

Aruanne

Riikliku keskkonnaseire programmi
välisõhu allprogrammi seiretöö

SADEMETE SEIRE 2024.A.

Tartu 2025



Riikliku keskkonnaseire programmi
välisõhu allprogrammi seiretöö

Sademetete seire 2024.a.

Lõpparuanne

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ 2025

Kinnitas:

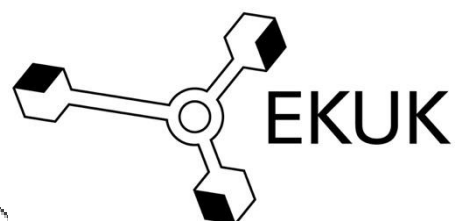
Katri Vooro

Keskkonna- ja analüütilise keemia osakonna juhataja

Aruande koostaja:

Kairi Lõhmus

Tartu osakonna spetsialist





2024. aasta sademete keemia seiretöö viidi läbi halduslepingu nr 1-6/19/5 eraldise kasutamise lepingu 4-4/24/2 Lisa 6 alusel.

Tellijä: Kliimaministeerium

Seiret läbiviiv organisatsioon: OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus (EKUK)

Aruande koostaja: Kairi Lõhmus

E-mail: kairi.lohmus@klab.ee

Annotatsioon

Sademetö keemia seire eesmärk on saada ülevaade sademetega langevast saastekoormusest ja kauglevi teel liikuvatest saasteainetest, nende olekust, püsivusest ja mõjust keskkonnale. Saadud tulemuste alusel modelleeritakse ja valideeritakse saastekoormuste mudeleid ning hinnatakse õhusaaste koormust veekogudele, taimedele, mullaviljakusele ning väikeökosüsteemidele. Sadenemisvoogude info võimaldab hinnata ka saasteainete eemaldumise kiirust atmosfäärist.

Aruandes esitatakse 2024. aasta sademetö keemia seire tulemused 11 seirejaamast (Haanja, Mustvee, Nigula, Tahkuse, Tooma, Jõhvi, Kunda, Lääne-Nigula, Narva, Veskimetsa ja Lahemaa). Saadud tulemuste põhjal arvutatakse saasteainete koormused keskkonnale ning vaadeldakse pikemaajalisi suundumusi. Sademetö seiretulemusi võrreldakse ka kompleksseire (Saarejärve ja Vilsandi) ja metsaseire (Karepa, Karula, Pikasilla, Sagadi, Tõravere, Vihula) avamaa sademetö tulemustega.

Lahemaa ja Vilsandi seiretulemused esitatakse rahvusvahelise koostööprogrammi EMEP (piiriülese õhusaaste kauglevi seire ja -hindamise programm Euroopas) andmebaasi haldajale NILU (Norra õhuuringute instituut).



NATIONAL MONITORING PROGRAM

SUBPROGRAM. PRECIPITATION CHEMISTRY, Report of the survey 2024.

Compiled by Kairi Lõhmus

Estonian Environmental Research Centre, Tartu 2025.

Annotation

The overall aim of monitoring precipitation chemistry is to assess substance loads from wet deposition, to get an overview of the pollution loads of transboundary transport, and status, persistence and environmental impact of the pollutants. The results help to model atmospheric deposition of air pollution, assess emissions, the quantity and significance of transboundary fluxes and exceedances to critical loads and threshold levels of small ecosystems.

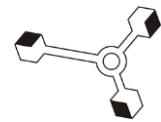
The results of the 2024 survey from 11 precipitation monitoring stations (Haanja, Mustvee, Nigula, Tahkuse, Tooma, Jõhvi, Kunda, Lääne-Nigula, Narva, Veskimetsa and Lahemaa) will be presented in the report. Gathered data allows to calculate substance loads to the environment and monitor changes in trends. The results of precipitation monitoring programme will be compared to the results from integrated monitoring (Saarejärve and Vilsandi) and forest monitoring (Karepa, Karula, Pikasilla, Sagadi, Tõravere, Vihula) precipitation chemistry.

The results of the monitoring programmes from Lahemaa and Vilsandi will be sent to the designated international data base keeper for EMEP (Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe) – Norwegian Institute for Air Research (NILU).



Sisukord

Annotatsioon	1
Annotation	2
Tabelid.....	5
Joonised	5
1 Sissejuhatus.....	7
2 Seireprogrammi kirjeldus.....	8
2.1 Sademete seireprogrammi ajalugu	8
2.2 Metoodika	8
3 Seire tulemused	10
3.1 Sademete hulk.....	11
3.2 Sademete elektijuhtivus ja pH.....	12
3.3 Hapestavad komponendid	15
3.3.1 Sulfaatse väevli sisaldus sademetes.....	15
3.3.2 Kloriidide sisaldus sademetes	18
3.3.3 Nitraatlämmastiku sisaldus sademetes.....	19
3.4 Katioonide sisaldused sademetes	21
3.4.1 Ammooniumlämmastiku sisaldused sademetes.....	22
3.4.2 Kaltsiumi sisaldused sademetes.....	24
3.4.3 Magneesiumi sisaldused sademetes.....	26
3.4.4 Naatriumi sisaldused sademetes	28
3.4.5 Kaaliumi sisaldused sademetes.....	30
3.5 Hüdrokarbonaat	32
3.6 Raskmetallide sisaldused sademetes	35
3.7 Üldfosfori ja –lämmastiku sisaldused sademetes	41
3.8 Kloororgaanilised saasteained ja PAH Lahemaa sademetes	43
4 Trendid	44
5 Kokkuvõte	47



Lisa 1. Analüüsitavate näitajate määramiseks kasutatavad meetodid.....	50
Lisa 2. 2024. aasta oktoobri alguses esinenud „porised“ sademed Tahkuse seirejaams.	51
Lisa 3. Sademete seire raames analüüsitavate komponentide sisalduste muutused 2015-2024. aastatel.....	52



Tabelid

Tabel 1. Sademete seirejaamad ja nende koordinaadid (*metsaseire alad).	9
Tabel 2. Sademete hulk 2024. aastal sademetekeemia ja kompleksseire jaamades.	12
Tabel 3. Sademete pH seirejaamades 2024. aastal.	14
Tabel 4. Sademete parameetrite hindamiskaala (anioonid).	15
Tabel 5. Sademete SO ₄ -S sisaldused (mgS/l) 2024. aastal.	16
Tabel 6. Kloriidide (mg/l) sisaldused 2024. aastal.	18
Tabel 7. NO ₃ -N (mgN/l) sisaldused 2024. aastal.	20
Tabel 8. Sademete parameetrite hindamiskaala (NH ₄ -N, K ⁺ , Mg ²⁺).	21
Tabel 9. NH ₄ -N (mgN/l) sisaldused sademetes 2024. aastal.	23
Tabel 10. Kaltsiumi sisaldused (mg/l) 2024. aastal.	25
Tabel 11. Magneesiumi sisaldused (mg/l) 2024. aastal.	27
Tabel 12. Naatriumi sisaldused (mg/l) 2024. aastal.	29
Tabel 13. Kaaliumi sisaldused (mg/l) 2024. aastal.	31
Tabel 14. Sademete hüdrokarbonaadi sisaldused (mg/l) 2024. aastal.	33
Tabel 15. Raskmetallide kaalutud keskmised sisaldused (µg/l) 2024. aastal.	35
Tabel 16. Üldfosfori ja -lämmastiku sadenemiskogused 2024. aastal.	42
Tabel 17. Trendid sademete seirejaamades aastatel 2015-2024.	45
Tabel 18. "Porised" sademed Tahkusel.	51

Joonised

Joonis 1. Sademete- ja kompleksseire jaamad.	7
Joonis 2. Sademete kogumiskoormus (vasakul lume, paremal vihmavee kogumiseks).	9
Joonis 3. Sademete hulk (mm) 2024. aastal sademete ja kompleksseire jaamades ning jaamade keskmine.	11
Joonis 4. Sademete elektrijuhtivus 2024. aastal sademete- ja kompleksseire jaamades.	13
Joonis 5. Sulfaatse väevli kontsentratsioonid sademetes 2024. aastal.	16
Joonis 6. Sulfaatse väevli sadenemiskoormus 2024. aastal.	17
Joonis 7. Kloriidide sadenemiskoormus 2024. aastal.	19
Joonis 8. Nitraatlämmastiku sadenemiskoormus 2024. aastal.	21
Joonis 9. NH ₄ -N kontsentratsioonid (mgN/l) sademetes 2024. aastal.	22

