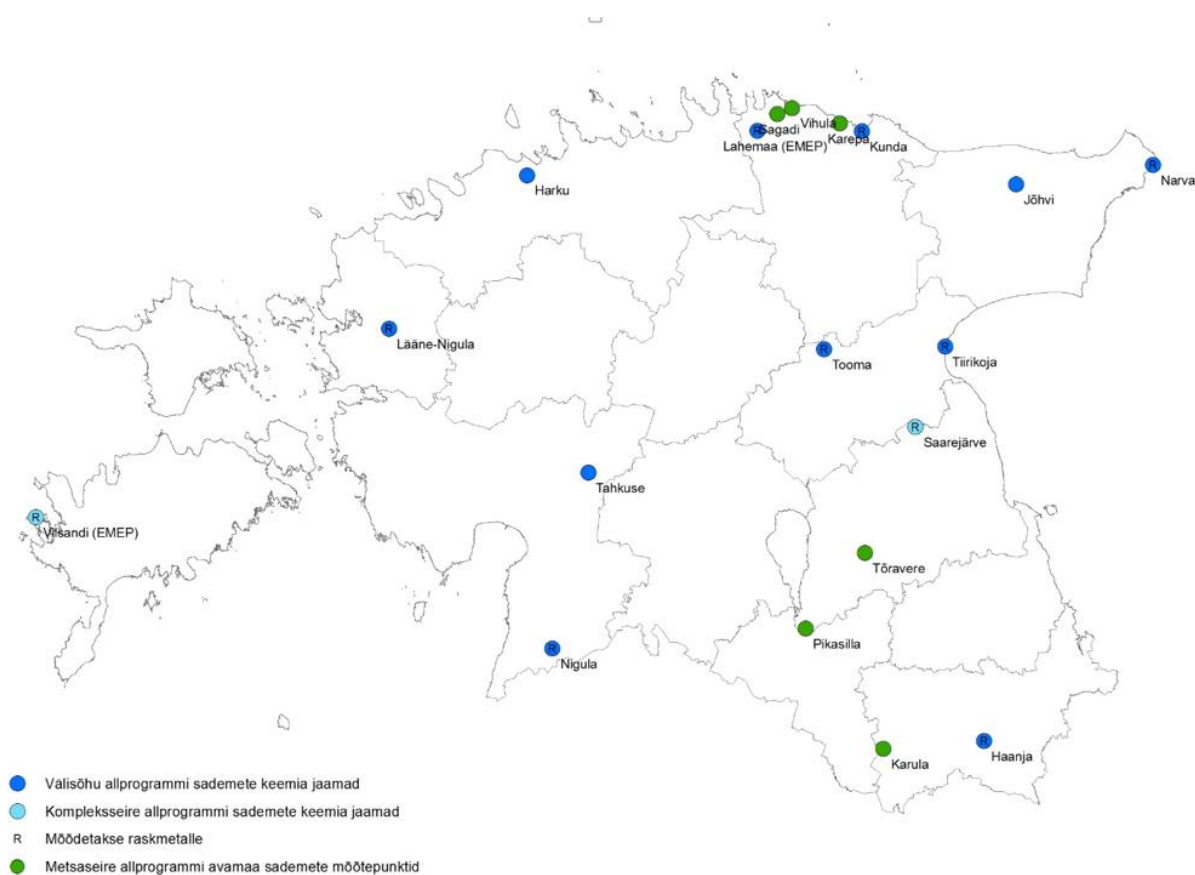
Seisuveekogude kogumi põhise hüdro-morfoloogilise seisundi hindamiseks määratud hüdroloogilised kvaliteedinäitajad on veetase, veevahetus/vee viibeaeg, sisse- ja väljavoolud (märgitakse inimtegevuse mõjutuste esinemine), veekogu kasutusala ning veekogu tüüp (looduslik või muudetud) ja morfoloogilised kvaliteedinäitajad on kaldavööndi seisund, kalda struktuur, järvepõhja vaheldumine, järve põhja ja setete struktuur. Vooluveekogude kogumipõhise hüdro-morfoloogilise seisundi hindamiseks kasutatavad kvaliteedinäitajad on äravool, sängi tõkestatus, veevõtt, vee teisaldamine ja veeheide, looklevas, kaldavööndi maakate ning jõe ja lammi seos. Veekogumite



hüdmorfoloogilist seiret tehakse üks kord kolme perioodi kohta, v.a vooluveekogumite tõkestatuse seire, mida tuleb teostada kord perioodil hüdrobioloogilise seire osana.

## 8. Sademete seire

Sademetes keemilist koostist seiratakse välisõhuseire programmi raames 11 jaamas. Lisaks mõõdetakse sademete koostist kahes jaamas kompleksseire allprogrammi raames ning kuues metsaseire jaamas. Sademeseire eesmärgiks informatsiooni saamine saasteainete kaug- ja kohaliku ülekandega erinevatele Eesti aladele langeva saasteainete koormuse kohta. Sademete seiret teostatakse kokku 19 seirejaamas (Joonis 3) - Alam-Pedja, Haanja, Harku, Jõhvi, Karula, Kunda, Lääne-Nigula, Lahemaa, Loodi, Matsalu, Narva, Nigula LKA, Otepää, Saka, Tahkuse, Tiirikoja, Tooma, Vilsandi ja Saarejärve. Sademete seirejaamade proovides määratakse: sademete hulk,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NH_4^+$ , pH, Cu, Pb, Cd, Zn, Hg, elektrijuhtivus.



Joonis 8 Sademeseire jaamad<sup>65</sup>

Tabel 11 Sademeseire raames mõõdetavad näitajad

Mõõdetav näitaja	Seirejaam	Kogumise/analüüsi ajaline resolutsioon	Näitaja vajadus
Ca <sup>2+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> -N*	Lahemaa	Päev/päev	Üldanalüüs, aluselised katioonid
	Ülejäänud	Päev/kuu	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> -N	Lahemaa	Päev/päev	Üldanalüüs, hapestavad ioonid
	Ülejäänud	Päev/kuu	

<sup>65</sup> Välisõhu seire allprogramm, Keskkonnaagentuur, 2019



Mõõdetav näitaja	Seirejaam	Kogumise/analüüsi ajaline resolutsioon	Näitaja vajadus
Elektrijuhtivus	Lahemaa	Päev/päev	Üldanalüüs
	Ülejäänud	Päev/kuu	
pH	Lahemaa	Päev/päev	Üldanalüüs, happesuse hindamine
	Ülejäänud	Päev/kuu	
Leelisus ( $\text{HCO}_3^-$ )	Lahemaa, Narva, Kunda, Lääne-Nigula, Tiirikoja, Tooma, Nigula, Tahkuse, Haanja	Päev/kuu	Veekogude hapestumise hindamine
Cd, Cu, Pb	Lahemaa	Päev/nädal	Atmosfäärist pärineva raskmetallide koormuse määramine
	Narva, Kunda, Lääne-Nigula, Tiirikoja, Tooma, Nigula, Haanja	Päev/kuu	
Zn	Lahemaa	Päev/nädal	Atmosfäärist pärineva tsingi koormuse määramine. Tsingi koormus sademetest vajalik eelkõige vee-ettevõtetele.
	Ülejäänud	Päev/kuu	



Mõõdetav näitaja	Seirejaam	Kogumise/analüüsi ajaline resolutsioon	Näitaja vajadus
As, Ni <sup>66</sup>	Lahemaa	Päev/nädal	Atmosfäärilist pärineva raskmetallide koormuse määramine
Püld	Lahemaa, Narva, Kunda Tiirikoja, Tooma, Nigula, Haanja	Päev/kuu (kuus korda aastas)	Fosfori atmosfäärsed sadenemised veekogude saaste-koormuste arvutuste jaoks
Hg	Lahemaa	Päev/kuu	Atmosfäärilist pärineva elavhõbeda koormuse määramine
	Narva, Kunda Tiirikoja, Tooma, Nigula, Haanja	Päev/kuu (kuus korda aastas)	
PAH segu analüüs sademe- proovidest <sup>67</sup>	Lahemaa	7 päeva / 20 proovi	Direktiiv 2004/107/EÜ, Piiriülese õhusaaste kauglevi 1979.

<sup>66</sup> Kuni 2017. aastani mõõdeti Lahemaal ka Cr (EMEP II prioriteet). Mõõtmine lõpetati kuna tulemused olid pidevalt alla määramispiiri.

<sup>67</sup> PAH segu analüüsi all sademeteproovidest mõistetakse 16 ühendi määramist: Antratseen, atsenafteen, atsenafteleen, benso(a) antratseen, benso(a) pyreen, benso(b) fluoranteen, benso(g,h,i) peryleen, benso(k) fluoranteen, dibenso(a,h) antratseen, fenantreen, fluoranteen, fluoreen, indeno(1,2,3) pyreen, kryseen, naftaleen, pyreen.



Mõõdetav näitaja	Seirejaam	Kogumise/analüüsi ajaline resolutsioon	Näitaja vajadus
			aasta konventsiooni püsivate orgaaniliste saasteainete protokoll, EMEP
PCB analüüs sademeproovidest <sup>68</sup>			Piiriülese õhusaaste kauglevi 1979. aasta konventsiooni püsivate orgaaniliste saasteainete protokoll, EMEP
Kloororgaaniliste pestitsiidide analüüs sademeproovidest <sup>69</sup>		7 päeva / 20 proovi	

## 9. Kokkuvõtte seiratavatest ökosüsteemide kvaliteedinäitajatest NEC-direktiivi raames

<sup>68</sup> PCB analüüsi all mõistetakse 19 ühendi määramist: PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 105, PCB 114, PCB 118, PCB 123, PCB 126, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 157, PCB 167, PCB 169, PCB 180, PCB 189, PCB 194.

<sup>69</sup> Kloororgaaniliste pestitsiidide analüüsi all mõistetakse 35 ühendi määramist: a-HCH, alachlor, alfa-endosulfaan, alfa-klordaani, aldrin, B-HCH, beeta-endosulfaan, clorpyrifos, D-HCH, dichlorvos, dieldriin, endosulfaansulfaat, endriin, epsilon-HCH, gamma-klordaani (trans), G-HCH, heksaklorobutadien, heptakloor, heptakloor-eksoepoksiid (cis), heptakloor-endoepoksiid (trans), isobensaan, isodriin, kvintoseen, malatioon, metüülprimifoss, mireks, o,p-DDD, o,p-DDE, o,p-DDT, oksyklordaani, p,p-DDD, p,p-DDE, p,p-DDT, pentaklorobenseen, trifluraliin



Alljärgnevalt on nimetatud NEC-direktiivi lisas V välja toodud ökosüsteemide seirenäitajate vastavus Eesti riikliku keskkonnaseire allprogrammidele. Tabelist nähtub, et erinevate keskkonnaseire allprogrammidega on kaetud enamuse NEC-direktiivi lisas V käsitletud seirenäitajad, mõnel juhul esineb ka dubleerimist, st seirenäitajaid mõõdetakse mitme erineva allprogrammi raames. Mõõtekohad on siiski erinevad ning pigem annab nõ mõõtmiste dubleerimine laiema pildi ökosüsteemide üksikute osade kvaliteedinäitajatest, mis andmete kõrvutamisel näitab ära ka piirkondlikud iseärasused. Mulla keemilist analüüsi teostatakse Eestis kolmes allprogrammis, milleks on kompleksseire, metsaseire ning mullaseire, kusjuures kui kaks esimest kirjeldavad metsamuldade omadusi, siis mullaseire allprogramm keskendub hetkel veel põllumuldadele. Magevee ökosüsteemide muutusi iseloomustavaid seirenäitajaid määratakse nii kompleksseire kui pinnaveekogude seire raames kord aastas nagu on soovituslik ka NEC-direktiivi lisas V. Võrreldes Eesti keskkonnaseire programmide raames teostatavat mulla- ja mullavee seire sagedust soovitusliku seire sagedusega, on näha, et valdavalt on vähemalt ühe allprogrammiga soovituslik seire sagedus tagatud, erandiks on mulla pH, aluseliste kationide omastatavate fraktsioonide (küllastusaste) ja omastatava alumiiniumi määramine mullas, mis võiks toimuda sarnaselt teiste näitajatega kord aastas, ent tegelikkuses on seiresagedus kord 5. aasta jooksul (kompleksseire, mullaseire) või kord 10-20. aasta jooksul (metsaseire). Kompleksseire raames viiakse läbi taimestikuseiret intensiivalal, metsaseireprogrammis käsitleb taimestikku võra seisundi ja kahjustuste seire ning alustaimestiku seire. Kompleksseire keskendub lisaks erinevate seirenäitajate määramisele ka biomassi muutuse, liigilise koosseisu, metsakahjustuste ning fenoloogia hindamisele meteoroloogiliste tingimuste, õhuseire andmete ning mullaveekeemia kaudu. Maapinnalähedase osooni mõju ning kahjustuste avaldumise hindamist taimekasvule ja bioloogilisele mitmekesisusele ükski keskkonnaseire allprogramm ei käsitle.




**Tabel 12** Ökosüsteemide kvaliteedinäitajad<sup>70</sup>

Seire nimetus NEC-direktiiv lisa V	Seirenäitaja NEC-direktiiv lisa V	Soovituslik seire sagedus NEC-direktiiv lisa V	Riikliku keskkonnaseire allprogramm	Seire sagedus riiklikus keskkonnaseire allprogrammis
Mulla happesuse, mulla toitainekao, lämmastikuseisundi ja tasakaalu ning bioloogilise mitmekesisuse vähenemise hindamine	Mulla pH	Kord aastas	Kompleksseire (mulla keemia)	Kord 5 a jooksul
			Metsaseire (metsamulla keemia)	Kord 10-20 a jooksul
			Mullaseire	Kord 5 a jooksul
	Aluseliste kationide omastatavad fraktsioonid (küllastusaste) mullas	Kord aastas	Kompleksseire (mulla keemia)	Kord 5 a jooksul
			Metsaseire (metsamulla keemia)	Kord 10-20 a jooksul
			Mullaseire	Kord 5 a jooksul
	Omastatav alumiinium mullas	Kord aastas	Kompleksseire (mulla keemia)	Kord 5 a jooksul

<sup>70</sup> Rohelisega märgitud need näitajad, mille soovituslik seiresagedus ei ühti Eestis teostatava seire sagedusega. Punasega märgitud need näitajad, mida Eesti keskkonnaseireprogrammid ei sisalda.



Seire nimetus NEC-direktiiv lisa V	Seirenäitaja NEC-direktiiv lisa V	Soovituslik seire sagedus NEC-direktiiv lisa V	Riikliku keskkonnaseire allprogramm	Seire sagedus riiklikus keskkonnaseire allprogrammis
			Metsaseire (metsamulla keemia)	Kord 10-20 a jooksul
			Mullaseire	Kord 5 a jooksul
	pH mulla lahuses	Kord aastas	Kompleksseire (mullavee keemia)	Kord aastas
			Metsaseire (mullavee keemia)	Kord kuus
	Sulfaat mulla lahuses	Kord aastas	Kompleksseire (mullavee keemia)	Kord aastas
			Metsaseire (mullavee keemia)	Kord kuus
	Nitraat mulla lahuses	Kord aastas	Kompleksseire (mullavee keemia)	Kord aastas
			Metsaseire (mullavee keemia)	Kord kuus



Seire nimetus NEC-direktiiv lisa V	Seirenäitaja NEC-direktiiv lisa V	Soovituslik seire sagedus NEC-direktiiv lisa V	Riikliku keskkonnaseire allprogramm	Seire sagedus riiklikus keskkonnaseire allprogrammis
	Aluselised katioonid mulla lahuses	Kord aastas	Kompleksseire (mullavee keemia)	Kord aastas
			Metsaseire (mullavee keemia)	Kord kuus
			Mullaseire	Kord 5 a jooksul
	Alumiiniumi kontsentratsioon mulla lahuses	Kord aastas	Kompleksseire (mullavee keemia)	Kord aastas
			Metsaseire (mullavee keemia)	Kord kuus
			Mullaseire	Kord 5 a jooksul
	Nitratide leostumine mullas	Kord aastas	Kompleksseire (mullavee keemia)	Kord aastas
			Metsaseire (mullavee keemia)	Kord kuus



Seire nimetus NEC-direktiiv lisa V	Seirenäitaja NEC-direktiiv lisa V	Soovituslik seire sagedus NEC-direktiiv lisa V	Riikliku keskkonnaseire allprogramm	Seire sagedus riiklikus keskkonnaseire allprogrammis
	Süsiniku, lämmastiku suhe (C/N) mullas	Kord 10. a jooksul	Kompleksseire (mulla keemia)	Kord 5 a jooksul
			Metsaseire (metsamulla keemia)	Kord 10-20 a jooksul
	Lämmastiku koguhulk mullas	Kord 10. a jooksul	Kompleksseire (mulla keemia)	Kord 5 a jooksul
			Metsaseire (metsamulla keemia)	Kord 10 -20 a jooksul
	Lehestiku toitainetasakaal (N/P, N/K, N/Mg)	Kord 4. a jooksul	Kompleksseire (okkakeemia, varise keemia)	Kord aastas
			Metsaseire (lehe ja okkaseire)	Kord 2. a jooksul
			Metsaseire (variseire)	Kord aastas
Taimekasvule ja bioloogilisele mitmekesisusele avalduvate	Taimekasvule ja lehestikule avalduv kahju	Kord aastas	-	-
	Süsinikuvoog	Kord aastas	-	-



Seire nimetus NEC-direktiiv lisa V	Seirenäitaja NEC-direktiiv lisa V	Soovituslik seire sagedus NEC-direktiiv lisa V	Riikliku keskkonnaseire allprogramm	Seire sagedus riiklikus keskkonnaseire allprogrammis
osoonikahjustuste hindamine	Voopõhiste kriitiliste tasemete ületamise määr	Kord aastas	-	-
Magevee ökosüsteemide bioloogilise kahju ulatus, sealhulgas tundlike liikide (mikrofüüdid, makrofüüdid ja ränivetikad) puhul, ning kalavarude või selgrootute kadu	Happe neutraliseerimise võime	Kord aastas	-	-
	Vee pH	Kord aastas	Kompleksseire (vooluvee keemia)	Kord aastas
			Pinnaveekogude seire (seisuveekogude ja vooluveekogude keemilised näitajad)	Kord aastas
	Vees lahustunud sulfaat (SO <sub>4</sub> )	Kord aastas	Kompleksseire (vooluvee keemia)	Kord aastas
			Pinnaveekogude seire (seisuveekogude ja vooluveekogude	Kord aastas



Seire nimetus NEC-direktiiv lisa V	Seirenäitaja NEC-direktiiv lisa V	Soovituslik seire sagedus NEC-direktiiv lisa V	Riikliku keskkonnaseire allprogramm	Seire sagedus riiklikus keskkonnaseire allprogrammis
			keemilised näitajad)	
	Vees lahustunud nitraat (NO <sub>3</sub> )	Kord aastas	Kompleksseire (vooluvee keemia)	Kord aastas
			Pinnaveekogude seire (seisuveekogude ja vooluveekogude keemilised näitajad)	Kord aastas
	Vees lahustunud orgaaniline süsinik	Kord aastas	Kompleksseire (vooluvee keemia)	Kord aastas
			Pinnaveekogude seire (seisuveekogude ja vooluveekogude keemilised näitajad)	Kord aastas



## 10. NH<sub>3</sub> sisalduse muutus ja trendid ajas erinevate ökosüsteemide seirenäitajate alusel

Ammoniaak (NH<sub>3</sub>) on õhust kergem värvusetu gaas, millele on iseloomulik terav, kirbe ja ebameeldiv lõhn ning mille suurtel sisaldustel avaldub mürgine toime nii inimese tervisele kui ka keskkonnale. Osooni ja lämmastikoksiidide kõrval on ammoniaak üks olulisim õhusaasteaine, mis kahjustab eelkõige ökosüsteeme. Ammoniaaki tekib valkude bioloogilise lõhustumise käigus. Looduslikul kujul leidub ammoniaaki vees, pinnases ja õhus, taimed ja loomad saavad ammoniaagist lämmastikku. Ammoniaak satub keskkonda ka inimeste tegevuse tagajärjel, kuna seda kasutatakse väga paljudes erinevates valdkondades, mis otseselt, nagu taimekasvatuses kasutatavad väetised ja loomakasvatusefarmidest sõnnik, viiakse keskkonda, või kaudselt, nagu külmutusaine külmhoonetes, puhastusvahendite koostis, erinevad tööstused kasutavad toodete (tekstiil, tselluloos, paber jms) valmistamisel, satub keskkonda tootmisprotsesside või toodete kasutamise või jäätme suunamise käigus. Ligikaudu 90–95% kogu Euroopa ammoniaagi heitkogusest pärineb põllumajandusest, Eestis on vastav näitaja 90% juures, kusjuures ammoniaagi heitkogused on vähenenud 29 000 tonnilt aastas 1990.-ndatel 10 000 tonnini käesoleval ajal. Ammoniaak põhjustab veekogude eutrofeerumist, muldade hapestumist ja bioloogilise mitmekesisuse kadumist. Lisaks on ammoniaagil oluline roll sekundaarsete tahkete osakeste moodustumisel, mis omakorda mõjutab otseselt inimese tervist<sup>71</sup>, sellest tulenevalt on ka Euroopa Liidu saasteainete heitkoguste vähendamise programm suunatud lisaks teistele saasteainetele ka ammoniaagi heite vähendamisele, eelkõige põllumajandussektorist.

Ammoniaagi, kui saasteaine, muutusi ajas iseloomustatakse kolme näitaja kaudu, milleks on ammoniaagi heide tööstuslikest heiteallikatest, põllumajanduslikest heiteallikatest ning transpordisektorist; ammoniaagi sisaldus välisõhus riiklike õhuseirejaamade mõõtetulemuste alusel ning ammoniumlämmastiku sisaldus ja sadenemine keskkonnaseireprogrammide raames läbiviidud mõõtmiste tulemuste põhjal.

<sup>71</sup> Välisõhu mitteesmatähtsate saasteainete piirnormide uue kontseptsiooni välja töötamine, Keemilise ja bioloogilise füüsika instituut, 2016



## 10.1 NH<sub>3</sub> heite muutus ajas erinevatest sektoritest

NH<sub>3</sub> heite muutust ajas erinevatest sektoritest kirjeldatakse teatavate õhusaasteainete heitkoguste vähendamise riikliku programmi lisa 1 Valdkondlike mõjude hindamise taust, meetodikad ja kasutatud sisendandmed ja prognoosid toodud info alusel<sup>72</sup>.

Keskmiselt 90% NH<sub>3</sub> aastasest heitkogusest pärineb põllumajandusest (Joonis 12). Teiste sektorite osakaal on marginaalne ning seetõttu pole sealt pärinevaid heitkoguseid eraldi kaartidele kantud. Transpordisektori osakaal on keskmiselt 0,5-2 % ning tööstussektori osakaal keskmiselt 9-11%. Piirkonniti võivad sektorite osakaalud varieeruda vastavalt konkreetse piirkonna liigestatusele tööstussektori, transpordisektori ning põllumajandussektori osas. Kõige enam on vähenenud ammoniaagi osakaal transpordisektorist, vastavalt 210,5 t/a-lt 2005. aastal 135,6 t/a-le 2020. aastal, ning eeldatavalt vähenemine ka jätkub, arvestades soovituslikke tegevussuundi transpordisektori ümberkorraldamisel. Transpordisektoris toimuvatel muutustel ei ole otsustavat kaalu ammoniaagi summaarse heite, saastetasemete ega sadenemiskoormuse ajalisel muutusel. Ka linnades ja suure liiklusintensiivsusega piirkondades ei ole transpordisektorist pärit ammoniaak esmatähtis saasteaine. Tööstussektorist on ammoniaagi heide vähenenud 1149 t/a-lt 2005. aastal 1002 t/a-le 2020. aastal. Eelkõige mõjutavad tööstussektoris toimuvad muudatused kohalikku välisõhu kvaliteeti tööstuslikes piirkondades või spetsiifiliste tööstuste nagu reoveepuhastid, kemikaalide/väetiste tootmisega tegelevad ettevõtted, naabruses. Eesti kontekstis on tööstuste tegevus ja areng oluline ning erinevates tööstuslikes valdkondades toimuv progress on piirkondlikul tasandil hea keskkonnaseisundi aluseks. Põllumajandussektorist on ammoniaagi heide jäänud võrreldes 2005. aastaga samale tasemele, olles keskmiselt 9500 t/a. Arvestades põllumajandussektori osakaalu, on Eestis üldiselt ammoniaagi sadenemiskoormuse vähendamisel peamine tegevussuund põllumajandussektorist heidete vähendamisel, juhul kui keskkonnaseire pikaajalised andmearvad pidevat ning ühtlast ammoniaagi akumulatsioonide tõusu erinevates ökosüsteemi osades näitavad. Summaarne ammoniaagi heide kokku erinevatest heiteallikatest (tööstus, transport, põllumajandus) ei ole ajas märkimisväärselt muutunud, jäädes endiselt ja ka tulevikus keskmiselt 10 500 tonni juurde aastas, mistõttu planeeritavad muudatused saastetasemete ning seeläbi saastekoormuse vähendamiseks riikliku

<sup>72</sup> Teatavate õhusaasteainete heitkoguste vähendamise riikliku programmi, lisa 1 Valdkondlike mõjude hindamise taust, meetodikad ja kasutatud sisendandmed ja prognoosid, EKUK, 2019





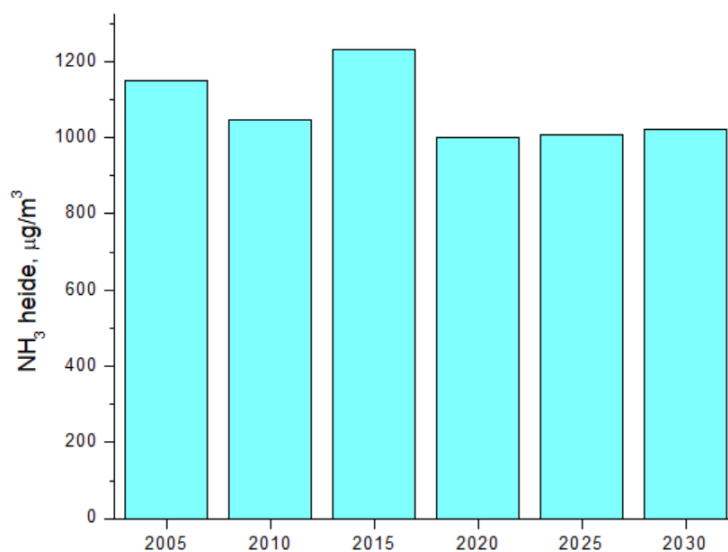
programmi raames ei ole fookuseeritud ammoniaagile vaid eelkõige teistele saasteainetele (v.a põllumajandussektor), kus soovituslike vähendusmeetmete rakendamisega kaasneb ka mõju ammoniaagi heidetele. Põllumajanduse osas on ammoniaak esmatähtis saasteaine, ent selles valdkonnas ei ole tulevikuprognosis näha ammoniaagi heite ulatuslikku vähenemist vaid pigem samale tasemele jäämist või mõningat suurenemist. Kas põllumajandussektor vajab konkreetsemat ammoniaagi heite vähendamisele suunatud poliitikat, sõltub välisõhu kvaliteedist ning sadenemiskoormusest, mis näitab ära kas ja millisel tasemel oleks vaja põllumajandusettevõtetele kehtestatud nõuete karmistamine. Kuna tegemist on tundliku teemaga, siis igasugune nõuete karmistamine peab lähtuma ainult tõendus põhiseadusest, st on selged ilmingud keskkonnaseisundi ja/või ökosüsteemide kvaliteedi halvenemisest, mis seotud ammoniaagi heitega välisõhku. Nõuete karmistamine ja uute kohustuste kehtestamine põllumajandusettevõtetele ei saa lähtuda ainult Euroopa Liidu nõuetest, mis ei arvesta piirkondlikke asjaolusid vaid lähtub pigem üldisest trendist Euroopas.

Ammoniaagi summaarne heide tööstuslikest heiteallikatest, mis hõlmab tööstussektorit, energeetikasektorit, jäätmesektorit ning lahustisektorit, on kajastatud alljärgnevas tabelis ja joonisel (Joonis 9, Tabel 13), kusjuures 2020-2030 aasta kohta on toodud prognoositav heide.

**Tabel 13** NH<sub>3</sub> heide tööstuslikest heiteallikatest<sup>73</sup>

Aasta	NH <sub>3</sub> heide, t/a
2005	1148,9
2010	1046,1
2015	1230,4
2020	1002,2
2025	1008,9
2030	1021,7

<sup>73</sup> 2020-2030 prognoositav heide



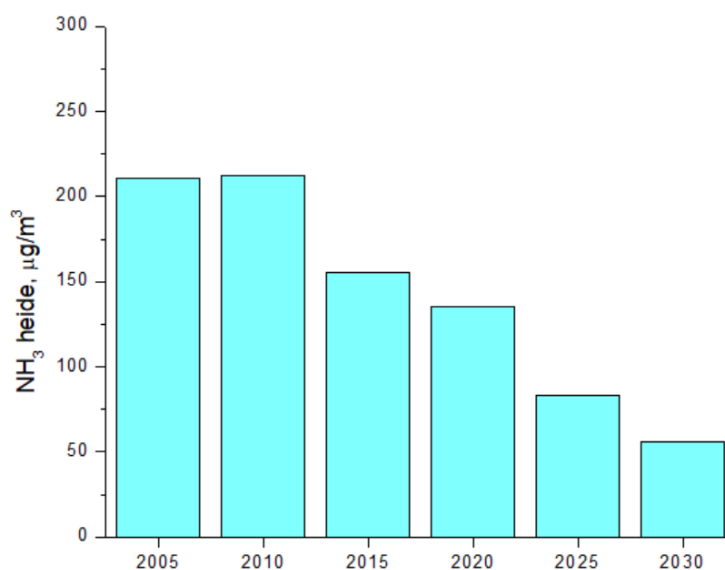
**Joonis 9 NH<sub>3</sub> heite muutus tööstuslikest heiteallikatest aastate lõikes**

Ammoniaagi summaarne heide transpordisektorist on kajastatud alljärgnevas tabelis ja joonisel (Tabel 14, Joonis 10), kusjuures 2020-2030 aasta kohta on toodud prognoositav heide.

**Tabel 14 NH<sub>3</sub> heide transpordisektorist<sup>74</sup>**

Aasta	NH <sub>3</sub> heide, t/a
2005	210,5
2010	211,9
2015	155,1
2020	135,6
2025	82,9
2030	55,6

<sup>74</sup> 2020-2030 prognoositav heide



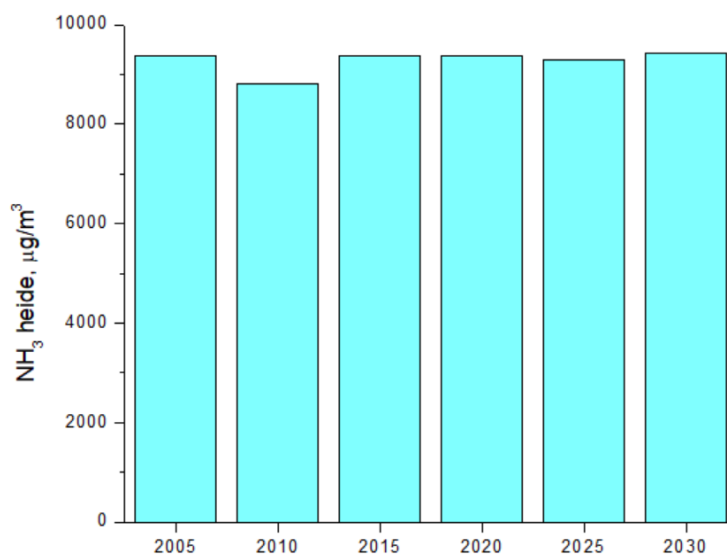
**Joonis 10 NH<sub>3</sub> heide transpordisektorist**

Ammoniaagi summaarne heide põllumajandusest on kajastatud alljärgnevas tabelis ja joonisel (Joonis 11, Tabel 15), kusjuures 2020-2030 aasta kohta on toodud prognoositav heide.

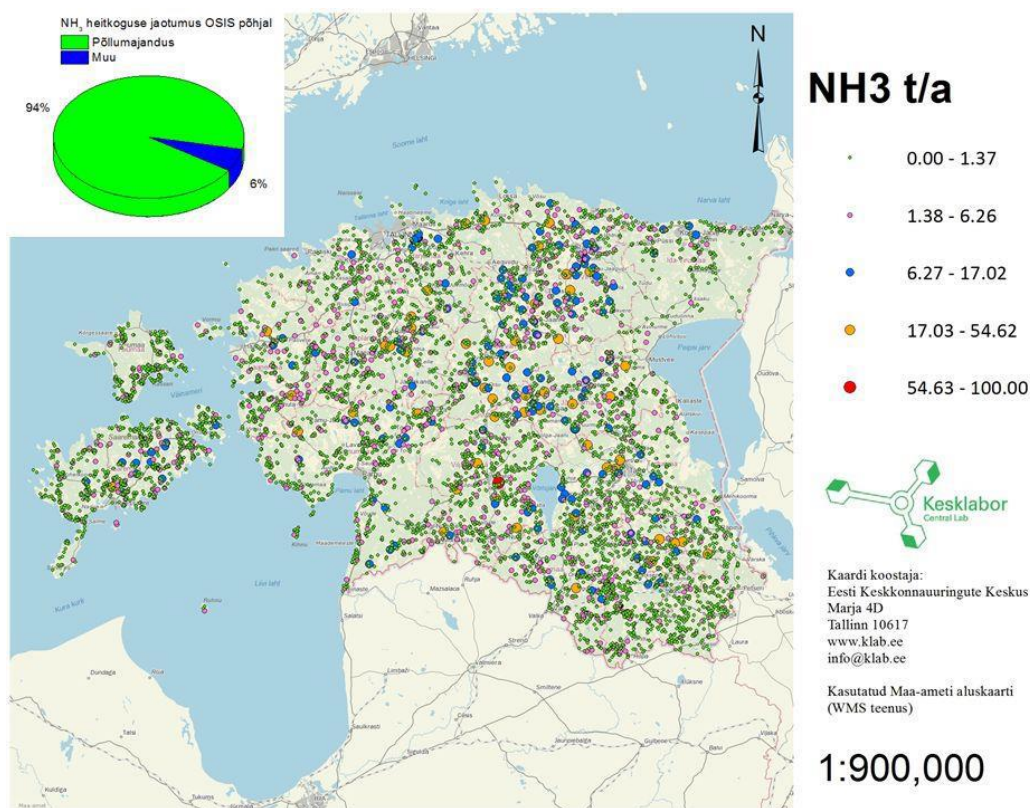
**Tabel 15 NH<sub>3</sub> heide põllumajandussektorist<sup>75</sup>**

Aasta	NH <sub>3</sub> heide, t/a
2005	9375,6
2010	8805,7
2015	9365,3
2020	9375,7
2025	9302,7
2030	9429,1

<sup>75</sup> 2020-2030 prognoositav heide



Joonis 11 NH<sub>3</sub> heide põllumajandussektorist



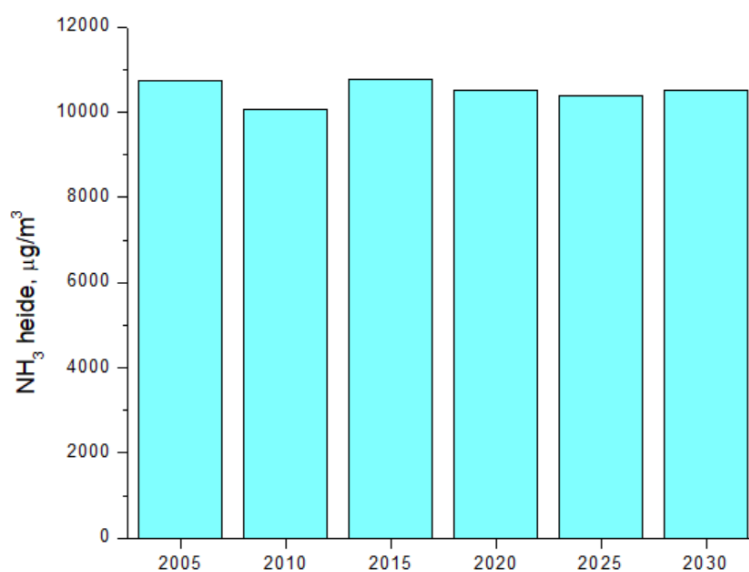
Joonis 12 NH<sub>3</sub> heitkogus põllumajanduskäitistest ja selle jaotumus



Ammoniaagi summaarne heide erinevatest majandussektoritest kokku on kajastatud alljärgnevas tabelis ja joonisel (Tabel 16, Joonis 13), kusjuures 2020-2030 aasta kohta on toodud prognoositav heide.

**Tabel 16** NH<sub>3</sub> heide sektoriteüleselt kokku<sup>76</sup>

Aasta	NH <sub>3</sub> heide, t/a
2005	10735
2010	10064
2015	10751
2020	10513
2025	10395
2030	10506



**Joonis 13** NH<sub>3</sub> summaarne heide, kõik sektorid

<sup>76</sup> 2020-2030 prognoositav heide



## 10.2 NH<sub>3</sub> saastetase

Ammoniaagi sisaldust välisõhus mõõdavad Põhja-Eestis paiknevad seirejaamad – Lahemaa seirejaam ja Sillamäe seirejaamad. Lahemaa seirejaam on nõ taustajaam, kirjeldades saastetaset üldiselt, ilma tugevate antropogeensete allikateta. Sillamäe seirejaamad asuvad piirkonnas, kus tööstuse osakaal on suur, mistõttu iseloomustavad need jaamad pigem kohalikke olusid ehk tööstuslikku päritolu saasteainete kontsentratsioone linnas, koosmõjus transpordisektori (linnaliiklus) ja vähesel määral ka põllumajandusega. Sillamäe vana seirejaam (seirejaam 1) paikneb Sillamäe linna kirdeosas Silmeti ja reoveepuhasti läheduses ning uuem seirejaam (seirejaam 2) Sillamäe linna lõunaosas. Kohtla-Järve ning Narva riiklikud pidevseirejaamad on mõõtnud ammoniaagi sisaldust välisõhus teatud perioodidel. Hetkel neis seirejaamades ammoniaagi kontsentratsiooni pidevmõõtmisi ei toimu, siiski arvestatakse nende seirejaamade tulemusi ammoniaagi kontsentratsioonide ajalise muutuse iseloomustamisel (Joonis 14).