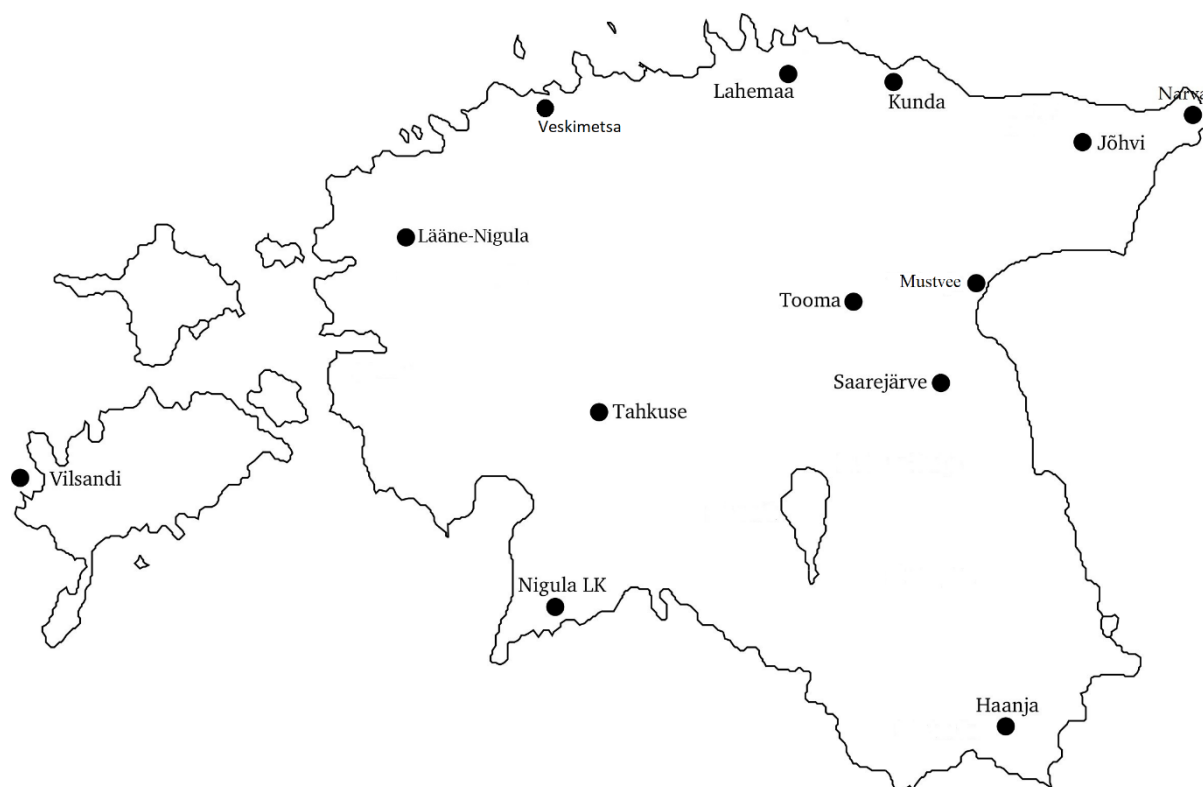


Joonis 10. Amooniumlämmastiku sadenemiskoormus 2024. aastal.	24
Joonis 11. Kaltsiumi sadenemiskoormus 2024. aastal.	26
Joonis 12. Magneesiumi sadenemiskoormus 2024. aastal.	28
Joonis 13. Naatriumi sadenemiskoormus 2024. aastal.	30
Joonis 14. Kaaliumi sisaldused (mg/l) sademetes 2024. aastal.	31
Joonis 15. Kaaliumi sadenemiskoormus 2024. aastal.	32
Joonis 16. Hüdrokarbonaat (mg/l) sademetes 2024. aastal.	33
Joonis 17. Hüdrokarbonaatide sadenemiskoormus 2024. aastal.	34
Joonis 18. Kaadmiumi sisaldused sademetes 2024. aastal.	36
Joonis 19. Vase sisaldused sademetes 2024. aastal.	37
Joonis 20. Plii sisaldused sademetes 2024. aastal.	38
Joonis 21. Tsiingi sisaldused sademetes 2024. aastal.	39
Joonis 22. Raskmetallide sadenemiskoormused 2024. aastal.	39
Joonis 23. Nikli sisaldused (µg/l) sademetes 2024. aastal.	40
Joonis 24. Elavhõbeda sadenemiskoormus 2024. aastal.	41
Joonis 25. Üldfosfori sadenemiskoormus 2024. aastal.	42
Joonis 26. Üldlämmastiku sadenemiskoormus 2024. aastal.	43
Joonis 27. Olulisemad muutused Mustvee sademetes.	52
Joonis 28. Olulisemad trendid Tooma sademetes.	52
Joonis 29. Olulisemad trendid Kunda sademetes.	53
Joonis 30. Muutused amooniumlämmastiku sisaldustes Lääne-Nigula sademetes.	53
Joonis 31. pH trend Narva sademetes.	54
Joonis 32. Olulisemad trendid Lahemaa sademetes.	54



1 Sissejuhatus

Alates 2019. aasta algusest on Eestis 11 sademete keemia seirejaama ja 2 kompleksseire jaama (**Joonis 1**). Seirejaamad jagunevad rahvusvaheliste koostööprogrammide lõikes järgmiselt: EMEP - õhusaaste kaugkande mõõtmine ja hindamine Euroopas, kompleksseire (ICP IM), metsaseire (ICP Forests), sademete keemia seire. Olenemata seireprogrammi nimetusest on sademete seire eesmärgiks koguda informatsiooni erinevatele Eesti piirkondadele langeva saastekoormuse kohta. Saadud tulemuste alusel on võimalik hinnata taimede saagikust, mullaviljakust ja ka otseselt inimtegevusest puutumata ökosüsteemides aset leidvaid muutusi ning toitainete koormusi veekogudele. Saasteainete sadenemisvoogude teadmine võimaldab hinnata ka nende eemaldumise kiirust atmosfäärist ja mõju inimeste poolt kasutatavatele materjalidele roostetamise, kivimite murenemise jt. protsesside läbi.



Joonis 1. Sademete- ja kompleksseire jaamad.

2024. aastal jätkati sademete seiret vastavalt Kliimaministeeriumi ja Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ (EKUK) vahel sõlmitud lepingule. Seireproovid analüüsiti OÜ Eesti Keskkonnauuringute keskuse laborites. Aruandes käsitletakse saasteainete levikut Eestis kokku üheteistkümne sademete ja kahe kompleksseire (Vilsandi ja Saarejärve) jaama 2024. aasta analüüsitulemuste põhjal. Lisaks kasutatakse vastavalt sademete seire lepingule võrdlevalt kuue metsaseirejaama analüüsitulemusi. Metsaseire proovid on võetud Keskkonnaagentuuri poolt ning analüüsitud OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuses.



Kuna Vilsandi ja Lahemaa seirejaam kuuluvad rahvusvahelisse EMEP võrgustikku, siis esitatakse nendest kahest jaamast kogutud kõikide sademete proovide analüüsitulemused spetsiaalses formaadis järgneva aasta 31. juuliks rahvusvahelisse EMEP andmebaasi. Lahemaa jaamas jätkati 2024. aastal sademeteproovide kogumist PAH, PCB ja kloororgaaniliste ühendite analüüsimiseks (kokku 32 proovi).

2 Seireprogrammi kirjeldus

2.1 Sademete seireprogrammi ajalugu

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ viib sademete keemia seiretöid läbi alates 1994. aastast. Sademete seiret alustati Eestis 1994. aastal viies hüdrometeoroloogia jaamas: Harku, Kunda, Jõhvi, Tooma, Tiirikoja, järgnevatel aastatel lisandus 11 seirejaama.

2019. aasta alguseni toimus sademete keemia seire kuueteistkümnnes seirejaamas. 2019-ndast aastast alates töötab sademete seirejaamade võrgustik vähendatud mahus. Sademete proovide kogumine otsustati lõpetada Matsalu, Saka, Alam-Pedja, Loodi, Otepää ja Karula jaamades. Osades jaamades vähendati analüüsitavate näitajate nimekirja.

2023. aasta lõpus viidi Harku seirejaama sademete koguja üle Veskimetsa, sest Harkus ei olnud enam võimalik sademeid koguda.

Eesti keskmiste saasteainete kontsentratsioonide arvutamisel on kasutatud lisaks sademete seirejaamadele ka Vilsandi ja Saarejärve seirejaamade andmeid, seega on võimalik anda hinnang 13 jaama mõõtmistulemuste põhjal.

2.2 Metoodika

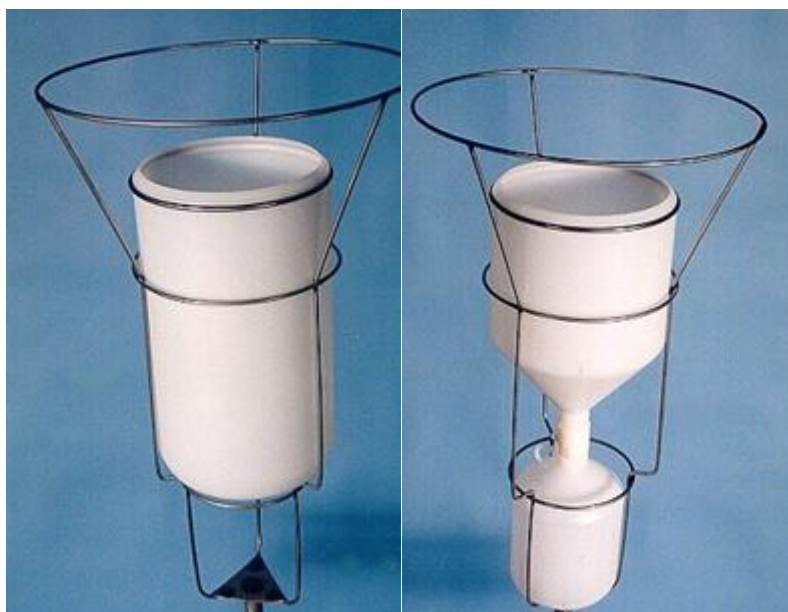
Sademeid kogutakse 11 sademeteseire jaamas, 2 kompleksseire jaamas ning 6 metsaseire jaamas (Tabel 1). Sademete kogumiseks kasutatakse Euroopas saasteainete kaugkannet uuriva EMEP-programmi standardseid kogujaid (Joonis 2). Kogumislehter läbimõõduga 20 cm asetseb maapinnast



ligikaudu 1,5 - 2 m kõrgusel. Sademeid kogutakse ööpäevasel põhimõttel, proovid säilitatakse külmkapis ning saadetakse laboritesse analüüsiks. Proovid keskmistatakse kuu keskmisteks proovideks. Lahemaa jaamast analüüsitakse ööpäeva keskmiseid sademete proove, proovid raskmetallide analüüsimiseks moodustatakse ühe nädala sademete proovidest, PAH ja PCB proovid keskmistatakse sõltuvalt sademete hulgast 1-2 nädala proovidest.

Tabel 1. Sademete seirejaamad ja nende koordinaadid (*metsaseire alad).

Mõõtejaam	Kood	Koordinaadid		Mõõtejaam	Kood	Koordinaadid	
		X	Y			X	Y
Haanja	SJA4537000	6400603	682952	Lahemaa (Palmse)	SJA7713000	6599090	609151
Mustvee	SJB4766000	6526965	668676	Saarejärve	SJA2858000	6505527	660192
Nigula	SJA2695000	6430733	542469	Vilsandi EE01	SJA5876000	6473653	374241
Tahkuse	SJA3345000	6487469	553927	Karula*	SJA7808000	6399563	649270
Tooma	SJA4117000	6528036	630905	Karepa*	SJA7506000	6601467	635922
Jõhvi	SJA1554000	6581651	693371	Pikasilla*	SJA4933000	6437169	624825
Kunda	SJA4998000	6598888	643165	Sagadi*	SJA9174000	6604449	615668
Lääne-Nigula (Keedika)	SJB4765000	6543647	489730	Tõravere2*	SJB4400000	6461981	644377
Narva (2015)	SJA0916000	6587881	737803	Vihula*	SJA7863000	6606457	620491
Veskimetsa	SJB4764000	6587534	538121				



Joonis 2. Sademete kogumismõõd (vasakul lume, paremal vihmavee kogumiseks).



Sademetest seire raames saadakse ülevaade vihmavee ja lume saasteainete sisaldusest, kuid saastekoormuste arvutamiseks on vaja teada ka korrektset sademete kogust. Andmete võrdlemisel ilmneb, et ametlikud (Keskkonnaagentuur) sademete kogused erinevad sademete seire võrgus saadud tulemustest isegi siis, kui mõlemad pärinevad samast meteojaamast (nt Tooma). Põhjuseks võib olla asjaolu, et automaatne sademete mõõtur mõõdab osadel kuudel sademete kogused suuremad (ilmselt sõltuvalt sademete liigist), kui on samal kuul manuaalsetel mõõtmistel saadud tulemused. Aruandes on depositsiooni hulkade arvutamisel kasutatud sademete seirejaamades manuaalselt mõõdetud sademete koguseid. Depositsioonikaartide koostamisel on lisaks kasutatud Vilsandi ja Saarejärve kompleksseire avamaa sademete 2024. aasta andmeid, mis on samuti kogutud ja analüüsitud OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuse poolt. Depositsioonikaartide jooniste põhjadena on kasutatud Maa-ameti 01.11.2020 välja antud maakonnapiiridega Eesti kaarti.

Trendide arvutamisel on kasutatud mitteparameetrilist Mann-Kendalli analüüsi, mis on sobilik pikema aja jooksul kogutud andmete analüüsimiseks. Nimetatud statistiline analüüs sobib kõikide jaotuste puhul (näiteks iga päev ei esine sademeid, kasutatakse keskmistatud tulemusi jne).

OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus (EKUK) on Eesti Akrediteerimiskeskuse poolt akrediteeritud katselabor registreerimisnumbriga nr L008¹. Akrediteerimisulatus kirjeldav akrediteerimistunnistuse lisa on leitav EAK kodulehelt. Kõik töös kirjeldatud mõõtmised ja analüüsid on teostatud EKUK poolt, kasutades akrediteeritud analüüsimeetodikaid.

3 Seire tulemused

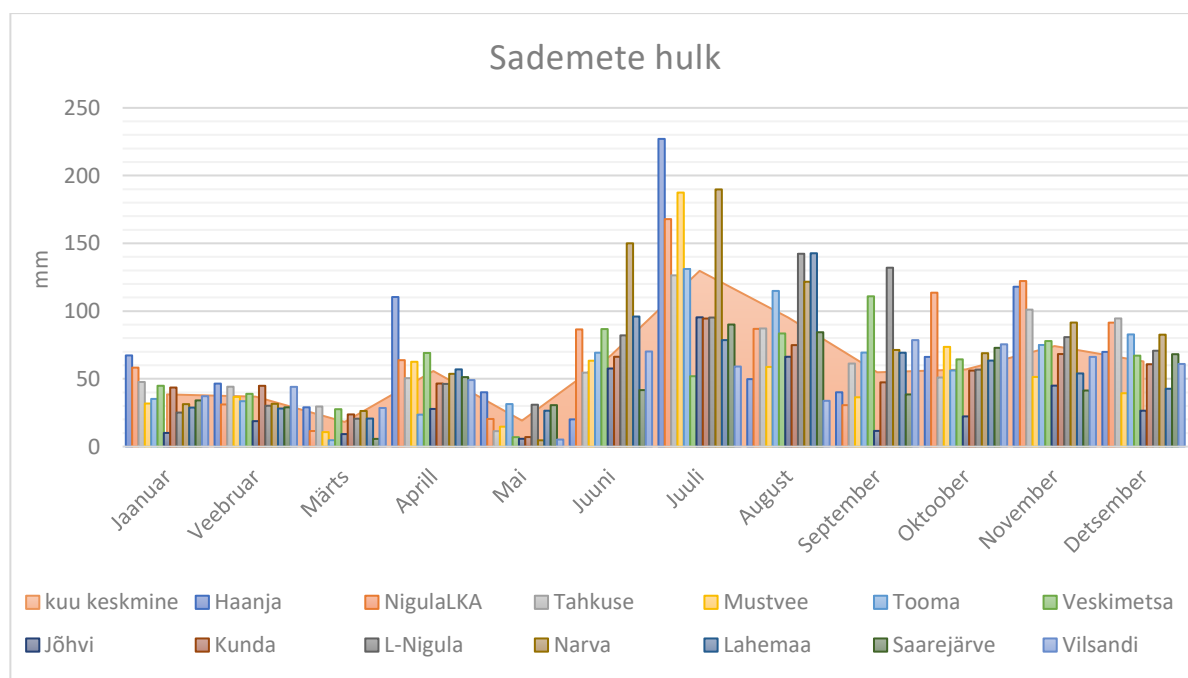
2024. aasta jooksul ei jäänud ühtegi sademete proovi analüüsimata, proovi vähesuse tõttu jäi aga mitmel korral määramata leelisus, pH ja elektrijuhtivus. Lahemaa seirejaamast koguti 2024. aasta jooksul 129 ööpäeva keskmist sademete proovi, 45 proovi raskmetallide analüüsimiseks ja 32 sademete proovi pestitsiidide, PCB-de ja PAH määramiseks.