Allolevas tabelis on nimetatud ammoniaagi keskmised kontsentratsioonid aastate lõikes, iseloomustamaks ammoniaagi sisalduse muutust välisõhus aja jooksul (Tabel 17, Joonis 15).

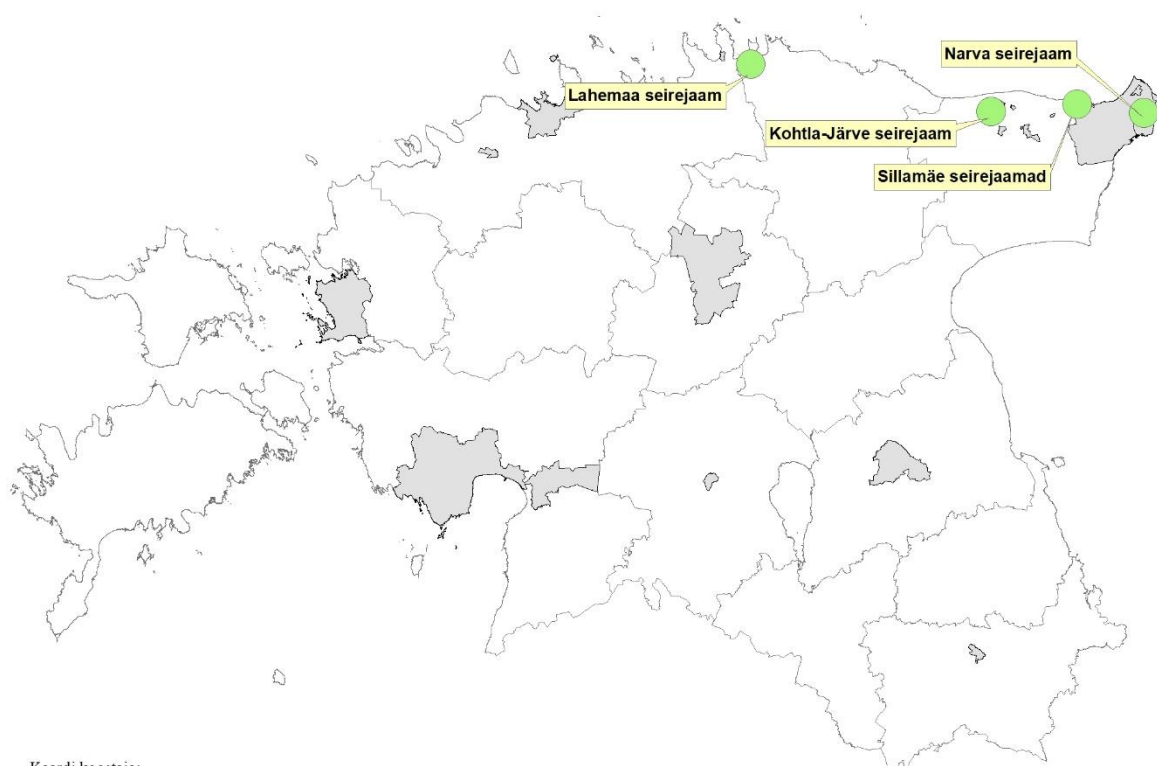
Lahemaa seirejaamas mõõdetud ammoniaagi kontsentratsioon jääb perioodil 2017-2019 vahemikku 0,02-1,4 µg/m<sup>3</sup>; Sillamäe seirejaamas 1 mõõdetud ammoniaagi kontsentratsioon jääb perioodil 2014-2019 vahemikku 0-516 µg/m<sup>3</sup> ning linnas perioodil 2019-2020 0-188 µg/m<sup>3</sup>; Kohtla-Järve seirejaamas mõõdetud ammoniaagi kontsentratsioon jääb perioodil 2005-2018 vahemikku 0,03-243 µg/m<sup>3</sup>; Narva seirejaamas mõõdetud ammoniaagi kontsentratsioon jääb perioodil 2014-2017 vahemikku 0-17 µg/m<sup>3</sup>. Aastate lõikes mõõdetakse seirejaamades kõrgemaid NH<sub>3</sub> piike, eelkõige tööstuslikes piirkondades, mis väljendub ka aasta keskmistes ammoniaagi kontsentratsioonides. Hästi tuleb see välja Sillamäe seirejaamas, kuna sealne seirejaam 1 asub reoveepuhasti ning Silmeti läheduses, siis on kõrged ammoniaagi kontsentratsioonid tingitud eelkõige sellest. Sillamäe teine seirejaam asub kaugemal linnas ning ka seal on mõõdetud ammoniaagi kontsentratsioonid kõrgemad tavapärase linnakeskkonnaga võrreldes. Sellisel tasemel ammoniaagi kontsentratsioonid inimtervisele otsest ohtu ei kujuta. Lahemaal on ammoniaagi tase ühtlasem, kuna tegemist on taustajaamaga ning järsud heidete muutused seal ei kajastu. Ammoniaagi sisaldust välisõhus hinnatakse kriitiliste tasemete



väärtusega<sup>77</sup>, mis on 1 h kohta 500 µg/m<sup>3</sup> ja 1 a kohta 8 µg/m<sup>3</sup>. Võrreldes seirejaamades mõõdetud kontsentratsioonide ammoniaagi jaoks kehtivate normidega, siis Lahemaal, Kohtla-Järvel ning Narvas on mõõdetud kontsentratsioonid olnud kordades madalamad vastavast väärtusest, samas Sillamäel on nii 1 h kui 1 a lõikes mõõdetud ammoniaagi kriitilisest tasemest kõrgemaid kontsentratsioone, eelkõige Silmeti ja reoveepuhasti läheduses esimeses seirejaamas. Sillamäe linnas (seirejaam 2) ei ole ammoniaagi 1 h kontsentratsioonid kriitilise tasemeni tõusnud. Kõrged tasemed Sillamäel on tingitud enam tööstuslikest allikatest kui põllumajandusest, mis tähendab, et ammoniaagi heite ja kontsentratsioonide vähendamine sõltub ammoniaagi lekete ning võimalike allikate tuvastamisest ning nendele suunatud tegevuste rakendamisest. Kohtla-Järve NH<sub>3</sub> kõrgemad piigid olid seotud valdavalt AS Nitrofert tööga, mis viimastel aastastel on tootmises pausi teinud. Lahemaal on saastetasemed varieeruvad seoses lühiajalise inimtegevusega piirkonnas nagu sõnniku laotamine, kütmine, transport (Tabel 17, Joonis 15 kuni Joonis 20).

---

<sup>77</sup> Keskkonnaministri 27.12.2016 määrus nr 75 „Õhukvaliteedi piir- ja sihtväärtused, õhukvaliteedi muud piirnormid ning õhukvaliteedi hindamiskiirid“



Kaardi koostaja:  
Eesti Keskkonnauuringute Keskus  
Marja 4D  
Tallinn 10617  
www.klab.ee  
info@klab.ee  
Maa-ameti aluskaart,  
1.10.2018



□ Maakond  
■ Linn

1:690000

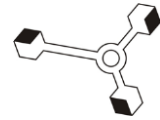


## Joonis 14 Riiklikud seirejaamad, kus mõõdet(i)akse NH<sub>3</sub> kontsentratsioone välisõhus

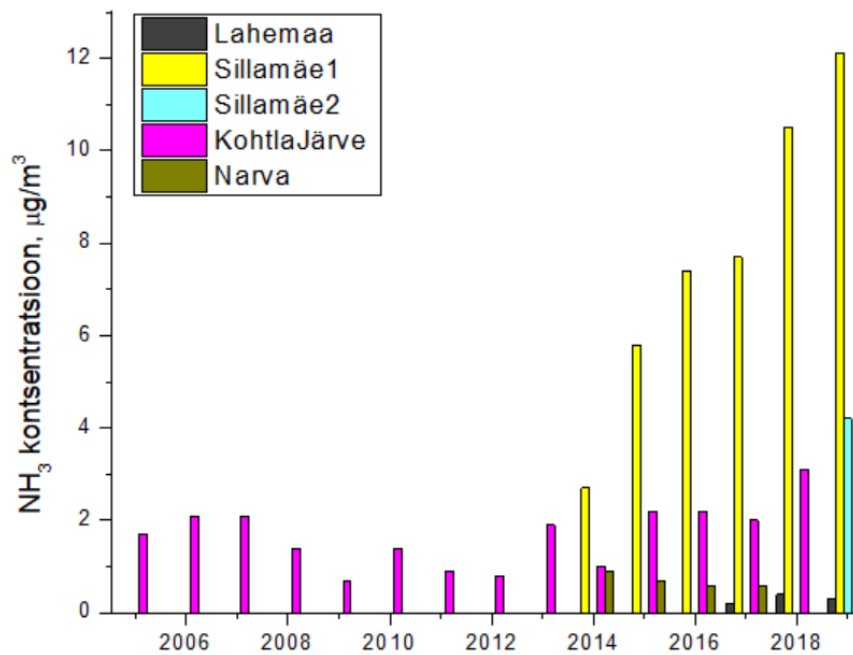
Tabel 17 NH<sub>3</sub> keskmised kontsentratsioonid aastate lõikes

Aasta	C, Lahemaa, µg/m <sup>3</sup>	C, Sillamäe 1, µg/m <sup>3</sup>	C, Sillamäe 2, µg/m <sup>3</sup>	C, Kohtla- Järve, µg/m <sup>3</sup>	C, Narva, µg/m <sup>3</sup>
2005				1,7	
2006				2,1	
2007				2,1	
2008				1,4	
2009				0,7	
2010				1,4	
2011				0,9	
2012				0,8	
2013				1,9	
2014		2,7		1,0	0,9

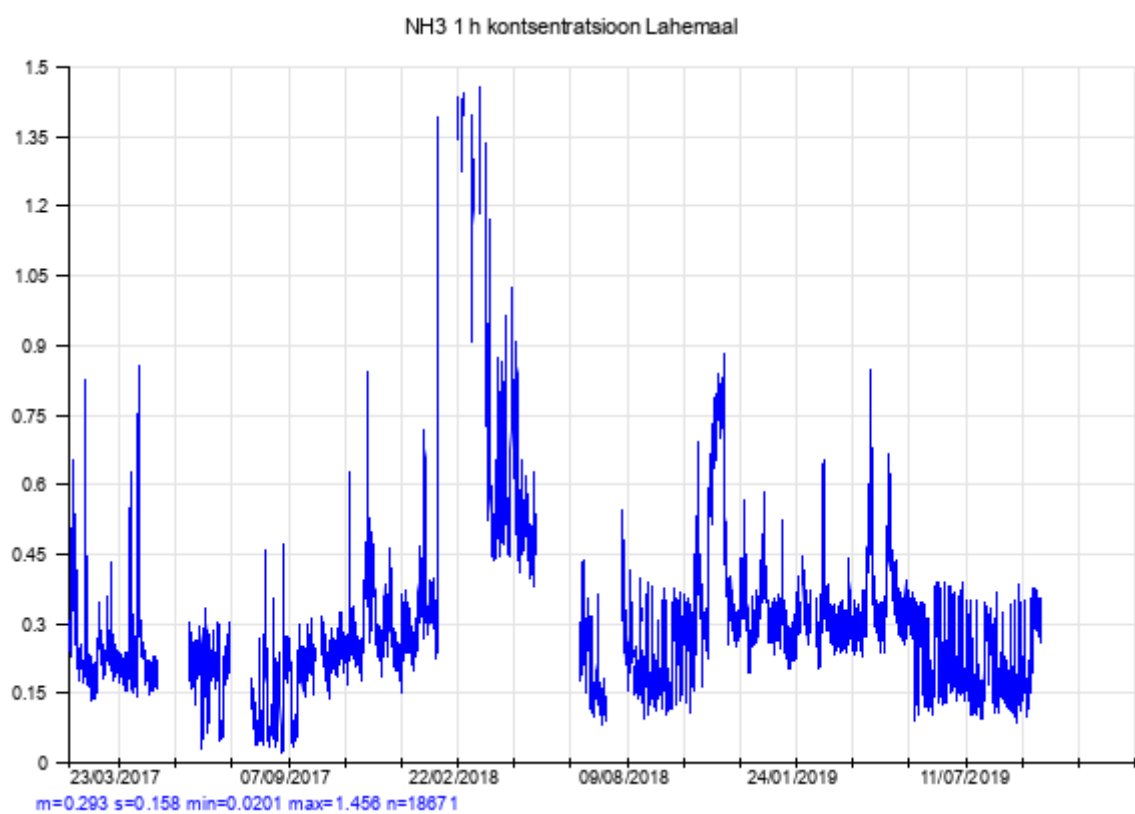




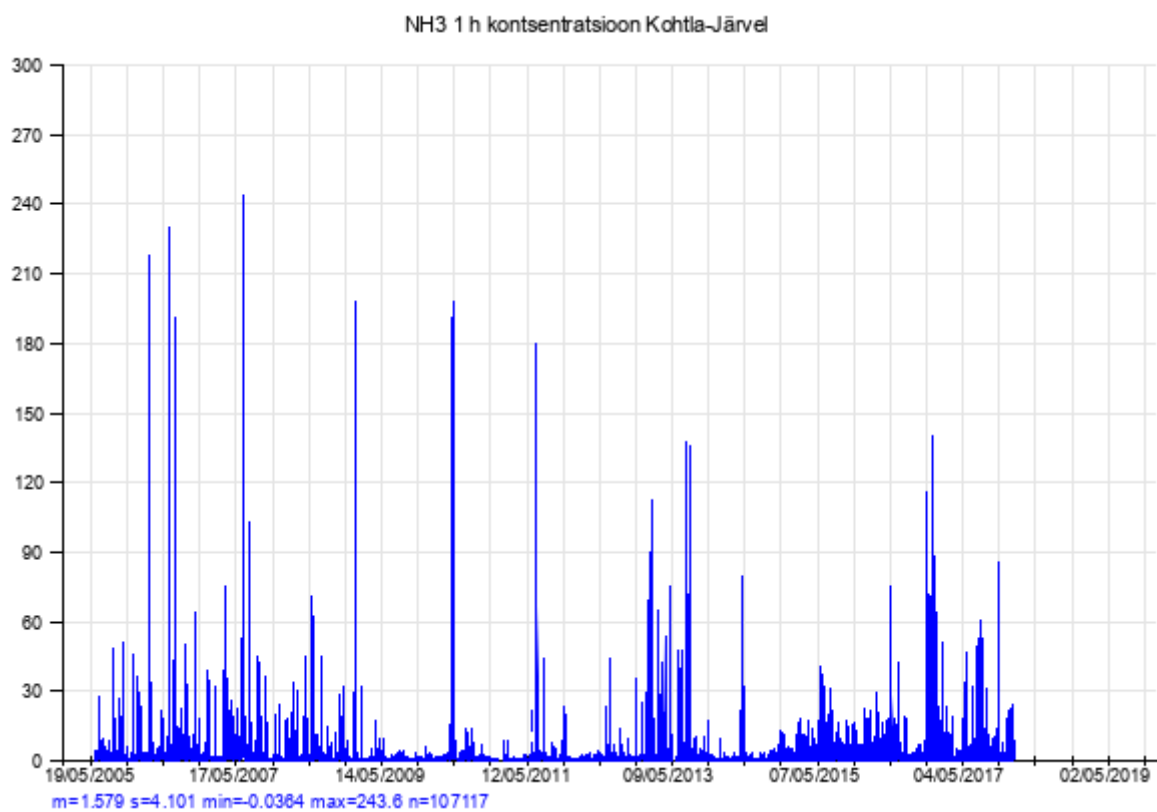
2015		5,8		2,2	0,7
2016		7,4		2,2	0,6
2017	0,2	7,7		2,0	0,6
2018	0,4	10,5		3,1	
2019	0,3	12,1	4,2		



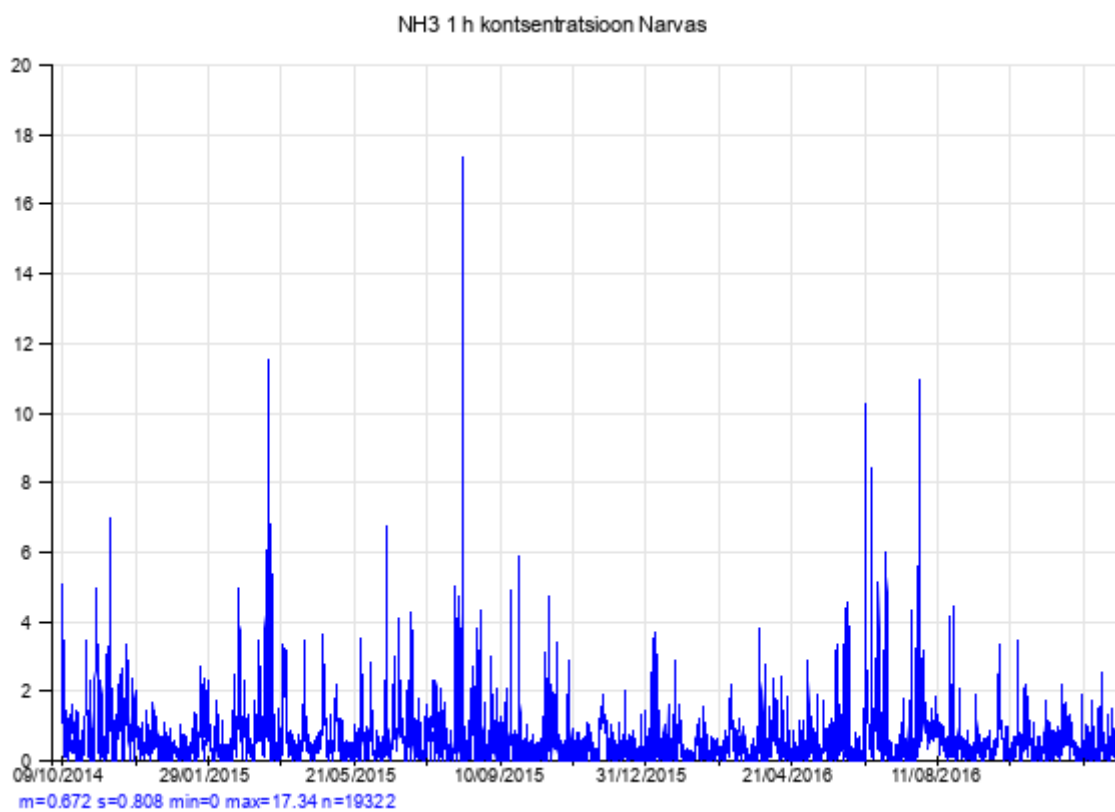
Joonis 15 NH<sub>3</sub> keskmine kontsentratsioon pidevseirejaamades