¹<https://www.klab.ee/wp-content/uploads/2024/08/2024.06.19-L008-tunnistus.pdf>



3.1 Sademete hulk

Eestile on iseloomulik, et sademete hulk on aasta teisel poolel suurem kui aasta alguses. Nii oli ka 2024. aastal, eriti suured sajuhulgad olid mitmel pool juulis. Eesti keskmine sademete hulk Keskkonnaagentuuri andmetel oli 620 mm (pikaajaline keskmine 662 mm). Kõige sademeterohkem kuu 2024. aastal oli juuli, mil kuu keskmine sademete hulk avamaa sademete seirejaamade tulemuste põhjal oli 129,7 mm. Kõige sademetevaesemad kuud oli märts ja mai, kui sademete seirejaamade keskmised olid vastavalt 18,3 mm ja 19,1 mm (Keskkonnaagentuuri andmetel olid kõige kuivemad kuud samuti märts 23 mm-ga ja mai 12 mm-ga). Alla 59,1 mm (kuu keskmine sademete hulk) sademeid esines ka jaanuaris (38,4 mm), veebruaris (36,8 mm), aprillis (55,8 mm), septembris (54,9 mm) ja oktoobris (57 mm). Aasta algus algas suurveega, oli lumine ja seejärel väga külm, aasta viimased kuud olid tavapärasest soojemad (detsembri keskmine temperatuur 1,7 °C, pikaajaline detsembri keskmine temperatuur -1,0 °C) ning lumevaesed. Kõikide jaamade andmete põhjal saadi aasta keskmiseks sademete hulga sademete seirejaamades 709 mm (**Joonis 3**).



Joonis 3. Sademete hulk (mm) 2024. aastal sademete ja kompleksseire jaamades ning jaamade keskmine.

2024. aastal esines sademeid Eesti eri piirkondades väga erinevalt (**Tabel 2**). Sademete seire andmete põhjal olid 2024. aastal kõige väiksema aastase sademete hulga jaamadeks Jõhvi (396,4 mm) ja Saarejärve (587,9 mm). Sademeid esines rohkem Narvas (923,6 mm), Haanjas (884,5 mm), Nigulas (884,3 mm) ja Lääne-Nigulas (813,2 mm). Kui jälgida sademete esinemist kuude kaupa (**Joonis 3**), siis suurimad sademete hulgad mõõdeti juulis Haanjas (227,1 mm), Narvas (189,8 mm) ja Mustvees (187,5



mm). Väikseimad sademete hulgad mõõdeti märtsis Toomal (4,7 mm) ja mais Narvas (4,6 mm) ning Jõhvis (5,8 mm).

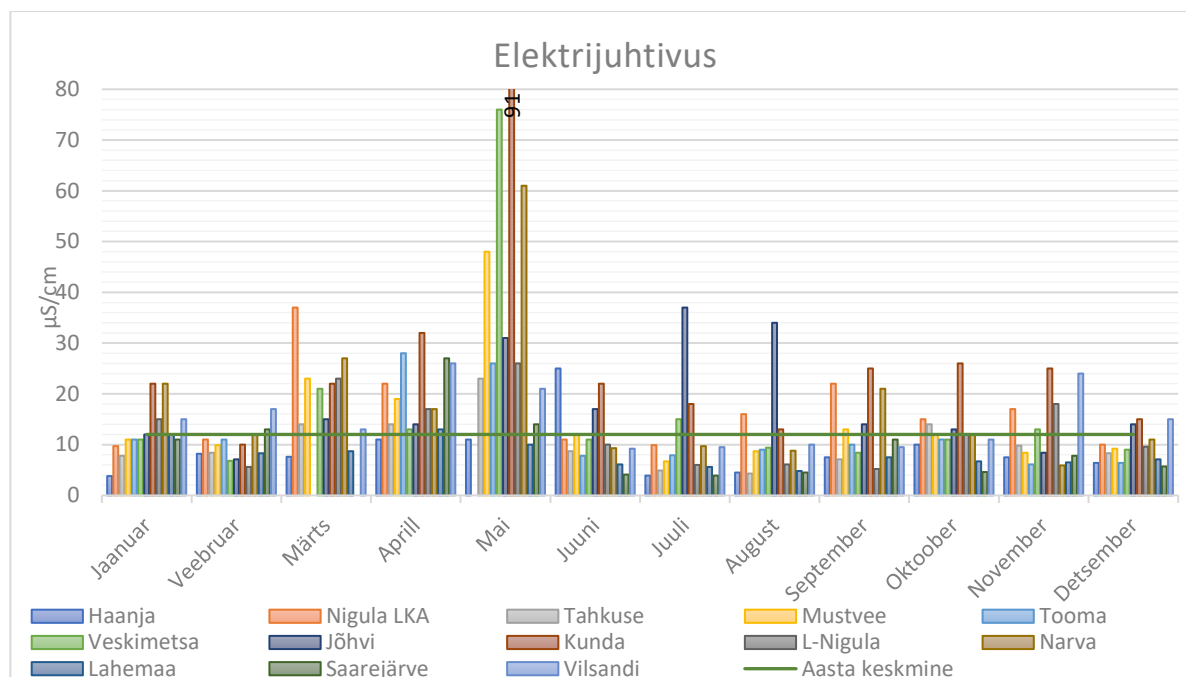
Tabel 2. Sademete hulk 2024. aastal sademetekeemia ja kompleksseire jaamades.

Mõõtejaam	Sademete hulk (mm)	Mõõtejaam	Sademete hulk (mm)
Haanja	884,5	Lääne-Nigula (Keedika)	813,2
Mustvee	667,0	Narva	923,6
Nigula	884,3	Veskimetsa	730,1
Tahkuse	759,6	Lahemaa (Palmse)	707,9
Tooma	727,1	Saarejärve	587,9
Jõhvi	396,4	Vilsandi	608,4
Kunda	634,2		

3.2 Sademete elektijuhtivus ja pH

Sademevees sisalduvaid ioone iseloomustab kõige üldisemalt elektrijuhtivus. Mida suurem on vees lahustunud ionide kontsentratsioon, seda suurem on ka elektrijuhtivus.

2024. aastal mõõdeti sademete seire jaamade andmete põhjal suurimad keskmised elektrijuhtivused mais (kõikide jaamade kaalutud keskmine $23 \mu\text{S/cm}$) ja aprillis ($18 \mu\text{S/cm}$). Keskmist tulemust suurendas mitmetes jaamades esinenud madalam sademete hulk. Väga kõrged elektrijuhtivused mõõdeti mais Kundas ($91 \mu\text{S/cm}$) ja Veskimetsas ($76 \mu\text{S/cm}$) (**Joonis 4**). Aasta madalaimad tulemused olid Lahemaal ja Haanjas (aasta kaalutud keskmine vastavalt $7,2 \mu\text{S/cm}$ ja $7,3 \mu\text{S/cm}$) ning Saarejärvel ($8,4 \mu\text{S/cm}$). Kõrgemad tulemused olid Jõhvis (aasta kaalutud keskmine $23 \mu\text{S/cm}$), Kundas ($21 \mu\text{S/cm}$) ja Nigulas ning Vilsandil ($14 \mu\text{S/cm}$). 2024. aasta andmete põhjal saadi aasta kaalutud keskmiseks elektrijuhtivuseks $12 \mu\text{S/cm}$, kahel eelneval aastal oli see samuti $12 \mu\text{S/cm}$.



Joonis 4. Sademete elektrijuhtivus 2024. aastal sademete- ja kompleksseire jaamades.

Aruandes on lisaks sademeteseire- ja kompleksseire jaamades 2024. aasta jooksul kogutud sademete proovide kontsentratsioonide tulemustele kasutatud sadenemiskoormuste arvutamiseks ka kõigis kuues metsaseirejaamas analüüsitud ühendite kontsentratsioonide andmeid.

Metsaseirejaamadest oli ionide kontsentratsioon kõige kõrgem Tõraveres, aasta keskmisena 20 µS/cm. Kõige madalam aasta keskmine elektrijuhtivus olid Karepa ja Vihula seirejaamade proovides 11 µS/cm.

Looduslike sademete tavapärase pH on vahemikus 5,11-6,10². 2024. aasta kaalutud keskmiseks sademete pH-ks arvutati 5,8. Sademete kaalutud keskmine pH jäi enamikes seirejaamades kogu aasta vältel tavapärastesse piiridesse, erandiks oli Nigula ja Jõhvi (aasta keskmine pH 6,3) ning Kunda (aasta keskmine pH 6,5). Keskmisest kõrgema pH-tasemega sademed esinesid aasta esimesel poolel märtsis, aprillis ja mais (kaalutud keskmine pH vastavalt 6,2, pH 6,5 ja pH 6,3) (Tabel 3). Kohati esines ka keskmisest madalama pH-tasemega sademeid (pH 4,6-5,1).

Metsaseire jaamades mõõdetud pH jääb aasta kaalutud keskmisena (pH 6,2) sademete looduslikku pH vahemikust veidi kõrgemale (2023. aastal oli keskmine pH 6,1).

² Smidt, St., 1986. Bulkmessungen in Waldbieten Österreich/ FBVA Berichte 13(1), 28.


Tabel 3. Sademete pH seirejaamades 2024. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Veskimetsa	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	5,4	5,7	5,1	5,7	5,4	6,1	5,7	6,3	5,8	6,3	4,9
Veebruar	5,1	6,5	5,4	5,4	5,9	5,7	6,0	6,4	6,2	6,1	5,1
Märts	6,1	7,3	6,2	6,4	7,1	6,8	6,2	6,7	6,7	6,9	5,6
Aprill	6,8	6,3	6,5	6,2	6,7	6,8	6,1	6,8	6,5	6,5	5,9
Mai	6,4	vv	6,3	6,3	6,6	7,3	7,2	7,5	6,6	7,1	6,2
Juuni	7,6	6,1	5,8	6,4	7,4	6,2	6,6	6,5	5,5	6,1	5,3
Juuli	6,1	7,1	5,9	6,1	6,3	6,1	6,9	6,7	5,9	6,3	5,5
August	6,0	6,4	5,3	5,7	6,3	6,4	6,7	6,6	5,8	6,2	5,3
September	6,2	7,2	6,0	6,8	7,0	6,2	6,4	6,7	5,7	6,4	5,5
Oktoober	6,8	6,4	6,1	6,2	5,9	6,3	6,4	6,5	6,9	6,1	5,4
November	5,4	6,0	5,8	6,1	6,0	5,8	5,8	6,4	6,0	5,7	5,3
Detsember	5,6	6,3	6,2	6,1	5,9	5,7	6,3	6,5	5,7	6,0	5,2
2024. a. kaalutud keskmine	5,7	6,3	5,7	6,0	6,1	6,1	6,3	6,5	5,8	6,1	5,3
2023. a. kaalutud keskmine	5,4	5,8	5,7	5,5	5,3	6,3*	5,9	6,3	5,7	6,0	5,2

vv – proovi ei kogunenud analüüsiks piisavalt; *2023. aastal Harku kaalutud keskmine tulemus

Lahemaa jaamast analüüsitakse ööpäevaseid sademete proove (2024. aastal 129 proovi). 2024. aastal koguti sellest jaamast 22 korral sademete proovid, mille pH oli <5,1 ja 16 korral määrati proovidest pH>6,1. Lahemaa jaamas mõõdeti jaanuaris kuukeskmine pH alla 5.



3.3 Hapestavad komponendid

Hapestavateks komponentideks sademetes loetakse sulfaatset väävli ($\text{SO}_4\text{-S}$), nitraatset lämmastikku ($\text{NO}_3\text{-N}$) ja kloriide (Cl). Nende ühendite hindamine põhineb Austrias välja pakutud skaalal sademete parameetrite võrdlemiseks (Tabel 4)³.

Tabel 4. Sademete parameetrite hindamiskaala (anioonid).

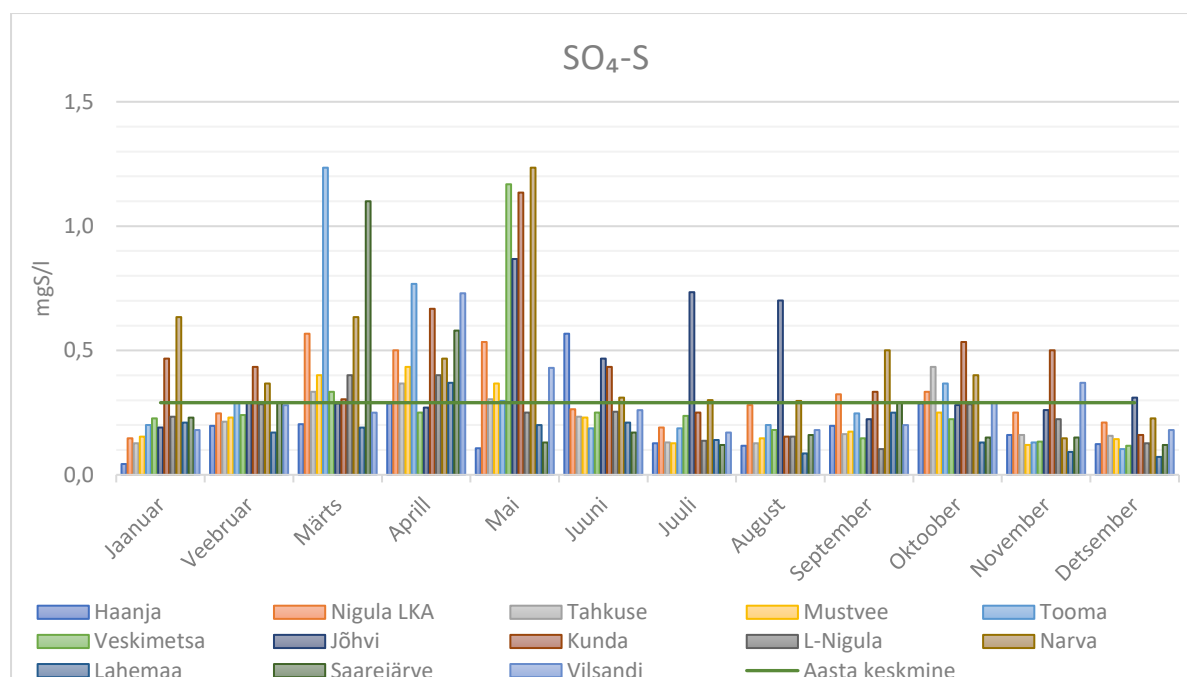
	$\text{SO}_4\text{-S}$ (mgS/l)	Cl (mg/l)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mgN/l)
Madal	< 0,87	< 2,5	< 0,59
Keskmine	0,88-1,67	2,6-5,0	0,59-1,13
Kõrge	1,68-3,34	5,0-10,0	1,13-2,26
Väga kõrge	> 3,34	> 10,0	> 2,26

Sulfaatse väävli kontsentratsioonid on madalad, viiel korral saadi tulemus keskmises vahemikus (märtsis Toomal 1,2 mgS/l ja Saarejärvel 1,1 mgS/l ning mais Veskimetsas 1,2 mgS/l, Narvas samuti 1,2 mgS/l ja Kundas 1,1 mgS/l). Kloriidioonide puhul on tulemused samuti enamasti madalad, kuid neljal korral saadi keskmine tulemus (mais Mustvees 3,9 mg/l, novembris Nigulas 3,1 mg/l, Lääne-Nigulas 3,2 mg/l ja Vilsandil 4,4 mg/l). $\text{NO}_3\text{-N}$ sisaldused on enamasti madalates piirides, viiel korral saadi ka keskmisi, kahel korral kõrgeid ja ühel korral väga kõrgeid sisaldused. Mitmed kõrgeid kontsentratsioonid on mõõdetud aasta esimesel poolel, enamasti märtsis ja mais, mil esines vähe sademeid ja proovid olid seetõttu kontsentreeritud. Vilsandi kõrgemad kloriidioonide sisaldused on põhjustatud mere lähedusest.

3.3.1 Sulfaatse väävli sisaldus sademetes

2024. aastal jäid enamikes sademeteseire jaamades kõigi kuude sulfaatse väävli ($\text{SO}_4\text{-S}$) sisaldused alla 0,87 mgS/l (Joonis 5). Aasta keskmiseks $\text{SO}_4\text{-S}$ kontsentratsiooniks kõikide sademete jaamade andmete põhjal saadi 0,25 mgS/l (2023. aastal 0,23 mgS/l). Detsembris oli kõikide sademeteseire jaamade andmete põhjal madalaim kaalutud keskmine $\text{SO}_4\text{-S}$ kontsentratsioon 0,15 mgS/l.

³ Smidt, St., 1986. Bulkmessungen in Waldbieten Österreich/ FBVA Berichte 13(1), 28.



Joonis 5. Sulfaatse väevli kontsentratsioonid sademetes 2024. aastal.

Kõrgeim sulfaatse väevli kontsentratsioon saadi märtsis Toomal 1,2 mgS/l ja mais Veskimetsas ning Narvas samuti 1,2 mgS/l. Kõige madalam sulfaatse väevli kontsentratsioon oli jaanuaris Haanja sademete proovis (0,043 mgS/l) (Tabel 5).