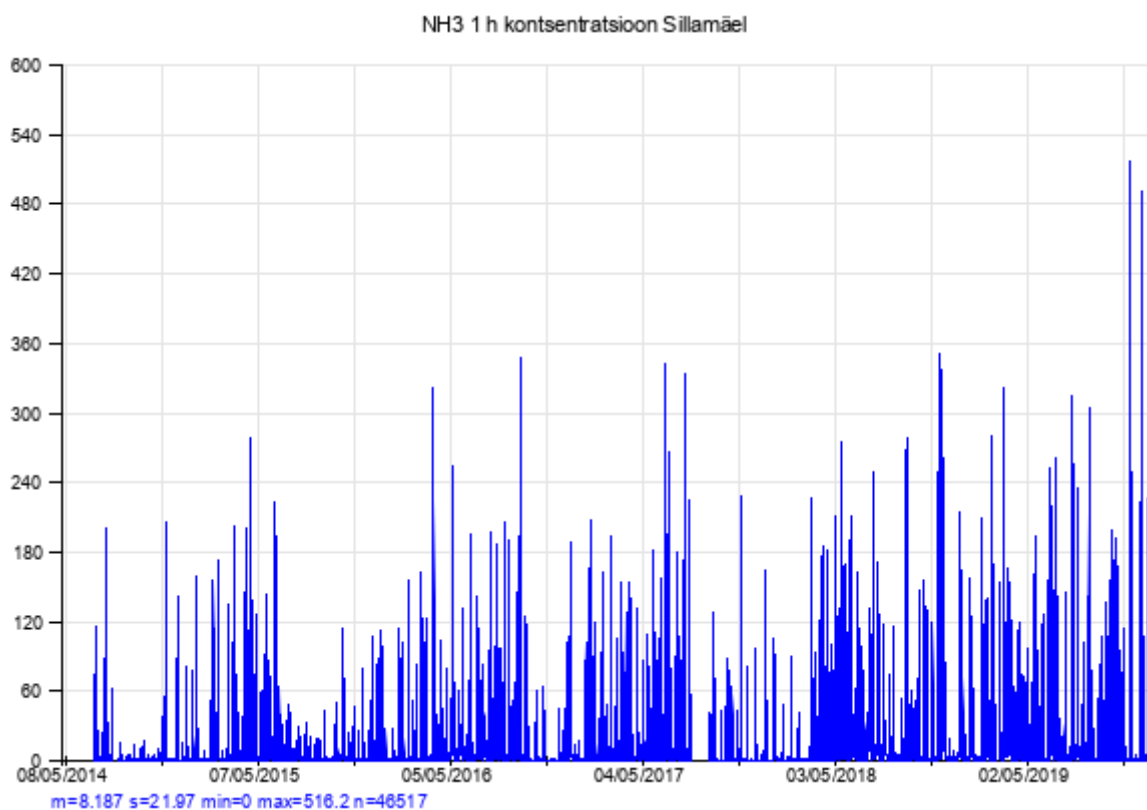
Joonis 16 NH<sub>3</sub> 1 h kontsentratsioon Lahemaal



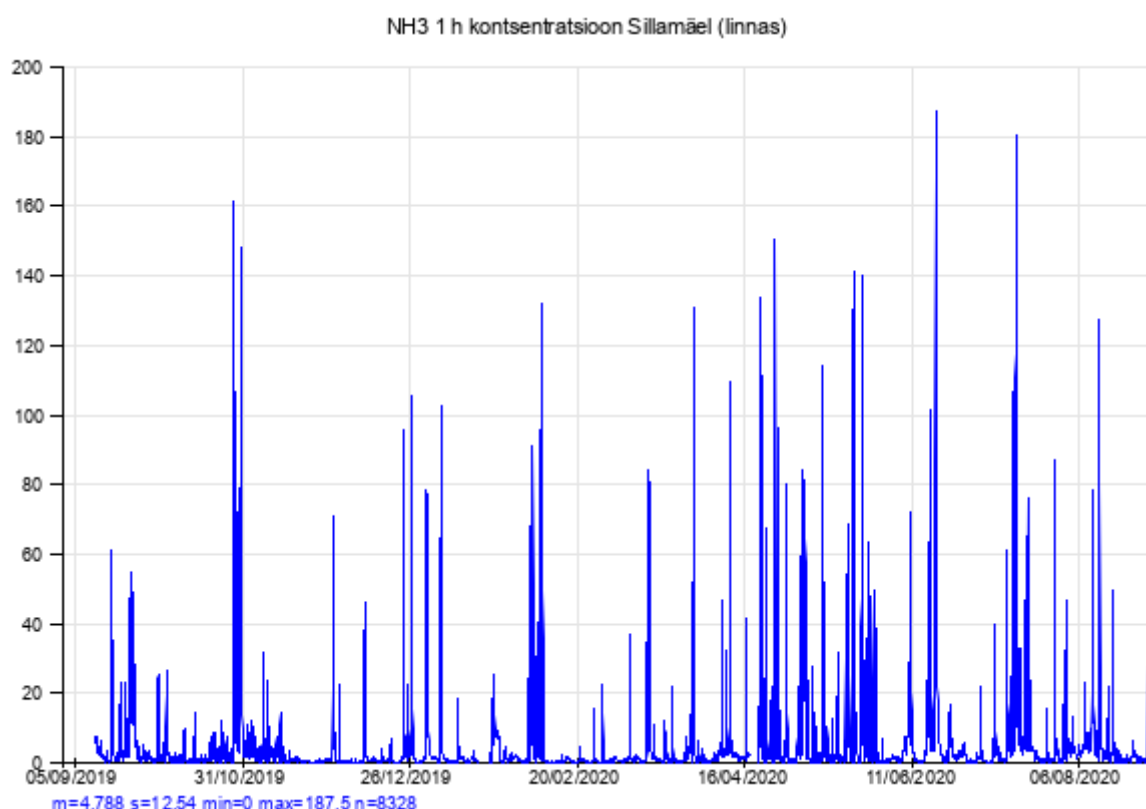
**Joonis 17** NH<sub>3</sub> 1 h kontsentratsioon Kohtla-Järvel



Joonis 18 NH<sub>3</sub> 1 h kontsentratsioon Narvas



**Joonis 19** NH<sub>3</sub> 1 h kontsentratsioon Sillamäel (seirejaam 1)



**Joonis 20** NH<sub>3</sub> 1 h kontsentratsioon Sillamäel (seirejaam 2 linnas)

### 10.3 NH<sub>4</sub> sadenemine

Ammooniumi depositsiooni määratakse kompleksseire raames avamaa sademete (Saarejärve, Vilsandi), vōravee keemia (Saarejärve, Vilsandi), mullavee keemia (Saarejärve, Vilsandi) ja tūvevee keemia (Saarejärve, Vilsandi) keemilise analūūsi tulemustest lāhtuvalt arvutuslikult. Iga-aastaselt esitatakse kompleksseire aasta-aruanne, kus on seirejaamade lōikes vālja toodud saasteainete sisaldused ning aastane depositsioon kgN/ha vōi mgN/m<sup>2</sup> kohta. Kāesolevas tōos on kokkuvōttev hinnang viimase viie aasta NH<sub>4</sub> depositsioonile kompleksseirealadelt kogutud erinevat liiki veeproovide alusel (Joonis 21 kuni Joonis 24, Tabel 18 kuni Tabel 21).

Kompleksseire ei nāita NH<sub>4</sub> depositsiooni suurenemist kompleksseire aladel. Valdavalt on nāitude mōningane kōikumine seotud sademete rohkuse/vāhesusega vaadeldaval perioodil. Aastate lōikes on seirealadelt kogutud veeproovides aasta kaalutud keskmiste kontsentratsioonide pōhjal arvatud

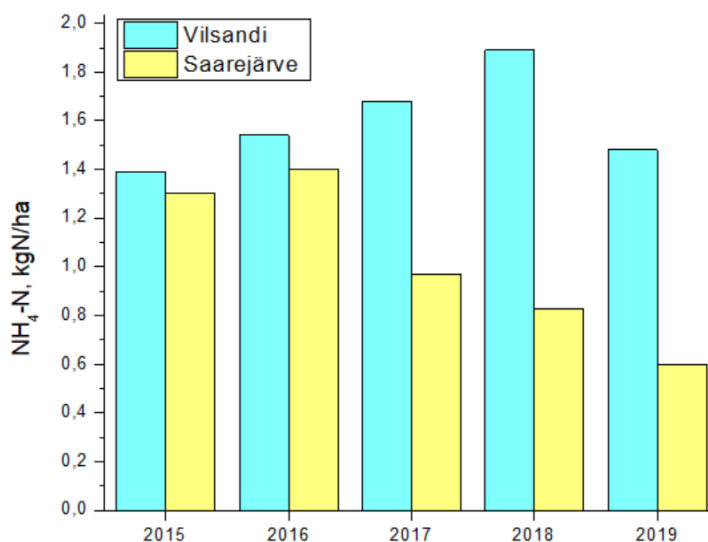


NH<sub>4</sub>-N trendid (aastad 2009-2019), kasutades selleks Mann-Kendalli mitteparameetrilist trendianalüüsi, pigem usaldusväärset vähenenud.

Avamaa sademete keskmised depositsiooni näitajad vahemikus 2015-2019 olid Vilsandil 1,39-1,89 kgN/ha/a ning Saarejärvel 0,6 – 1,4 kgN/ha/a.

**Tabel 18** NH<sub>4</sub>- N depositsioon avamaa sademetes Vilsandil ja Saarejärvel

Aasta	Vilsandi, kgN/ha	Saarejärve, kgN/ha
2015	1,39	1,3
2016	1,54	1,4
2017	1,68	0,97
2018	1,89	0,83
2019	1,48	0,6



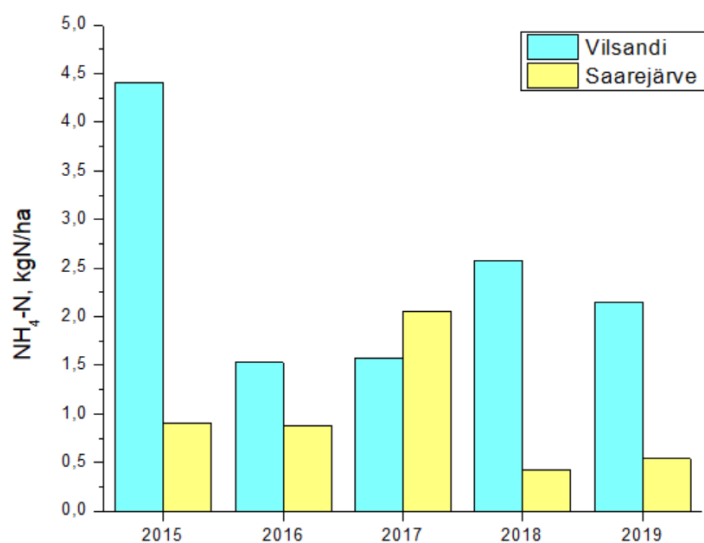
**Joonis 21** NH<sub>4</sub>-N sadenemine avamaa sademetes, kompleksseire



Võravee keskmised depositsiooni näitajad vahemikus 2015-2019 olid Vilsandil 1,53-4,41 kgN/ha/a ning Saarejärvel 0,43 – 2,05 kgN/ha/a.

**Tabel 19**  $\text{NH}_4\text{-N}$  depositsioon võravees Vilsandil ja Saarejärvel

Aasta	Vilsandi, kgN/ha	Saarejärve, kgN/ha
2015	4,41	0,9
2016	1,53	0,88
2017	1,58	2,05
2018	2,58	0,43
2019	2,15	0,54



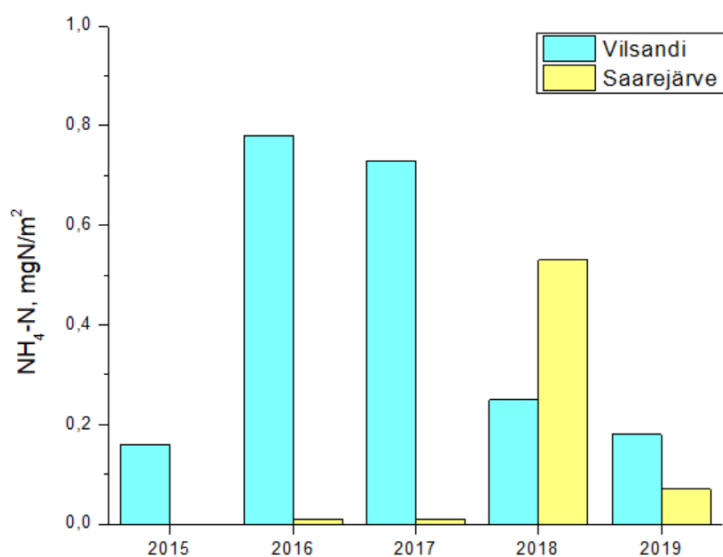
**Joonis 22**  $\text{NH}_4\text{-N}$  sadenemine võravees, kompleksseire

Tüvevee keskmised depositsiooni näitajad vahemikus 2015-2019 olid Vilsandil 0,16-0,78 mgN/m<sup>2</sup>/a ning Saarejärvel 0,01 – 0,53 mgN/m<sup>2</sup>/a.




**Tabel 20**  $\text{NH}_4\text{-N}$  depositsioon tüvevees Vilsandil ja Saarejärvel

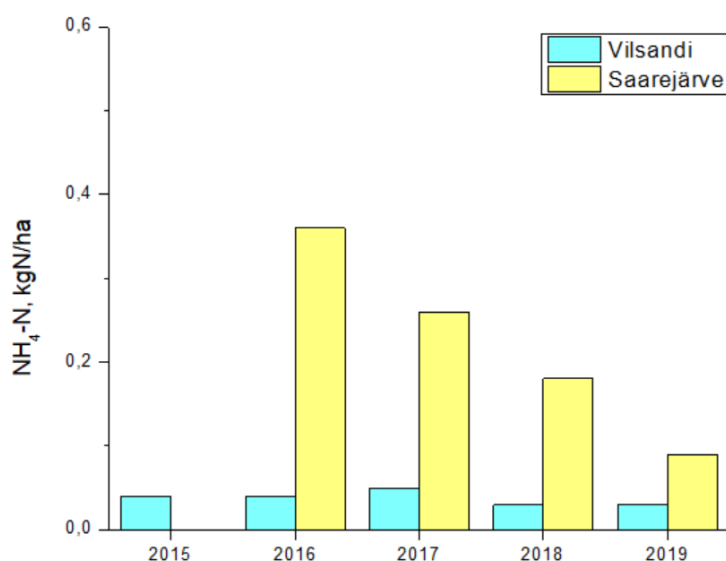
Aasta	Vilsandi, mgN/m <sup>2</sup>	Saarejärve, mgN/m <sup>2</sup>
2015	0,16	-
2016	0,78	0,01
2017	0,73	0,01
2018	0,25	0,53
2019	0,18	0,07


**Joonis 23**  $\text{NH}_4\text{-N}$  sadenemine tüvevees, kompleksseire

Mullavee keskmised depositsiooni näitajad vahemikus 2015-2019 olid Vilsandil 0,03-0,05 kg/ha/a ning Saarejärvel 0,09 – 0,36 kgN/ka/a.


**Tabel 21**  $\text{NH}_4\text{-N}$  depositsioon mullavees Vilsandil ja Saarejärvel

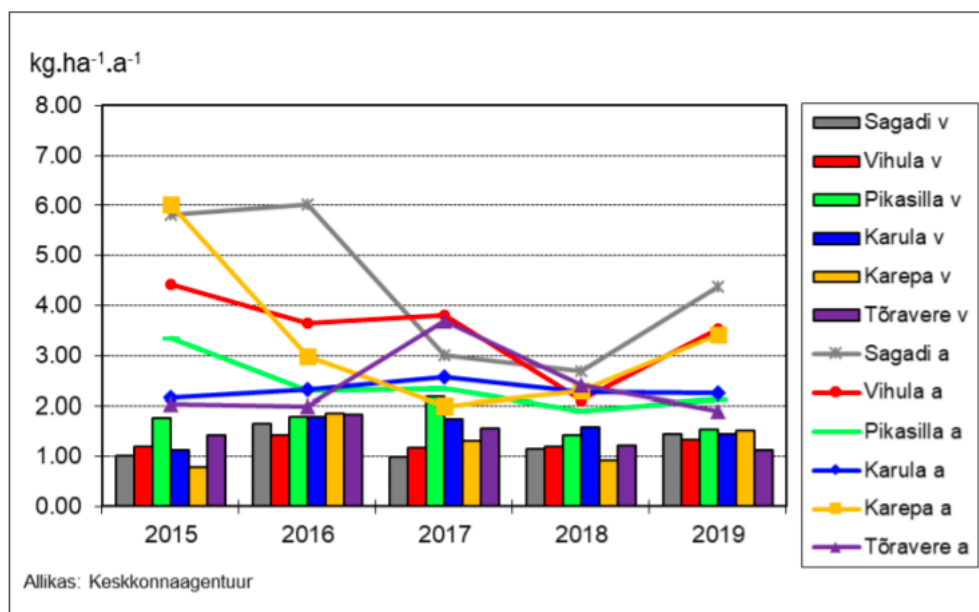
Aasta	Vilsandi, kgN/ha	Saarejärve, kgN/ha
2015	0,04	-
2016	0,04	0,36
2017	0,05	0,26
2018	0,03	0,18
2019	0,03	0,09


**Joonis 24**  $\text{NH}_4\text{-N}$  sadenemine mullavees, kompleksseire

$\text{NH}_4$  depositsiooni hindamist viiakse läbi ka metsaseire raames kuuel II astme metsaseire intensiivalal (Vihula, Sagadi, Karepa, Pikasilla, Tõravere, Karula) avamaa sademete ning puude võravee keemilise analüüsimise kaudu, kus eesmärgiks on hinnata atmosfäärist langevat depositsiooni (sademete kogus,  $\text{NH}_4\text{-N}$  kontsentratsioonid, muutused) ja saastekoormuseid intensiivseire aladel, et paremini aru saada depositsiooni mõjust metsaökosüsteemidele. Metsaseire iga-aastane aruanne on nähtav keskkonnaseire infosüsteemist.  $\text{NH}_4$  sadenemiskoormus sademete analüüsitulemuste alusel on



reeglina suurem avamaal (a) ning väiksem võrade all (v). Ehkki aastate ning seirealade lõikes kõigub  $\text{NH}_4\text{-N}$  sadenemiskoormus mõnevõrra, maksimaalselt 0,5 kg piires ha kohta, ei saa selle põhjal välja tuua ühest langus- või kõrgenemistrendi, pigem tulenevad muutused sademete hulgast vaadeldavatel perioodidel.  $\text{NH}_4\text{-N}$  depositsioon on võrade all vahemikus 1-2  $\text{kgN/ha/a}$ , samas kui avamaal jääb see viimastel aastatel vahemikku 2-4,5  $\text{kgN/ha/a}$  (Joonis 25).