Tabel 5. Sademete SO₄-S sisaldused (mgS/l) 2024. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Veskimetsa	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	0,043	0,15	0,13	0,15	0,20	0,23	0,19	0,47	0,23	0,63	0,21
Veebruar	0,20	0,25	0,21	0,23	0,29	0,24	0,29	0,43	0,28	0,37	0,17
Märts	0,20	0,57	0,33	0,40	1,2	0,33	0,29	0,30	0,40	0,63	0,19
Aprill	0,29	0,50	0,37	0,43	0,77	0,25	0,27	0,67	0,40	0,47	0,37
Mai	0,11	0,53	0,30	0,37	0,30	1,2	0,87	1,1	0,25	1,2	0,20
Juuni	0,57	0,26	0,23	0,23	0,19	0,25	0,47	0,43	0,25	0,31	0,21
Juuli	0,13	0,19	0,13	0,13	0,19	0,24	0,73	0,25	0,14	0,30	0,14
August	0,12	0,28	0,13	0,15	0,20	0,18	0,70	0,15	0,15	0,30	0,086
September	0,20	0,32	0,16	0,17	0,25	0,15	0,22	0,33	0,10	0,50	0,25
Oktoober	0,29	0,33	0,43	0,25	0,37	0,22	0,28	0,53	0,28	0,40	0,13
November	0,16	0,25	0,16	0,12	0,13	0,13	0,26	0,50	0,22	0,15	0,092
Detsember	0,12	0,21	0,16	0,14	0,10	0,12	0,31	0,16	0,13	0,23	0,072
2024. a. kaalutud keskmine	0,17	0,27	0,20	0,20	0,23	0,21	0,49	0,38	0,20	0,34	0,17
2023. a. kaalutud keskmine	0,17	0,20	0,17	0,21	0,23	0,19*	0,36	0,31	0,17	0,25	0,15

*2023. aastal Harku kaalutud keskmine tulemus

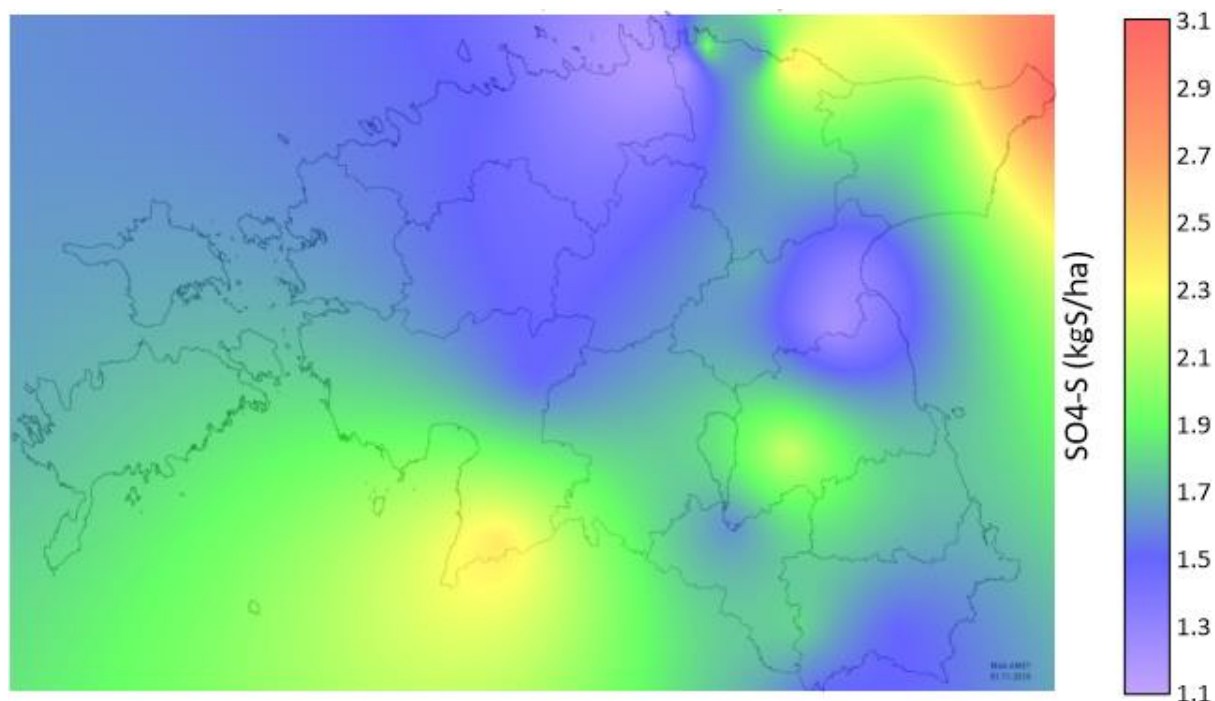


Võrreldes 2023. aastaga, olid sulfaatse väävli kontsentratsioonid suurenenud Nigulas, Jõhvis, Kundas ja Narvas, teistes jaamades jäid tulemused samale tasemele.

Lahemaal esines keskmisi ja kõrgeid sulfaatide kontsentratsioone kolmel päeval (2. aprill 0,97 mgS/l, 11. aprill 1,3 mgS/l ja 29. aprill 1,7 mgS/l). Alla meetoodika määramispiiri (<0,033 mgS/l) tulemusi oli 5 päeval, peamiselt IV kvartalis.

Metsaseire jaamades mõõdetud sulfaatide aasta kaalutud keskmine varieerub 0,21 mgS/l ja 0,33 mgS/l vahel. Kõrgeim tulemus saadi aprillis Karepal (0,64 mgS/l) ja madalaim tulemus jaanuaris Karulas (0,094 mgS/l).

2024. aasta jooksul sadenes sulfaatset väävli Narvas 3,1 kgS/ha/a, Nigulas 2,4 kgS/ha/a ja Kundas samuti 2,4 kgS/ha/a. Madalaimad sadenenud kogused arutati 2024. aastal Lahemaal ja Saarejärvel (mõlemas 1,2 kgS/ha/a) ning Mustvees (1,3 kgS/ha/a). Sadenenud kogused teistes jaamades jäid 1,5 ja 1,9 kgS/ha/a vahele (**Joonis 6**). Seega sadenes keskmiselt aasta jooksul 1,8 kg sulfaatset väävli hektari kohta (2023. aastal 1,6 kgS/ha/a, 2022. aastal 1,3 kgS/ha/a).



Joonis 6. Sulfaatse väävli sadenemiskoormus 2024. aastal.



3.3.2 Kloriidide sisaldus sademetes

Kloriidide aasta kaalutud keskmine kontsentratsioon oli 2024. aastal kõrgeim Vilsandil (1,5 mg/l), keskmisest kõrgemad sisaldused olid veel Nigulas (0,97 mg/l), Mustvees (0,80 mg/l), Jõhvis (1,1 mg/l), Kundas (0,71 mg/l) ja Lääne-Nigulas (0,88 mg/l). Kõikide sademetekeemia jaamade aasta kaalutud keskmiseks kloriidi sisalduseks oli 0,69 mg/l (2023. aastal 0,76 mg/l, 2022. aastal 0,62 mg/l). Kõige vähem sisaldasid möödunud aasta jooksul kloriide Lahemaa ja Haanja sademed (vastavalt 0,29 mg/l ja 0,38 mg/l).

Kõrgeimad kloriidide kontsentratsioonid saadi novembris Vilsandilt ja Lääne-Nigulast (vastavalt 4,4 mg/l ja 3,2 mg/l) ning mais Mustveest (3,9 mg/l) kogutud sademete proovidest. Kõikide sademete seirejaamade andmete põhjal arvatud kaalutud keskmised kloriidide kontsentratsioonid olid kõrgeimad novembris (1,5 mg/l). Juunis ja septembris saadi kõikide sademete jaamade andmete põhjal keskmiseks Cl⁻ sisalduseks vaid 0,49 mg/l (Tabel 6).

Tabel 6. Kloriidide (mg/l) sisaldused 2024. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Veskimetsa	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	0,42	0,93	0,53	0,89	1,1	0,93	1,8	1,3	1,6	1,1	0,56
Veebruar	0,38	0,19	0,39	0,43	0,50	0,82	1,4	0,81	0,95	0,46	0,31
Märts	0,21	0,66	0,41	1,0	1,5	1,1	2,0	0,71	0,64	0,43	0,41
Aprill	0,27	0,98	0,48	0,81	0,75	0,68	1,7	1,2	0,61	0,39	0,46
Mai	0,29	0,49	0,38	3,9	0,21	2,0	1,6	1,5	0,63	1,7	0,096
Juuni	1,3	0,50	0,35	0,72	0,29	0,50	0,96	0,67	0,58	0,24	0,19
Juuli	0,18	0,40	0,24	0,38	0,30	0,66	1,1	0,25	0,29	0,42	0,20
August	0,43	0,73	0,24	1,1	0,42	0,91	1,1	0,43	0,25	0,56	0,20
September	0,20	0,51	0,40	1,4	0,38	0,38	1,3	0,46	0,37	0,40	0,18
Oktoober	0,46	0,77	0,75	1,2	0,41	0,69	0,75	0,75	1,3	0,45	0,37
November	0,76	3,1	1,6	0,50	0,44	1,5	0,61	1,0	3,2	0,18	0,49
Detsember	0,34	0,70	0,67	0,65	0,43	0,78	0,81	0,67	1,3	0,70	0,43
2024. a. kaalutud keskmine	0,38	0,97	0,58	0,80	0,43	0,79	1,1	0,71	0,88	0,44	0,29
2023. a. kaalutud keskmine	0,37	0,75	0,46	0,59	0,51	0,79*	1,1	0,96	0,78	0,59	0,37