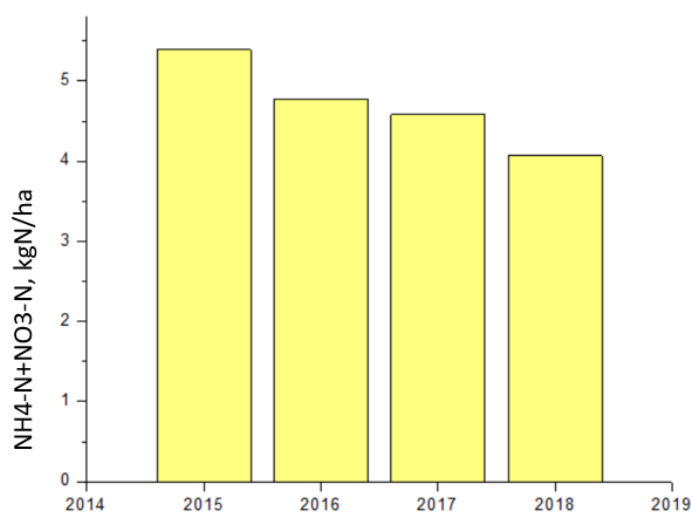
**Joonis 25**  $\text{NH}_4\text{-N}$  sadenemine sademetes, metsaseire<sup>78</sup>

Sademeteseires on mineraalse lämmastiku ( $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ ) sadenemine kirjeldatud kaardil (2015-2018), kus mineraalse lämmastiku sadenemine on näidatud isojoontega. Joonistelt on näha, et sadenemine on kõrgeim Otepää, Loodi ning Nigula ümbruses, vähenedes Põhja-Eesti suunas. Keskmiselt sadenes 2015. aasta jooksul sademete seirejaamade mõõtmistulemuste põhjal mineraalset lämmastikku 5,39  $\text{kgN/ha/a}$ . Kõige väiksemates kogustes deponeerus mineraalset lämmastikku sademetega Harku ja Lahemaa jaamade ümbruses (vastavalt 2,21  $\text{kgN/ha/a}$  ja 2,25  $\text{kgN/ha/a}$ ). Keskmiselt sadenes 2016. aasta jooksul sademete seirejaamade mõõtmistulemuste põhjal mineraalset lämmastikku 4,77  $\text{kgN/ha/a}$ . Kõige vähem sadenes sademetega mineraalset lämmastikku Harku ja Lahemaa jaamade ümbruses (vastavalt 2,42  $\text{kgN/ha/a}$  ja 2,79  $\text{kgN/ha/a}$ ). Keskmiselt sadenes 2017. aasta jooksul sademete seirejaamade mõõtmistulemuste põhjal mineraalset lämmastikku 4,58

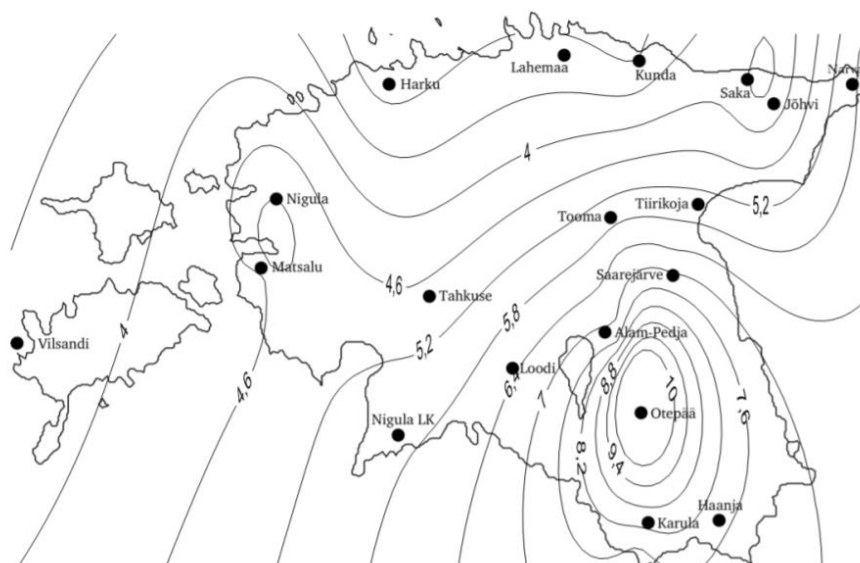
<sup>78</sup> Metsaseire, Keskkonnaagentuur, 2020



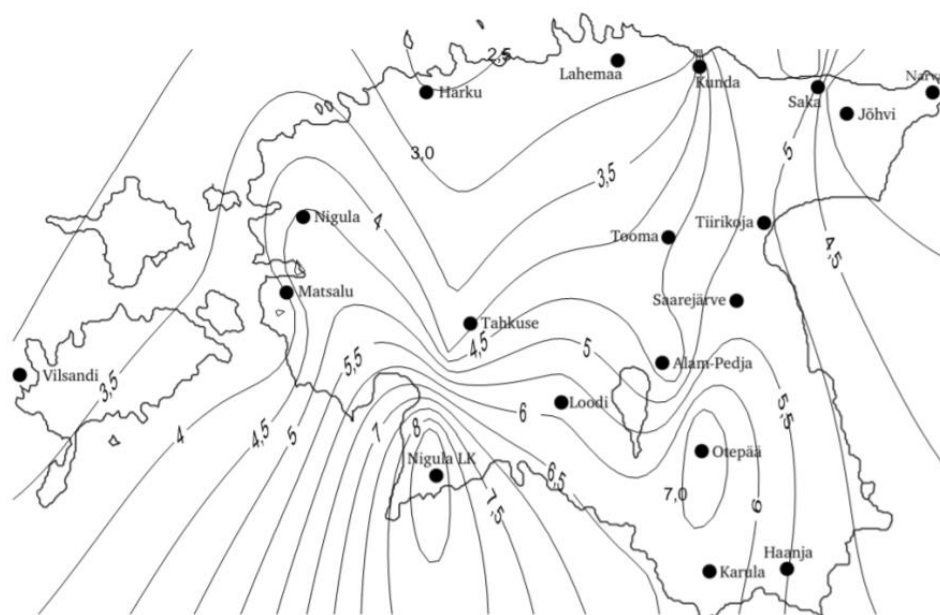
kgN/ha/a. Kõige vähem sadenes sademetega mineraalset lämmastikku Lahemaa ja Kunda jaamade ümbruses (vastavalt 2,18 kgN/ha/a ja 2,89 kgN/ha/a). Keskmiselt sadenes 2018. aasta jooksul sademete seirejaamade mõõtmistulemuste põhjal mineraalset lämmastikku 4,07 kgN/ha/a. Kõige vähem sadenes sademetega mineraalset lämmastikku Lahemaa jaama ümbruses (2,25 kgN/ha/a). Keskmiste sadenemisnäitajate alusel on mineraalse lämmastiku depositsioon Eestis tervikuna ühtlases langustrendis (Joonis 26).



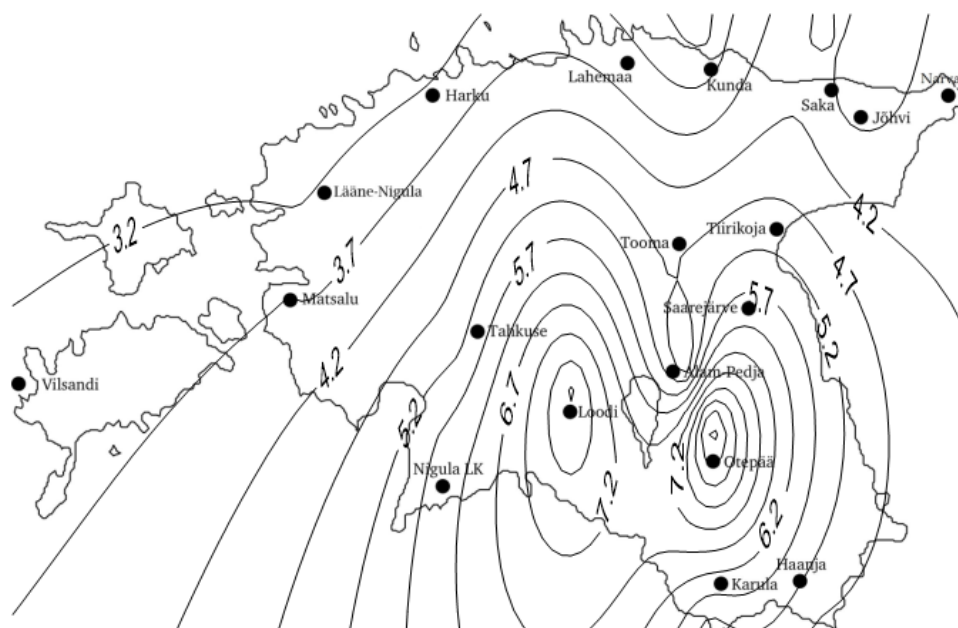
**Joonis 26** Mineraalse lämmastiku ( $\text{NH}_4\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}$ ) keskmine sadenemine sademeseire jaamades



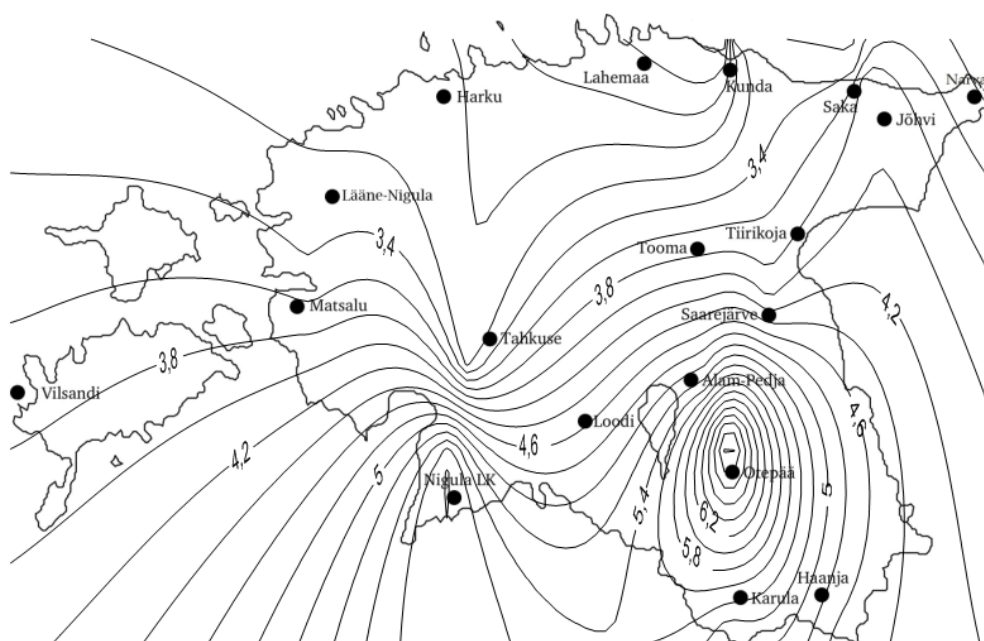
**Joonis 27** Mineraalse lämmastiku ( $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ ) sadenemine sademeseire jaamades, 2015, kgN/ha/a



**Joonis 28** Mineraalse lämmastiku ( $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ ) sadenemine sademeseire jaamades, 2016, kgN/ha/a



**Joonis 29** Mineraalse lämmastiku ( $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ ) sadenemine sademeseire jaamades, 2017, kgN/ha/a



**Joonis 30** Mineraalse lämmastiku ( $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ ) sadenemine sademeseire jaamades, 2018, kgN/ha/a



Kokkuvõtvalt võib öelda, et ammooniaagi sisaldused välisõhus ning arvutuslik depositsioon kompleksseire, sademeteseire ning metsaseire raames mõõdetavate sademete keemilise analüüsi tulemuste põhjal näitavad pigem samale tasemele jäämist või mõningast langustrendi. Erandiks on piirkonnad, kus tööstuse mõjul võib välisõhus esineda kõrgeenenud lühiajalisi saastetasemeid või inimeste lühiajalise tegevuse ilminguid. Lämmastikühendite kriitilised koormused (kgN/ha/a) varieeruvad ökosüsteemiti (Tabel 22). Lämmastikühendite puhul loetakse keskmiselt kriitiliseks koormuseks vahemikku 5-30 kgN/ha/a. Seirejaamati, eriti Lõuna-Eestis, võivad depositsiooninäitajad olla 7-12 kgN/ha/a, vähenedes põhja suunas, samas Eesti tervikuna on lämmastikuühendite depositsioon < 5 kgN/ha/a, mis tähendab, et kirjandusallikate põhjal välja toodud kriitilist koormust ei ületata ning sellise taseme juures negatiivne mõju ökosüsteemidele ei pruugi avalduda. Pigem võivad probleemid olla lokaalset laadi, st piirkonniti võib ammooniaagi sisaldus välisõhu olla kõrgeenenud olekus ja sadenemiskoormus suurem, eelkõige põllumajandusettevõtete, reoveepuhastite ning tööstuste läheduses, ent NH<sub>4</sub> sadenemine ning seeläbi atmosfäärist teistesse ökosüsteemi ning biosfääri ringettesse kandumine ei näita erinevate seireprogrammide iga-aastaste tulemuste alusel suurenemise trendi, pigem on see vähenenud või kõikunud marginaalselt, tõenäoliselt sademete hulgast tingituna.

**Tabel 22 N kriitilised koormused erinevatele ökosüsteemidele**

Ökosüsteemi tüüp	Kriitiline koormus (kgN/ha/a)
Merealad	20 – 30
Rannikualad	8 – 20
Sisemaa pinnaveekogud	3 – 20
Rabad ja sood	5 – 30
Rohumaad	5 – 30
Nõmmed, võserikud ja tundra	5 – 20
Metsad	5 – 20

## 11. NH<sub>3</sub> saastekoormuse modelleerimine

Kuna viimastel aastatel ei ole ammooniaagi saastetase suurenenud, siis kasutati modelleerimisel analoogset lähenemist ammooniaagi (NH<sub>3</sub>) välisõhu saastetasemete analüüsi tööga<sup>79</sup> ning magistritöös Eesti atmosfäärse lämmastiku koormuse hindamise kohta<sup>80</sup> kasutatud meetodit.

<sup>79</sup> Ammoniaagi (NH<sub>3</sub>) välisõhu saastetasemete analüüs, EKUK, 2016

<sup>80</sup> ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC NITROGEN DEPOSITION IN ESTONIA, TTÜ, R. Ulm, 2018



NH<sub>3</sub> välisõhu tasemete modelleerimiseks kasutati Airviro süsteemis olevat Euleri algoritmil põhinevat MATCH (Multi-scale Atmospheric Transport and Chemistry) mudelit. Sisendina kasutati HIRLAM meteofaile ning võrgusilma suurus oli 10 x 10 km. Lokaalsel skaalal oli võrgusilma suuruseks 200 x 200 m. Hajumisarvutused teostati 2015 a. kohta 1 h resolutsiooniga. Heitkoguste andmebaasidena kasutati järgmisi andmeid:

1. Põllumajandusallikad – kasutati PRIA loomakasvatushoonete 2015 a. kaardikihti. NH<sub>3</sub> heitkogused arvutati vastavalt loomaliigile kasutades Keskkonnaministri määruses nr 8 „Looma- ja linnukasvatusest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste määramismeetodid“ toodud eriheiteid ja kgN/ha/a arvutusvalemeid.
2. Liiklus – võeti aluseks Eesti Õhukvaliteedi juhtimissüsteemi tarkvara Airviro liiklusandmebaas, mis põhineb reaalsel liiklusloenduse andmetel.
3. Kohtküte (kodumajapidamised) - Kodumajapidamiste põletusseadmed on hajussaasteallikad, mille saasteainete heitkoguste territoriaalsel jaotamisel võetakse kodumajapidamiste asukohtade määramisel aluseks ehitusregister ja katastriüksuste kaardikiht (koduahjude lokaliseerimiseks). Ehitusregistri andmed sisaldavad infot eramute asukoha kohta (katastriüksuse tunnuse täpsusega), eramu tüübi, pinna ja küttesüsteemi kohta. Katastriüksuse kaardikiht võimaldab asukoha lokaliseerida.
4. Tööstuslikud saasteallikad – võeti aluseks KAURi OSIS andmebaas (eelnevale kogemusele tuginedes võib kinnitada, et aastate lõikes ei ole NH<sub>3</sub> heitkogused märkimisväärselt muutunud).

### 11.1 NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N ja N<sub>Tot</sub> sadenemiskoormus Eestis

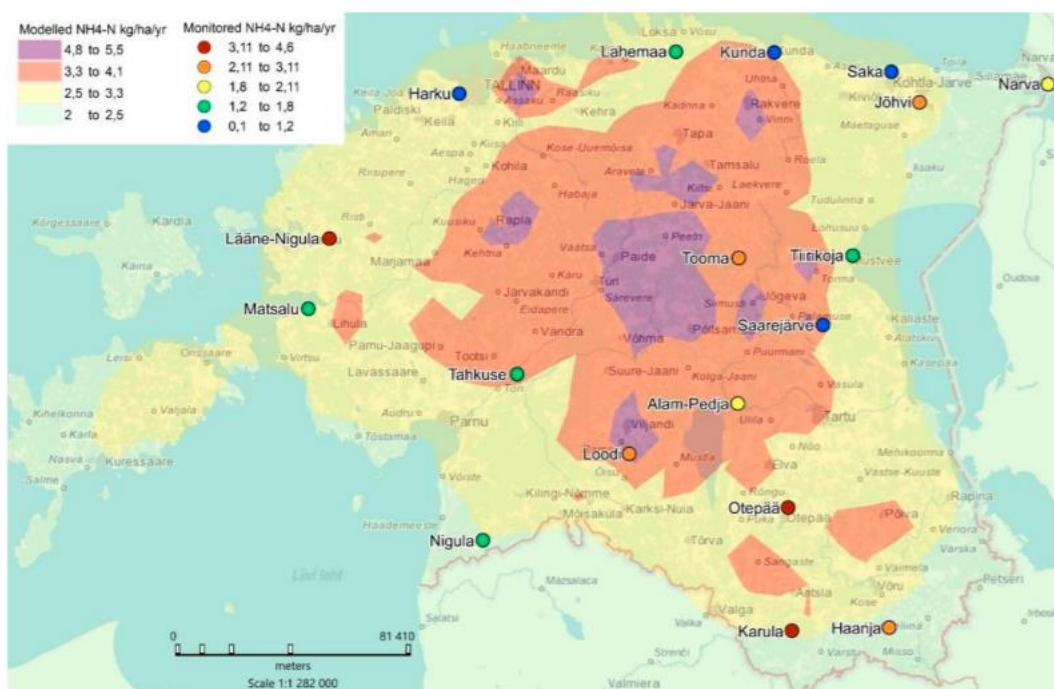
Seirejaamades mõõdetud tulemused ning arvutuslikud NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N ja N<sub>Tot</sub> sadenemiskoormus on kajastatud alljärgnevatel joonistel, mis põhinevad 2018. a tehtud magistritöös kajastatud tulemustel<sup>81</sup> (Joonis 31 kuni Joonis 39).