*2023. aastal Harku kaalutud keskmine tulemus

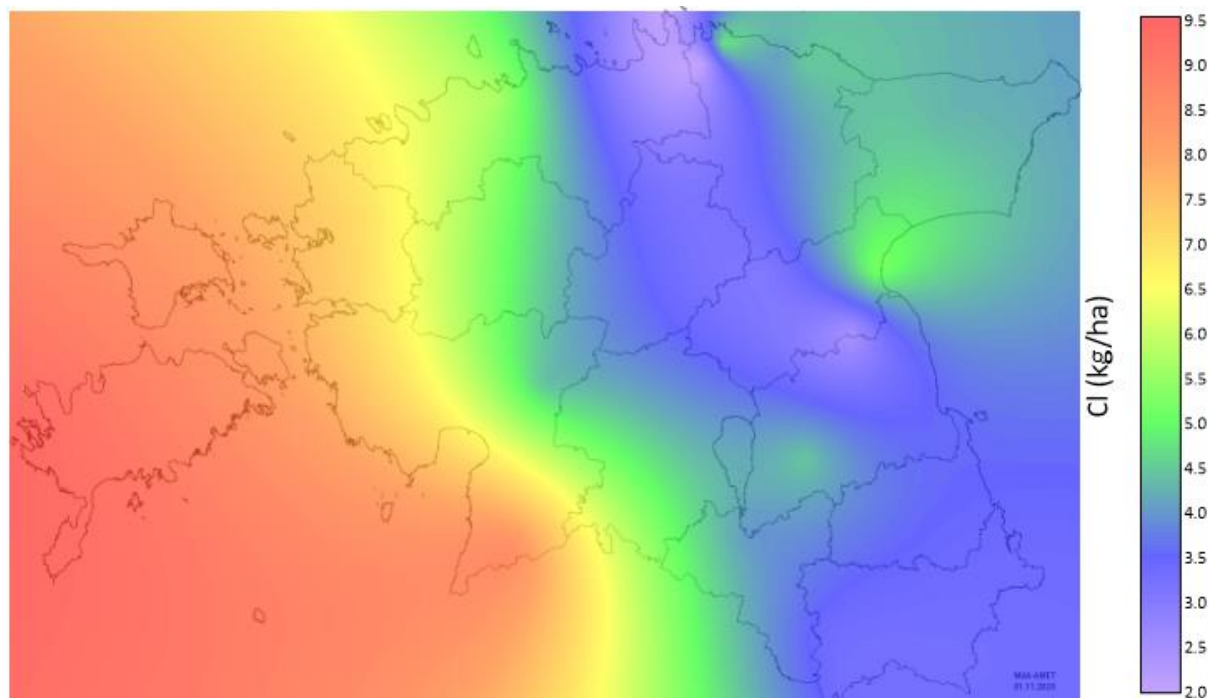
Võrreldes 2023. aastaga olid 2024. aastal kloriidide sisaldused kõrgemad Nigulas, Mustvees, Tahkusel ja Lääne-Nigulas ning madalamad Toomal, Kundas, Narvas ja Lahemaal.

Lahemaal esines keskmisi ja kõrgeid kloriidi kontsentratsioone kuuel korral (23. jaanuar 2,8 mg/l, 5. veebruar 8,6 mg/l, 23. ja 26. oktoober ning 2. november 2,6 mg/l ja 16. november 6,9 mg/l). Alla meetoodika määramispiiri (<0,070 mg/l) tulemusi oli 5 päeval, peamiselt suvekuudel.



Võrreldes sademetekeemia jaamadega jääb metsaseire jaamades aasta kaalutud keskmine sisaldus veidi alla keskmise (0,48-0,69 mg/l). Kõige kõrgem oli kloriidide kontsentratsioon mais Pikkasillal ja Vihulas (1,4 mg/l) ja kõige madalam veebruaris Karulast kogutud proovis (0,35 mg/l).

Kloriidide sadenemiskoormust illustreerib allolev joonis (Joonis 7), millelt on näha, et 2024. aastal esinesid kloriidide kõrgemad sadenemise hulgad Vilsandil 9,4 kg/ha/a (sarnaselt eelnevate aastate tulemustele: 2023. a. 18 kg/ha/a, 2022. a. 10 kg/ha/a). Madalaimad aastased sadenenud kloriidide kogused saadi Lahemaalt (2,0 kg/ha/a) ja Haanjast (3,3 kg/ha/a).



Joonis 7. Kloriidide sadenemiskoormus 2024. aastal.

3.3.3 Nitraatlämmastiku sisaldus sademetes

2024. aastal saadi aasta kaalutud keskmiseks nitraatlämmastiku kontsentratsiooniks 0,20 mgN/l (2023. aastal 0,19 mgN/l, 2022. aastal 0,22 mgN/l). NO₃-N madalaimad aasta kaalutud keskmised kontsentratsioonid saadi Haanja (0,15 mgN/l), Lääne-Nigula ja Lahemaa (mõlemas 0,13 mgN/l) seirejaamade tulemuste põhjal. Kõrgemad tulemused saadi Veskimetsas, Nigulas ja Kundas (aasta kaalutud kesmine vastavalt 0,33 mgN/l, 0,26 mgN/l ja 0,24 mgN/l).

Nitraatlämmastiku kontsentratsioonid olid sarnaselt eelnevale aastale keskmisest kõrgemad jaanuaris (0,33 mgN/l), veebruaris (0,37 mgN/l), märtsis (0,53 mgN/l), aprillis (0,29 mgN/l), mais (0,33 mgN/l),



ja detsembris (0,23 mgN/l). Kõige madalamad kontsentratsioonid olid sademetes juulis ja augustis, kui keskmiseks sisalduseks saadi vastavalt 0,12 mgN/l ja 0,11 mgN/l. Toomal ja Saarejärvel saadi maksimaalsed nitraatlämmastiku kuu keskmised kontsentratsioonid märtsis (vastavalt 1,9 mgN/l ja 1,6 mgN/l) ning Veskimetsas mais (3,3 mgN/l), teistes jaamades jäid maksimaalsed tulemused alla 0,75 mgN/l (Tabel 7). See on ilmselt tingitud sellest, et märtsis ja mais esines vähe sademeid (keskmiselt vastavalt 18 mm ja 19 mm) ja proovid olid kontsentreeritud.

Tabel 7. NO₃-N (mgN/l) sisaldused 2024. aastal.

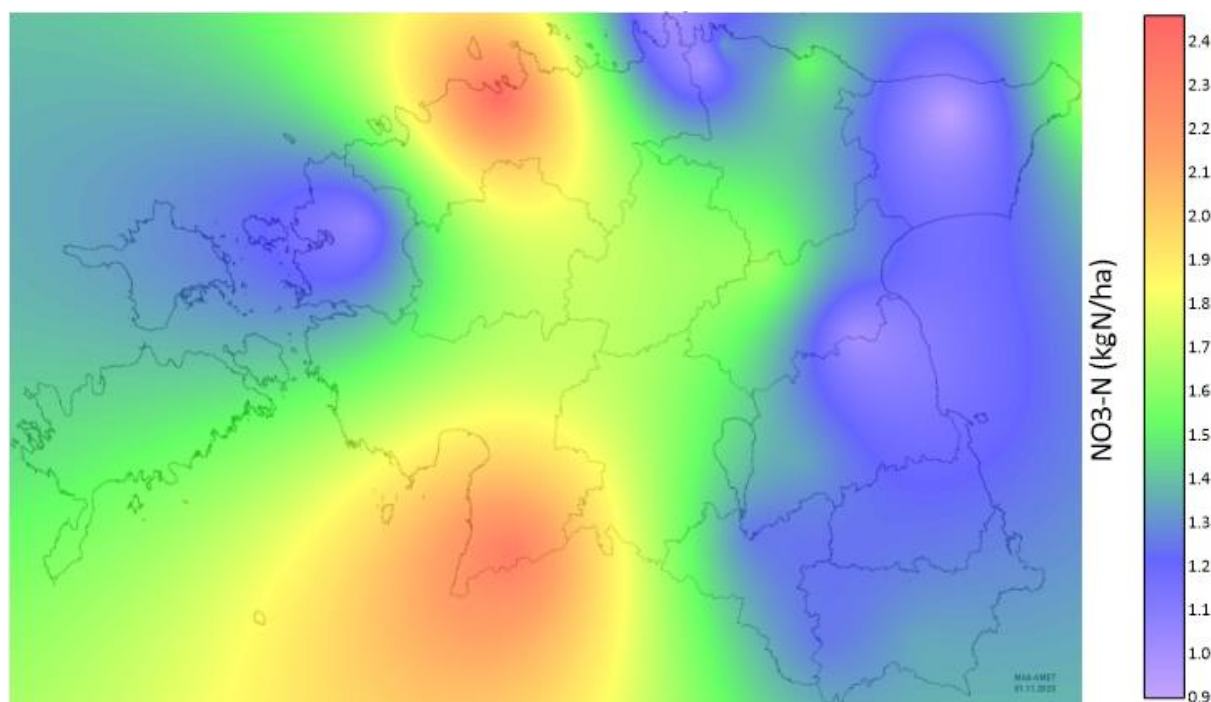
	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Veskimetsa	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	0,10	0,32	0,32	0,36	0,41	0,32	0,060	0,49	0,43	0,49	0,32
Veebruar	0,29	0,40	0,34	0,40	0,43	0,27	0,15	0,50	0,38	0,36	0,25
Märts	0,23	0,97	0,57	0,81	1,9	0,50	0,13	0,44	0,67	0,37	0,41
Aprill	0,24	0,47	0,32	0,32	0,53	0,17	0,13	0,36	0,26	0,24	0,21
Mai	0,059	0,45	0,45	0,37	0,33	3,3	0,32	0,27	0,14	0,82	0,20
Juuni	0,35	0,25	0,24	0,18	0,18	0,47	0,17	0,27	0,050	0,15	0,12
Juuli	0,063	0,12	0,089	0,087	0,15	0,73	0,32	0,11	0,070	0,060	0,061
August	0,085	0,22	0,088	0,088	0,084	0,13	0,31	0,080	0,070	0,11	0,019
September	0,16	0,23	0,18	0,098	0,21	0,15	0,10	0,20	0,040	0,33	0,17
Oktoober	0,098	0,24	0,37	0,10	0,24	0,28	0,16	0,28	0,040	0,18	0,11
November	0,18	0,19	0,13	0,12	0,16	0,25	0,11	0,11	0,11	0,060	0,12
Detsember	0,24	0,32	0,25	0,27	0,18	0,31	0,18	0,21	0,19	0,19	0,15
2024. a. kaalutud keskmine	0,15	0,26	0,22	0,18	0,22	0,33	0,22	0,24	0,13	0,17	0,13
2023. a. kaalutud keskmine	0,16	0,24	0,22	0,23	0,25	0,21*	0,15	0,22	0,15	0,18	0,16