<sup>81</sup> ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC NITROGEN DEPOSITION IN ESTONIA, R. Ulm, 2018

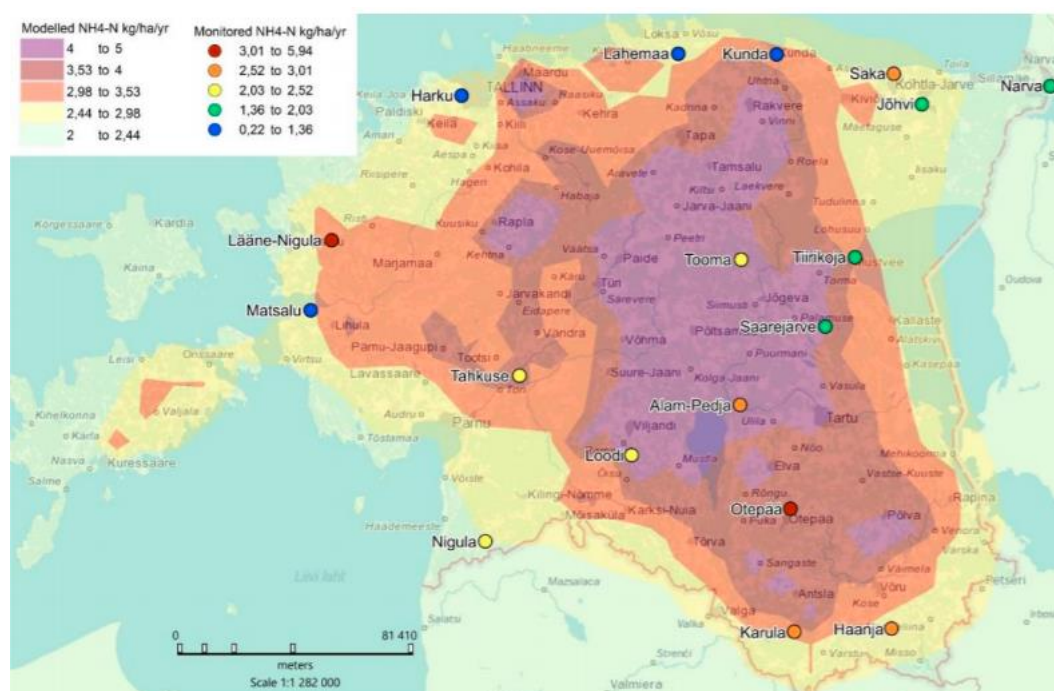




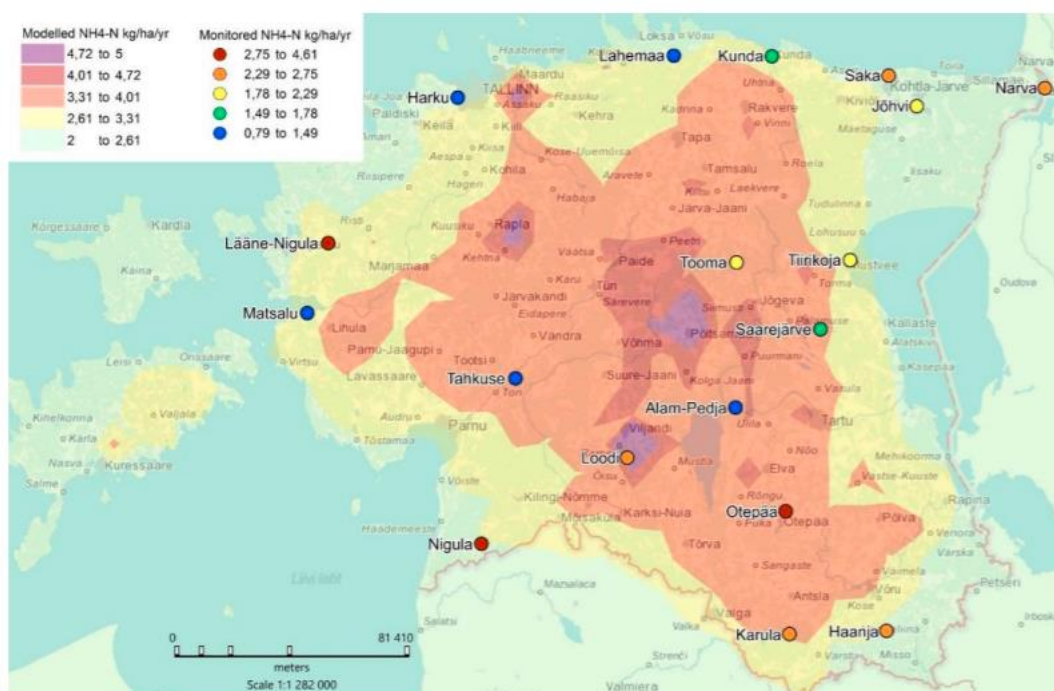
Perioodil 2014-2016 on arvutuslik  $\text{NH}_4\text{-N}$  sadenemiskoormus olnud kõrgeim Kesk-Eestis jäädes seal vahemikku 4-5,5 kgN/ha/a, Eesti äärealadel on  $\text{NH}_4\text{-N}$  sadenemiskoormus 2-3 kgN/ha/a. Võrreldes tulemusi sademeteseires saadud tulemustega, on näha, et  $\text{NH}_4\text{-N}$  depositsioon on kõrgeim Kagu-Eestis Otepää, Karula ja Haanja seirejaamadest kogutud proovides ning Kesk-Eestis Loodis, jäädes 3-6 kgN/ha/a vahele. Stabiilselt madal on kolme aasta lõikes ammoniaagi deponeerumine olnud Matsalu, Harku, Lahemaa ja Kunda seirejaamade veeproovides, keskmiselt 1-2 kgN/ha/a.  $\text{NO}_3\text{-N}$  depositsioon on modelleerimisandmete põhjal kõrgeim Tallinna ümbruses 3-5 kgN/ha/a, samas kui Harku seirejaama andmed  $\text{NO}_3\text{-N}$  deponeerumise osas on pigem madalad kuni 1,5 kgN/ha/a. Sarnaselt  $\text{NH}_4\text{-N}$  sadenemiskoormusega, on ka  $\text{NO}_3\text{-N}$  puhul vahemikus 2014-2016 depositsioon kõrgeim Kagu-Eesti seirejaamadest kogutud veeproovides (Haanja, Karula, Otepää) vastavalt 3-6,5 kgN/ha/a, modelleerimistulemused näitavad keskmiseks koormuseks 2-3 kgN/ha/a.  $\text{N}_{\text{Tot}}$  depositsiooni on kõrgeim Kesk-Eestis, Tallinna, Tartu, Rapla ning Viljandi ümbruses, jäädes 6-9 kgN/ha/a piiresse, samas kui seirejaamad näitavad kõrgeimat saastekoormust Kagu-Eestis, mis on 6-12 kgN/ha/a. Ehkki modelleerimistulemuste ning seirejaamades mõõdetud tulemuste osas esineb mõningaid erinevusi, ei näita kumbki meetod lämmastikuühendite sadenemiskoormuse ühest suurenemist Eestis, küll aga tulevad välja piirkondlikud iseärasused ning arvestades lämmastikuühendite heidete stabiilsust ka edaspidi, ei ole põhjust prognoosida sadenemiskoormuse olulist tõusu ka järgnevatel aastatel. See ei välista üksikutes piirkondades probleeme ammoniaagiga, nagu tööstuspiirkonnad, kus ammoniaagi kontsentratsioon välisõhus võib ületada 1 h ja 1 a kriitilist taset (Sillamäe) või põllumajanduspiirkonnad ja reoveepuhasti ümbrus, kus seoses sõnniku/reovee käitlusega võib esineda kõrgeenenud tasemeid ning ebameeldivat lõhna. Kõigi eelduste kohaselt, on sellised ilmingud lühiajalised ja lokaalse mõjuga. Eestis tervikuna ei ole ammoniaagi sadenemiskoormuse tõus täheldatav.



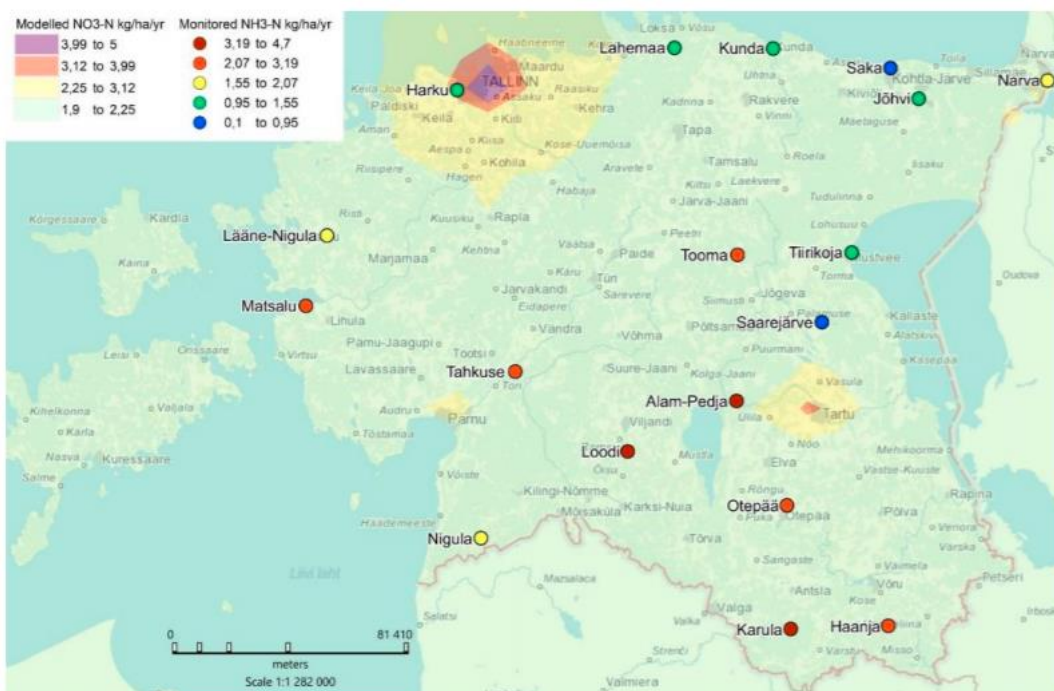
Joonis 31 NH<sub>4</sub>-N arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2014



Joonis 32 NH<sub>4</sub>-N arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2015

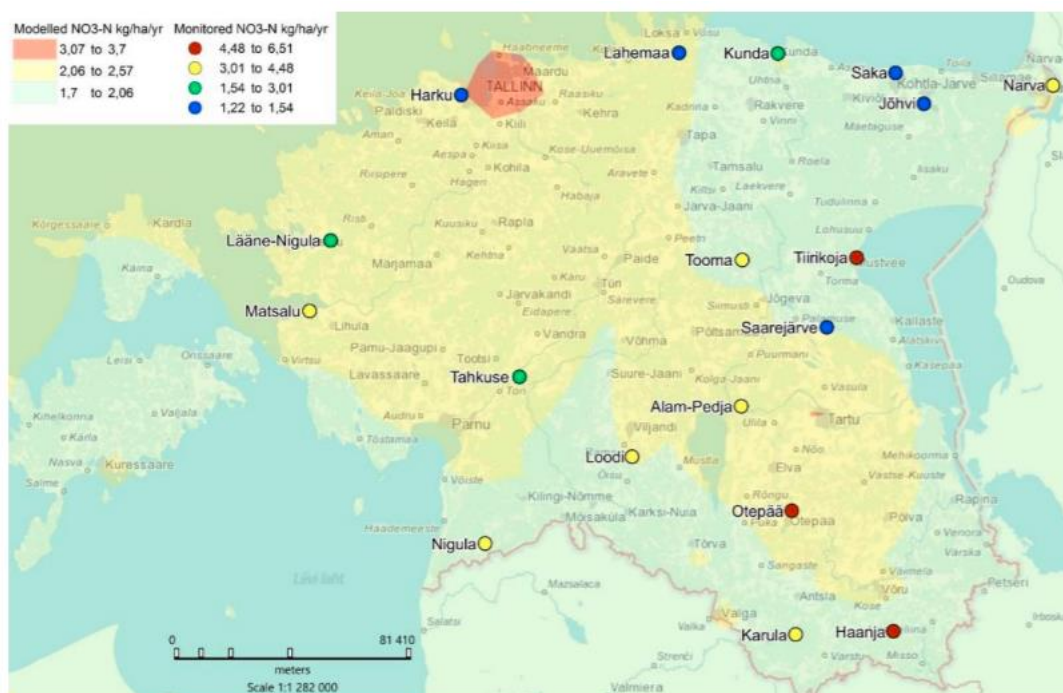


Joonis 33 NH<sub>4</sub>-N arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2016

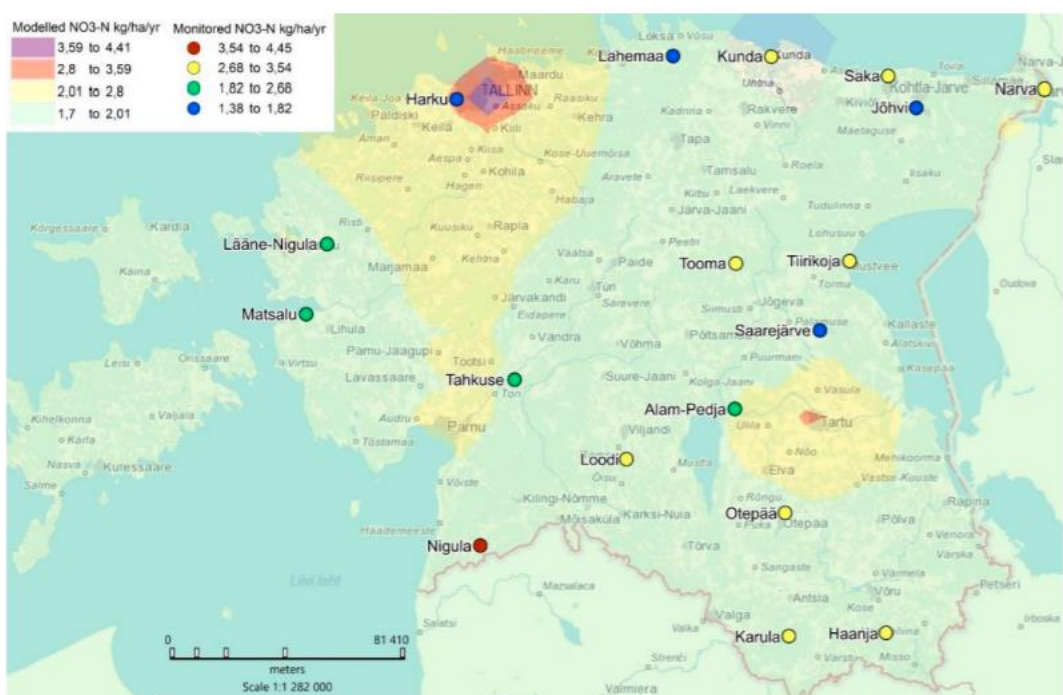


Joonis 34 NO<sub>3</sub>-N arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2014

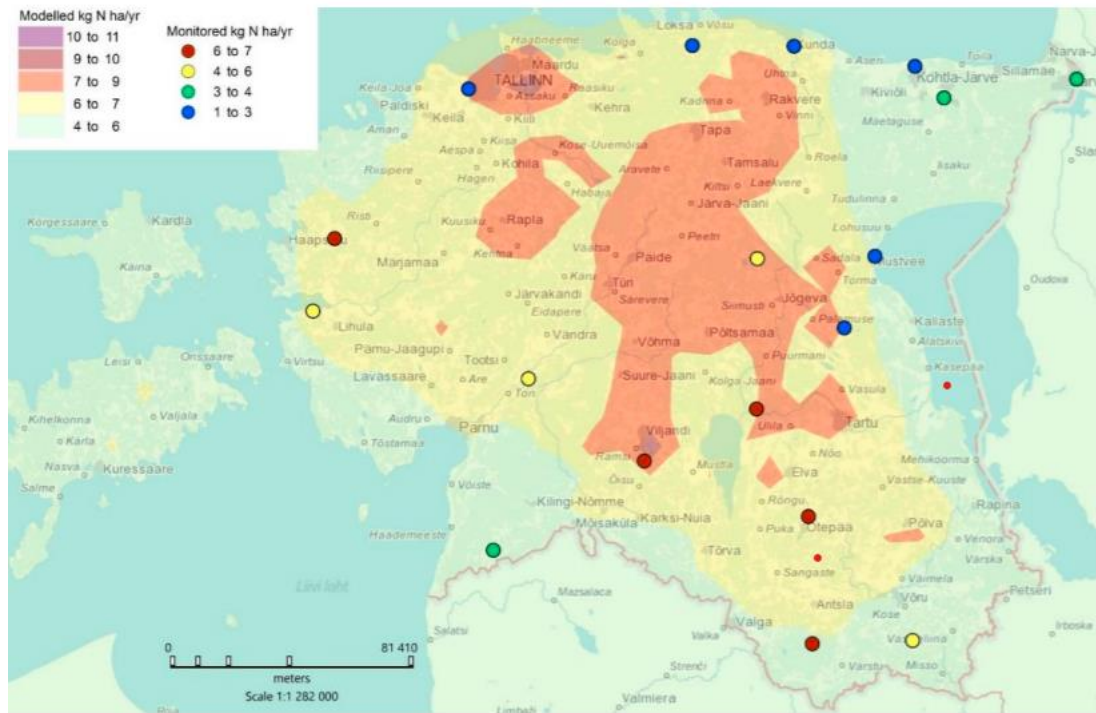
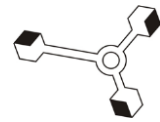




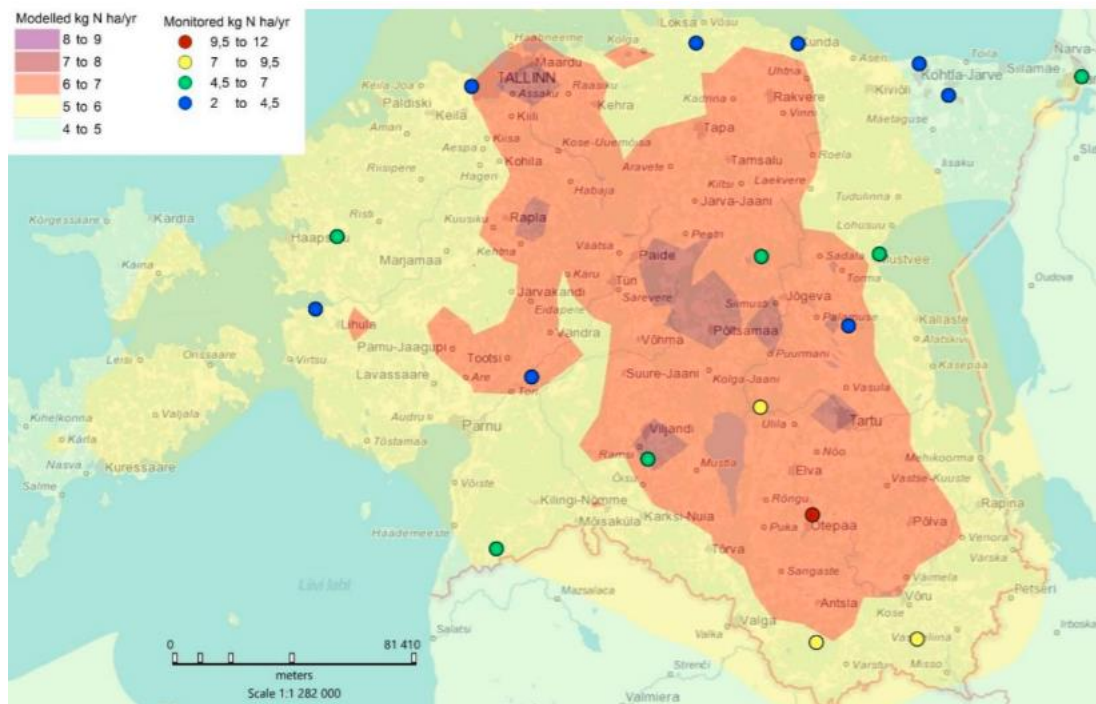
Joonis 35 NO<sub>3</sub>-N arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2015



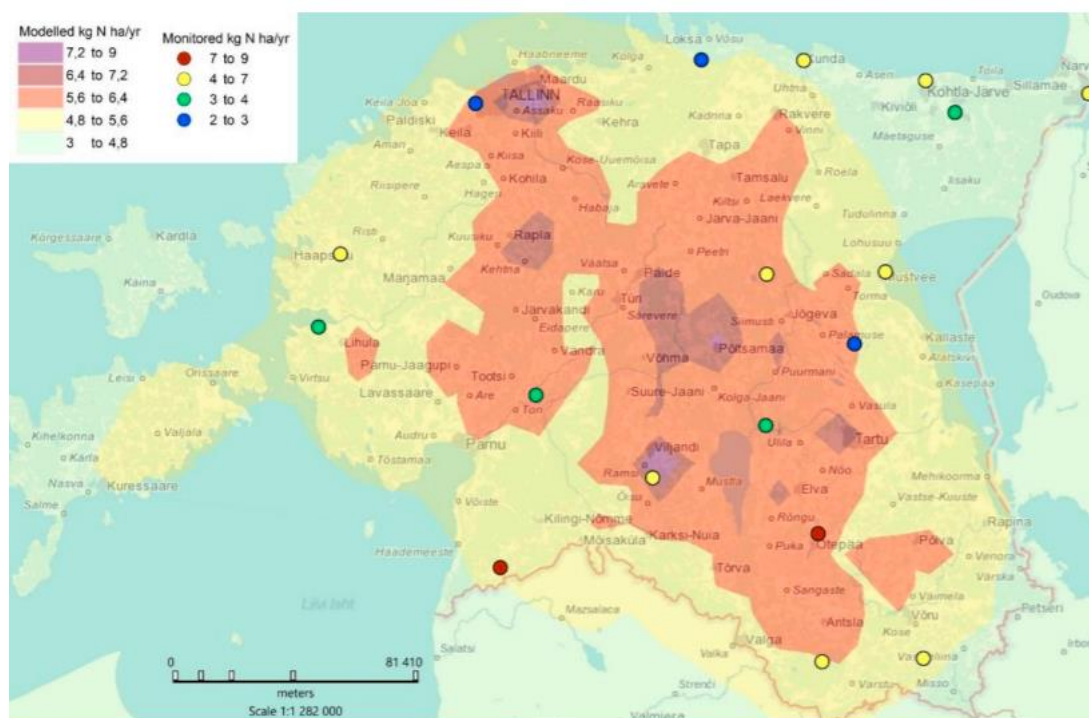
Joonis 36 NO<sub>3</sub>-N arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2016



Joonis 37  $N_{Tot}$  ( $NH_4-N+NO_3-N$ ) arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2014



Joonis 38  $N_{Tot}$  ( $NH_4-N+NO_3-N$ ) arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2015



**Joonis 39**  $N_{Tot}$  ( $NH_4-N+NO_3-N$ ) arvutuslik ja mõõdetud sadenemiskoormus Eestis, 2016

## 11.2 $NH_3$ tasemed Natura2000 aladel

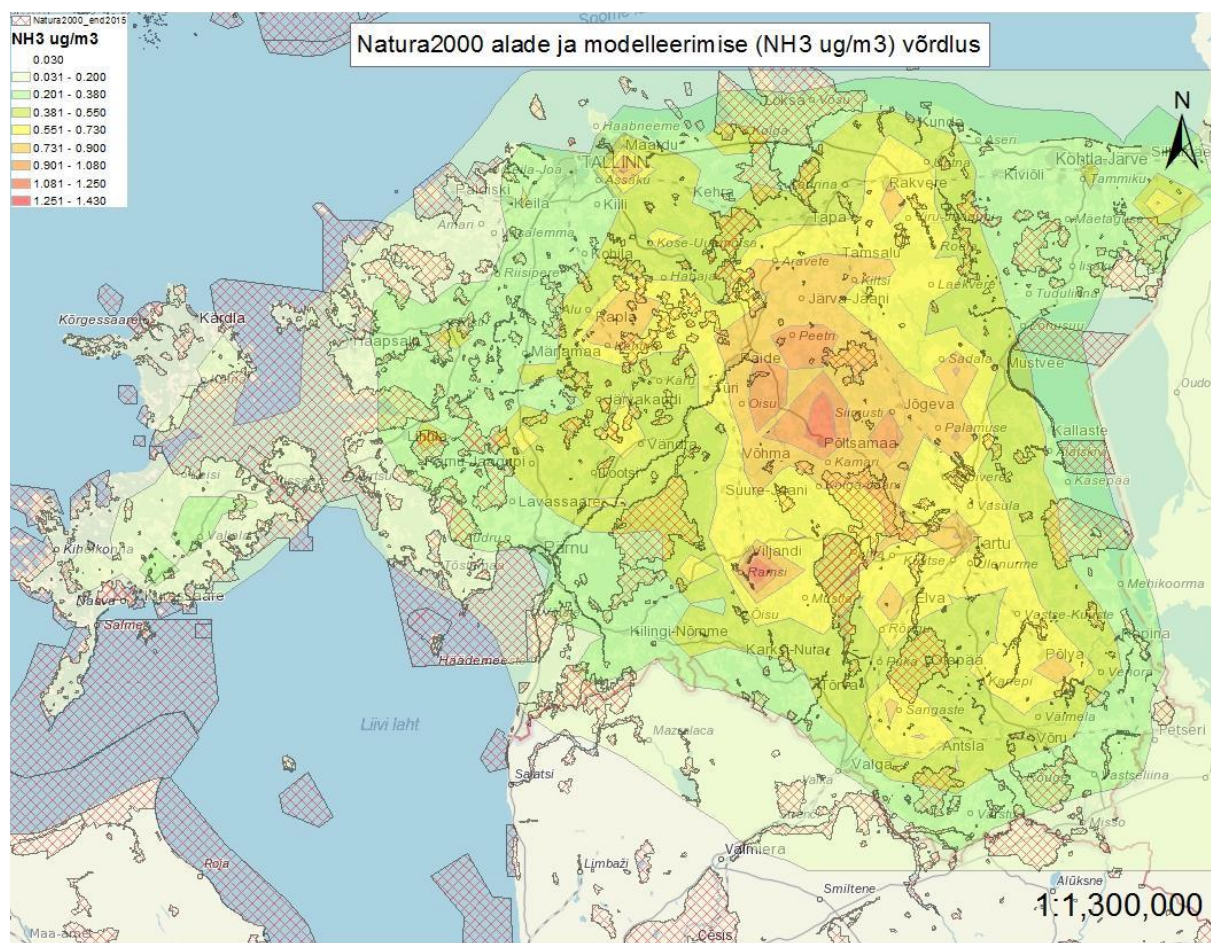
Järgnevalt analüüsiti  $NH_3$  tasemeid Natura2000 aladel (Joonis 40, Joonis 41). Eestis on Natura2000 alasid kokku 14 832,28 km<sup>2</sup>, kokku 568 alal. Alasid, kus modelleeritud  $NH_3$  tase oli suurem kui 1 µg/m<sup>3</sup>, oli kokku 2 – Kareda ja Silmsi soo Järvemaal. Teistel aladel olid arvutuslikud  $NH_3$  tasemed alla 1 µg/m<sup>3</sup>, mis tähendab, et  $NH_3$  sadenemiskoormus seal on keskmiselt 4 kgN/ha/a.

Lisaks hinnati  $NH_3$  tasemeid 6 ammoniaagitudliku samblikuliigi (*Pseudevernia furfuracea*, *Imshaugia aleurites*, *Hypogymnia physodes*, *Chaenotheca ferruginea*, *Bryoria fuscescens*, *Bryoria capillaris*) leiukohtades, mille koordinaadid pärinevad Tartu Ülikooli Ökoloogia ja Maateaduste instituudi lihhenoloogia töörühma poolt koostatud Eesti samblike e-infosüsteemist (eSEIS; <http://www.eseis.ut.ee>). Valdavalt jäävad samblike leiukohtades  $NH_3$  tasemed alla 1 µg/m<sup>3</sup> (Joonis 42 kuni Joonis 47), kuid 2 samblikuliigi (*Pseudevernia furfuracea*, *Hypogymnia physodes*) leiukohtades on täheldatavad  $NH_3$  aastakeskmised kontsentratsioonid mis küündivad veidi üle 1 µg/m<sup>3</sup>. *Hypogymnia physodes* leiukohad, kus  $NH_3$  aastakeskmised kontsentratsioonid on üle 1 µg/m<sup>3</sup>, asuvad Jõgevamaal (2 leiukohta Põltsamaa lähistel) ja Viljandimaal (1 leiukoht). *Pseudevernia furfuracea* puhul on

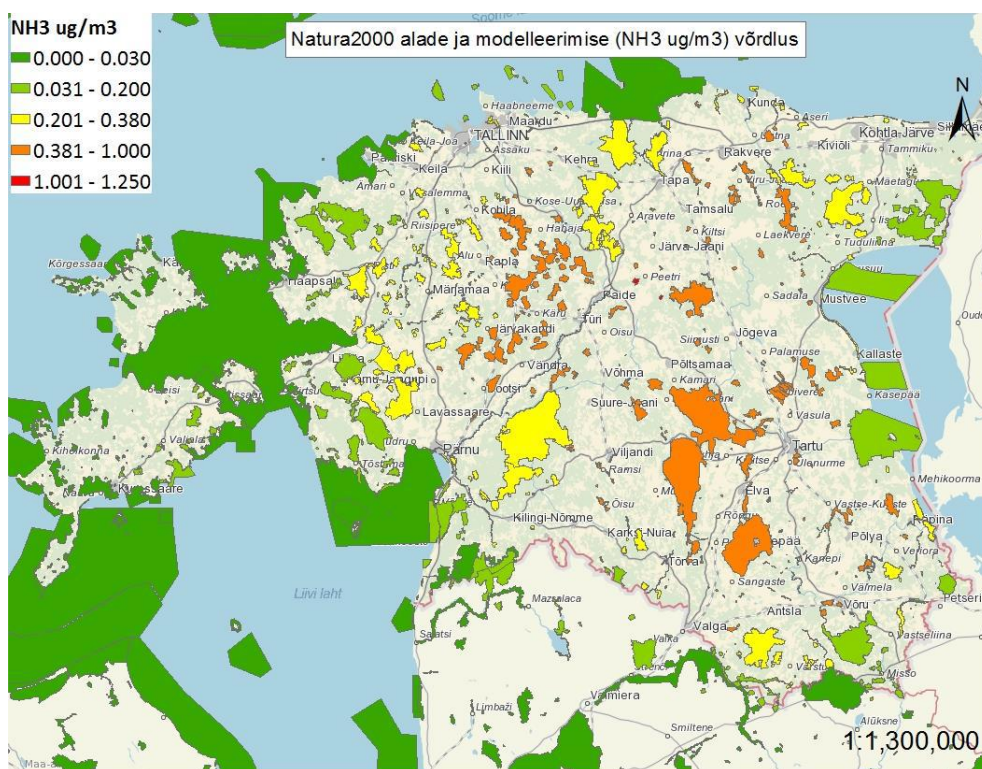




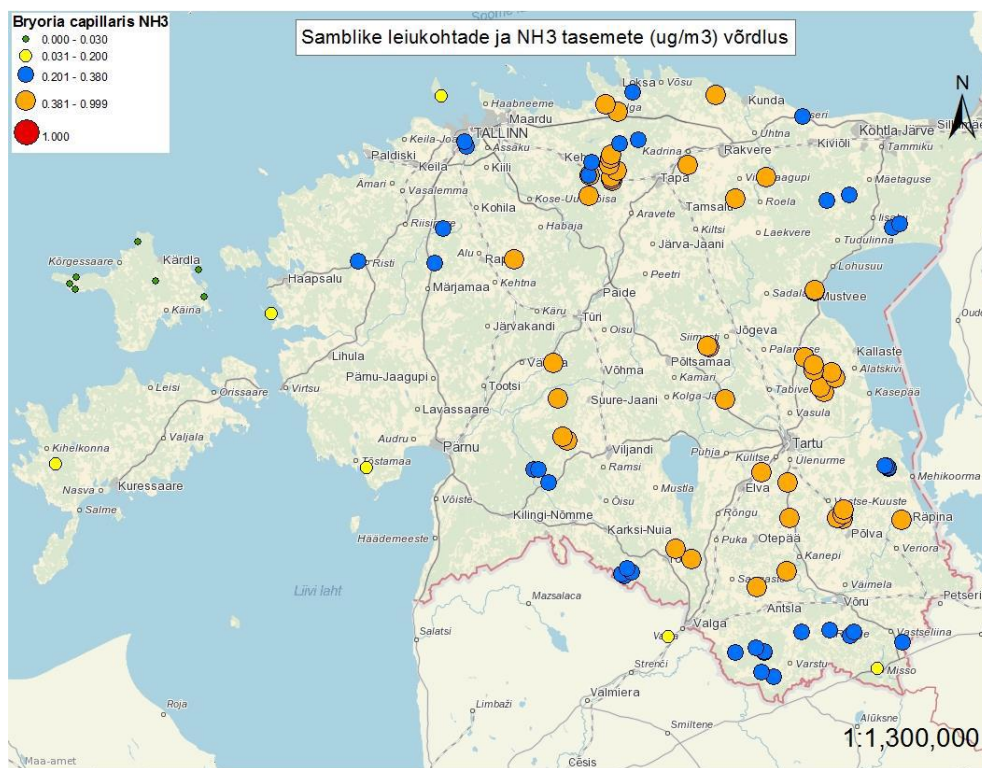
täheldatav 1 leiukoht Viljandimaal. Arvestades asjaoluga, et samblike seiret pole teostatud kindla sagedusega, siis tuleb suhtuda esitatud andmetesse teatava reservatsiooniga. Täpsemate andmete (leiukohad) saamiseks ning võimalike lämmastikuühendite mõjude hindamiseks samblikuliikidele, oleks vaja teostada samblike seiret teatava regulaarsusega ning mõjude hindamiseks kasutada rahvusvaheliselt üldtunnustatud meetodeid. Hetkel näitavad modelleerimistulemused aastaseks NH<sub>4</sub> sadenemiskoormuseks ammoniaagitundlike samblikuliikide leiukohtades 4 kgN/ha/a, st vähem kui kriitiline tase, mis tähendab, et sellise taseme juures ei avaldu ka negatiivne mõju samblikele.



Joonis 40 NH<sub>3</sub> tasemed ja Natura2000 alade paiknemine

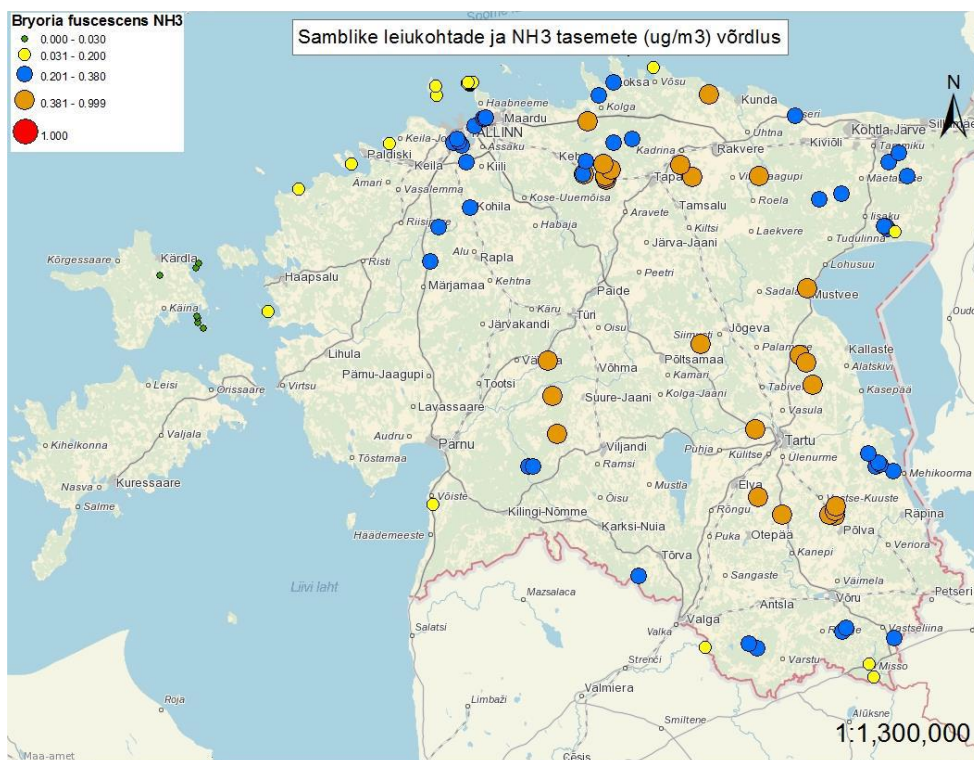


Joonis 41 NH<sub>3</sub> tasemed Natura2000 aladel



Joonis 42 NH<sub>3</sub> tasemed *Bryoria capillaris* leiukohtades

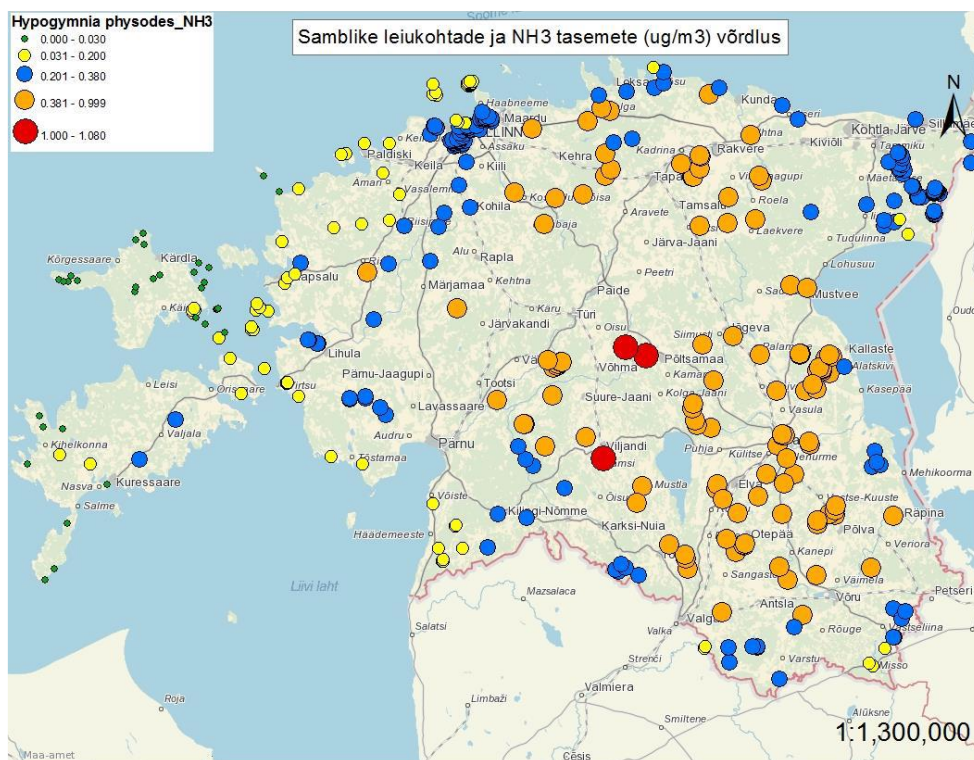




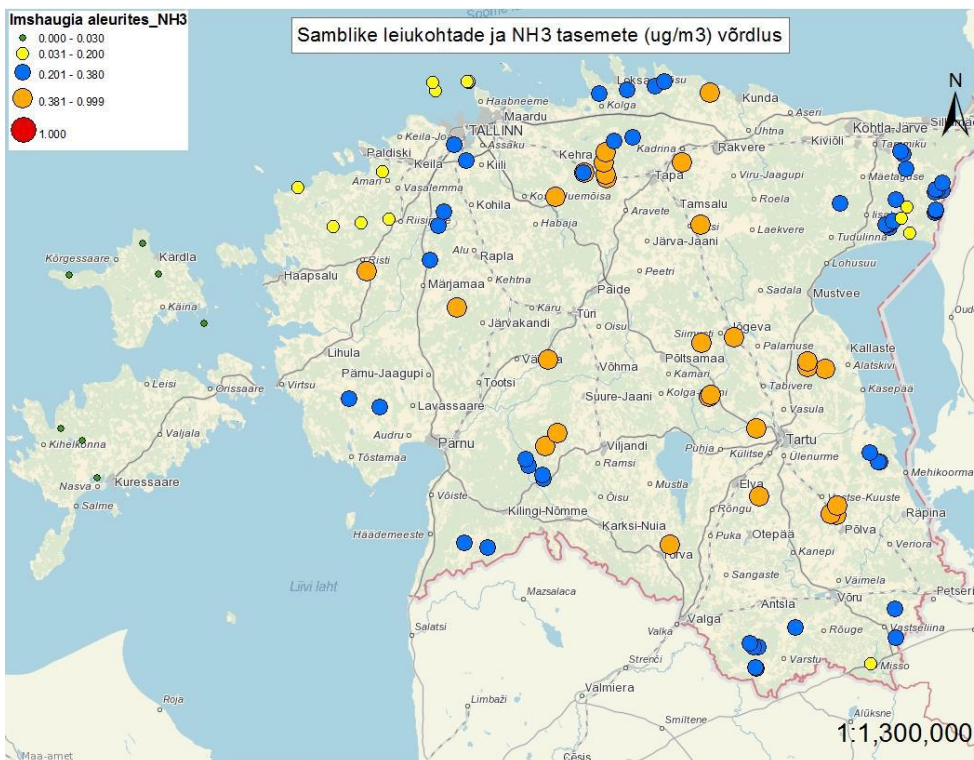
Joonis 43 NH<sub>3</sub> tasemed *Bryoria fuscenscens* leiukohtades



Joonis 44 NH<sub>3</sub> tasemed *Chaenotheca ferruginea* leiukohtades

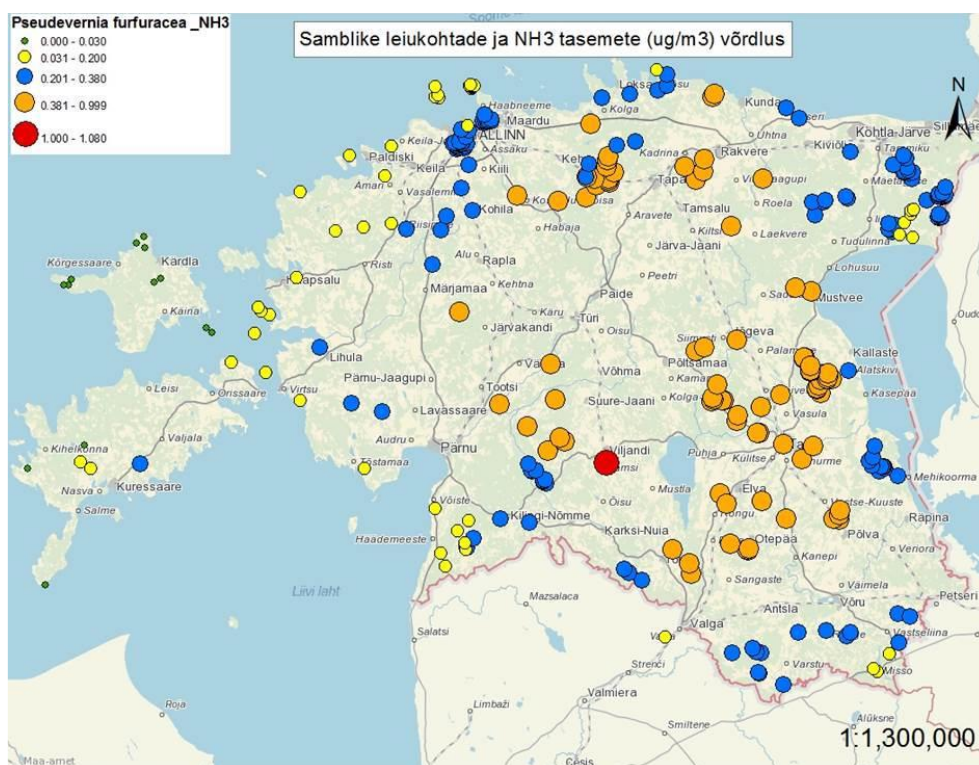


Joonis 45 NH<sub>3</sub> tasemed *Hypogymnia physodes* leiukohtades



Joonis 46 NH<sub>3</sub> tasemed *Imshaugia aleurites* leiukohtades



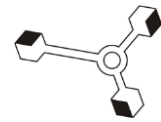


Joonis 47  $\text{NH}_3$  tasemed *Pseudevernia furfuracea* leiukohtades

## 12. Kokkuvõte

Käesoleva töö eesmärgiks oli kaardistada Eesti keskkonnaseire tegevused direktiivi 2016/2284/EL (NEC-direktiiv) artikkel 9 seisukohast ning hinnata saasteainete sadenemiskoormusi, nende kriitilisi tasemeid ja võimalikke mõjusid ökosüsteemidele. Kui esimene osa tööst keskendus NEC-direktiivi artikkel 9 lõikes kõikidele saasteainetele, nende seiramisele erinevate keskkonnaprogrammide raames ning seiresagedustele, võrreldes soovituslikke ja tegelikke sagedusi, siis teine osa tööst ehk sadenemiskoormuste mõjude hinnang on teostatud vaid lämmastikuühendite kohta.

Ammoniaak saastab õhku ning põhjustab sadenedes veekogude eutrofeerumist ja kaudselt ka muldade hapestumist. Atmosfääris tekivad mitmesuguste keemiliste reaktsioonide tagajärjel ammoniaagist sekundaarsed peenosakesed. Ligikaudu 90%  $\text{NH}_3$  Eesti aastasest heitkogusest pärineb põllumajandusest, mis tähendab, et ammoniaagi saastetaseme muutus välisõhus ning sadenemiskoormused erinevates ökosüsteemides on otseselt seotud põllumajandusega (kohati ka



tööstusallikatega) ning seal rakendatavate nõuete ja meetmete efektiivsusega. Kuna ammoniaak on üks olulisim saasteaine, mis looduslikku tasakaalu ning ökosüsteemide funktsioneerimist võib olulisel määral mõjutada, toodi välja ammoniaagi heidete, saastetasemete ning sadenemiskoormuste muutused viimase viie aasta jooksul ning arvutuslik hinnang  $\text{NH}_4$  sadenemiskoormuste kohta Eestis üldiselt, NATURA2000 aladel ja 6 ammoniaagitundliku samblikuliigi (*Pseudevernia furfuracea*, *Imshaugia aleurites*, *Hypogymnia physodes*, *Chaenotheca ferruginea*, *Bryoria fuscescens*, *Bryoria capillaris*) leiukohtades.

NEC-direktiivi artikkel 9 täitmist kontrolliti lähtuvalt sademeseire, kompleksseire, metsaseire, mullaseire ning magevee seire programmide, mille alusel kaardistati magevee- ja maismaaökosüsteemide seirenäitajad, mõõtmiste sagedus ning seirenäitajate pikaajalised muutused. Erinevate keskkonnaseire allprogrammidega on kaetud enamuse NEC-direktiivi artikkel 9 lisas V käsitletud seirenäitajad, mõnel juhul esineb ka dubleerimist, st seirenäitajaid mõõdetakse mitme erineva allprogrammi raames. Mõõtekohad on siiski erinevad ning pigem annab nõ mõõtmiste dubleerimine laiemat pildi ökosüsteemide üksikute osade kvaliteedinäitajatest, mis andmete kõrvutamisel näitab ära ka piirkondlikud iseärasused. Mulla keemilist analüüsi teostatakse Eestis kolmes allprogrammis, milleks on kompleksseire, metsaseire ning mullaseire, kusjuures kui kaks esimest kirjeldavad metsamuldade omadusi, siis mullaseire allprogramm keskendub hetkel veel põllumuldadele. Magevee ökosüsteemide muutusi iseloomustavaid seirenäitajaid määratakse nii kompleksseire kui pinnaveekogude seire raames kord aastas nagu on soovituslik ka NEC-direktiivi lisas V. Võrreldes Eesti keskkonnaseire programmide raames teostatavat mulla- ja mullavee seire sagedust soovitusliku seire sagedusega, on näha, et valdavalt on vähemalt ühe allprogrammiga soovituslik seire sagedus tagatud, erandiks on mulla pH, aluseliste katioonide omastatavate fraktsioonide (küllastusaste) ja omastatava alumiiniumi määramine mullas, mis võiks toimuda sarnaselt teiste näitajatega kord aastas, ent tegelikkuses on seiresagedus kord 5. aasta jooksul (kompleksseire, mullaseire) või kord 10-20. aasta jooksul (metsaseire). Kompleksseire raames viiakse läbi taimestikuseiret intensiivalal, metsaseireprogrammis käsitleb taimestikku võra seisundi ja kahjustuste seire ning alustaimestiku seire. Kompleksseire keskendub lisaks erinevate seirenäitajate määramisele ka biomassi muutuse, liigilise koosseisu, metsakahjustuste ning fenoloogia hindamisele meteoroloogiliste tingimuste, õhuseire andmete ning mullaveekeemia kaudu. Maapinnalähedase osooni mõju ning kahjustuste avaldumise hindamist taimekasvule ja bioloogilisele mitmekesisusele ükski keskkonnaseire allprogramm ei käsitle.



Ammoniaagi heidete analüüs näitas, et viimaste aastate jooksu on põllumajanduslik ammoniaagi heide jäänud samale tasemele, vähenenud on transpordisektorist ja tööstussektorist pärit ammoniaagi hulk, samas summaarne ammoniaagi heide sektoriteüleselt jääb endiselt 10 000 t/a piiresse. Peamiselt sõltub ammoniaagi heite suurus põllumajandussektorist, transpordi- ja tööstussektori osakaalud on Eestis tervikuna pigem marginaalse tähtsusega. Piirkonniti on siiski täheldatav tööstussektori mõju, mida näitavad seirejaamade (Sillamäe, Kohtla-Järve) lühiajalised kõrgeenenud ammoniaagi sisaldused välisõhus, viidates inimtegevuse mõjule. Nii Sillamäel kui Kohtla-Järvel on tööstuste osakaal suur ning sellest tulenevalt ka ammoniaagi tasemed kõrgemad tavapärasest linnakeskkonnast. Ehkki ammoniaak püsib õhus 1-5 päeva, siis on tööstuslikud allikad (ventilatsioonid, pindallikad, laadimisprotsessid) pigem madalad, mis teeb ammoniaagist pigem kohaliku tähtsusega saasteaine, sõltudes konkreetsetes piirkonnas olevatest allikatest. Mida kauem ammoniaak õhus püsib, seda kaugemale saasteaine levib, koos sellega toimub ka segunemine teiste õhusaakestega ning ammoniaagi kontsentratsiooni nõ lahjenemine. Erinevate seireprogrammide raames (komplekseire, metsaseire, sademeseire) mõõdetud ammoniaagi sadenemiskoormused, ei näita viimase viie aasta (2015-2019) lõikes saastekoormuse suurenemist proovivõtualadel. Kokku hinnati ammoniaagi sadenemist 19. punktis üle Eesti. Valdavalt jäävad tasemed < 5 kgN/ha/a, jäädes soovitusliku kriitilise taseme piiresse, milleks on samuti 5 kgN/ha/a. Mõningane kõikumine seirejaamati ja aastate lõikes on iga-aastaste seirearuannete põhjal tingitud sademete vähesusest mõõteperioodil.

Lämmastikuühendite modelleeritud saastekoormus oli üsna hästi kooskõlas seiretulemustega. Suurim erinevus oli lämmastikuühendite sadenemiskoormuse jagunemises Eestis tervikuna, ent kuna seirejaamad ei kata kogu Eestit, siis ei saa kindlalt väita, et modelleeritud maksimumid Kesk-Eestis on ülehinnatud, ülejäänud seirejaamade osas kattusid modelleeritud ja seiratud tulemused üsna hästi. Kui modelleeritud tasemed olid kõrgeimad pigem Kesk-Eestis, siis sademeseire tulemused näitasid lämmastikuühendite sadenemist enim Kagu- ja Lõuna-Eestis. Põhja-Eesti seirejaamade näitajad olid väiksemad. Hoolimata piirkondlikust erinevusest modelleeritud ja seiratud saastekoormuste vahel, olid arvutuslikud saastekoormused küllalt hästi vastavuses modelleeritud saastekoormustega seirejaamade paiknemisaladel.  $\text{NH}_4\text{-N}$  ja  $\text{NO}_3\text{-N}$  mõõdetud maksimumid olid vastavalt 3-4,6 kgN/ha/a ja 2-4 kgN/ha/a piires ning  $\text{N}_{\text{Tot}}$  7-9 kgN/ha/a (Otepää seirejaamas 2015 9-12 kgN/ha/a), modelleerimistulemused näitasid samas piirkonnas  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  ja  $\text{N}_{\text{Tot}}$  tulemuseks vastavalt 3-4 kgN/ha/a, 2-3 kgN/ha/a ja 6-7 kgN/ha/a.



Maksimaalsed aastakeskmised  $\text{NH}_3$  tasemed küündivad taustaaladel (põllumajanduspiirkonnas) maksimaalselt kuni 1,5 (2)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Puhastel taustaaladel on tasemed enamasti alla 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Linnades ja tööstuslike saasteallikate läheduses on keskmised  $\text{NH}_3$  tasemed kõrgemad, jäädes vahemikku 4 kuni 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . NATURA2000 aladel 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Samblike leiukohtades jäävad  $\text{NH}_3$  tasemed enamasti alla 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , kuid 2 samblikuliigi (*Pseudevernia furfuracea*, *Hypogymnia physodes*) leiukohtades on täheldatavad  $\text{NH}_3$  aastakeskmised kontsentratsioonid mis küündivad veidi üle 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .  $\text{NH}_3$  kontsentratsiooni 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  juures sadeneb 3-5 kgN/ha/a, mis näitab, et kriitilist koormust NATURA2000 ega samblike leiukohtades ei ületata. Tõenäoliselt jäävad ammoniaagi tasemed ja sadenemiskoormus ka edaspidi samasse suurusjärku, sõltudes lisaks kohalike tööstuste tegevuse intensiivsusele olulisel määral ka ilmastikust ning kuivsadnemise ja märgsadnemise vahekorradest.

#### Järeldused:

1. NEC-direktiiv artikkel 9 raames ei käsitleta osooni kahjulikku mõju ökosüsteemidele ühegi seireprogrammi raames.
2. NEC-direktiiv artikkel 9 raames ei ole soovituslik seiresagedus (1 kord aastas) mulla pH, aluseliste kationide omastatavate fraktsioonide (küllastusaste) ja omastatava alumiiniumi määramisel mullas tagatud.
3. Võimalike lämmastikuühendite mõjude hindamiseks samblikuliikidele, oleks vaja teostada samblike seiret teatava regulaarsusega.
4. Ammoniaagi pidevseiret teostatakse vaid kahes seirejaamas Põhja-Eestis, mistõttu on ka mudeli andmete valideerimine seirejaama andmete alusel piiratud ning tuleb arvestada teatud üldistustega saastetasemete modelleerimisel.
5. Lämmastikuühendite heide, saastetasemed ega saastekoormus ei näita ühest kõrgenemistrendi, pigem on näitajad Eestis tervikuna aastate lõikes jäänud samale tasemele või langustrendis.
6. Lämmastikuühendite sadenemiskoormus ei ületa ühelgi juhul (seire ja modelleerimine) kriitilise taseme väärtuseid ökosüsteemidele, jäädes Eesti keskmiselt 5 kgN/ha/a piiresse, olles üksikutel juhtudel vahemikus 9-12 kgN/ha/a.
7. Kuna ammoniaak ja lämmastikuühendid on magevee ökosüsteemidele suureks ohuks, põhjustades veekogu eutrofeerumist, siis võiks ka Eesti pinnavee seire programm sisaldada lämmastikuühendite sadenemiskoormuste hindamist, hetkel on kajastatud lämmastikuühendite sisaldus vees.