*2023. aastal Harku kaalutud keskmine tulemus

Lahemaal esines keskmisi ja kõrgeid nitraatlämmastiku kontsentratsioone seitsmel korral (30. jaanuar 0,64 mgN/l, 31. jaanuar 0,90 mgN/l, 6. veebruar 0,66 mgN/l, 16. märts 0,73 mgN/l, 11. aprill 1,3 mgN/l, 25. aprill 0,59 mgN/l ja 29. aprill 1,3 mgN/l). Alla meetoodika määramispiiri (<0,020 mgN/l) tulemusi oli 29 korral, peamiselt suvekuudel.

Metsaseire jaamades jäid aasta kaalutud keskmised NO₃-N sisaldused 0,16 mgN/l ja 0,20 mgN/l vahele. Kõrgeim tulemus saadi märtsis Tõraveres (0,63 mgN/l). Madalaim tulemus saadi juulis samuti Tõraveres (0,070 mgN/l).

Sademetega deponeerus 2024. aastal sarnaselt eelmiste aastatega suurimal hulgal nitraatset lämmastikku Nigulas (2,4 kgN/ha/a, 2023. a. ja 2,0 kgN/ha/a) ja ka Veskimetsas (2,4 kgN/ha/a). Mujal jäi sadenemiskoormus alla 1,7 kgN/ha/a. Kõige vähem sadenes NO₃-N taaskord Saarejärvel (0,94 kgN/ha/a, 2023. a. 0,69 kgN/ha/a, 2022. a. 0,79 kgN/ha/a) ja Jõhvis (0,85 kgN/ha/a, 2023. a. 0,56 kgN/ha/a, 2022. a. 0,87 kgN/ha/a) ning Lahemaal (0,93 kgN/ha/a) (Joonis 8).



Joonis 8. Nitraatlämmastiku sadenemiskoormus 2024. aastal.

3.4 Katioonide sisaldused sademetes

Sademetest määratakse järgmisi katioone: ammoonium ($\text{NH}_4\text{-N}$), kaltsium, magneesium, naatrium ja kaalium. Hindamiskaala on esitatud tabelis 8.

Tabel 8. Sademete parameetrite hindamiskaala ($\text{NH}_4\text{-N}$, K^+ , Mg^{2+}).

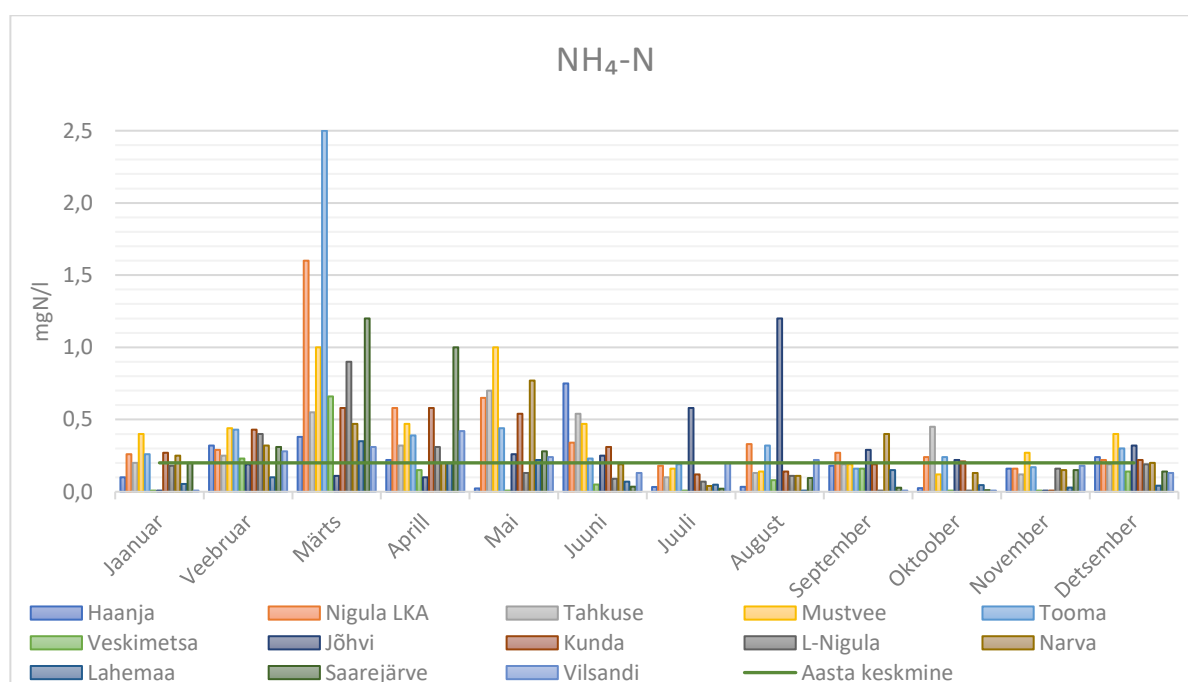
	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mgN/l)	K^+ (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)
Madal	< 1,9	< 2,5	< 2,5
Keskmine	1,9-3,9	2,6-5,0	2,6-5,0
Kõrge	3,9-7,8	5,0-10,0	5,0-10,0
Väga kõrge	> 7,8	> 10,0	> 10,0

Ammooniumlämmastiku kontsentratsioonid jäävad enamasti madalatesse piiridesse (<1,9 mg/l), kolmel korral saadud tulemus oli keskmises vahemikus (Toomal ja metsaseire jaamades) ja kahel korral saadi kõrge tulemus (kõrged tulemused mõõdeti vaid metsaseire jaamades). Kaltsiumi puhul jäävad tulemused enamasti madalatesse või keskmistesse piiridesse (<5 mg/l). Magneesiumi, kaaliumi ja naatriumi sisaldused jäävad enamasti madalatesse piiridesse.



3.4.1 Ammooniumlämmastiku sisaldused sademetes

Ammooniumlämmastiku kõrgeimad aasta kaalutud keskmised kontsentratsioonid olid Jõhvi (0,44 mgN/l) ja Mustvee (0,30 mgN/l) jaamades. Metsaseirejaamade sademete proovide tulemuste põhjal oli 2024. aastal kõrgeim ammooniumlämmastiku aasta kaalutud keskmine sisaldus 1,1 mgN/l Tõraveres. Kaalutud keskmisest, 0,20 mgN/l (2023. aastal 0,22 mgN/l, 2022. aastal 0,26 mgN/l), kõrgemate kontsentratsioonide maksimum saadi märtsis (kõikide jaamade kaalutud keskmine 0,63 mgN/l), mida mõjutas osalt vähene sademete hulk, mille tõttu olid proovid kontsentreeritumad. Kõige madalamad $\text{NH}_4\text{-N}$ kontsentratsioonid olid 2024. aastal sarnaselt eelnevale aastale Lahemaalt kogutud sademete proovides (0,081 mgN/l). Samuti oli aasta kaalutud keskmine kontsentratsioon kõikide jaamade kaalutud keskmisest madalam Veskimetsas (Joonis 9).



Joonis 9. $\text{NH}_4\text{-N}$ kontsentratsioonid (mgN/l) sademetes 2024. aastal.

Ammooniumlämmastiku kõrgeimad sisaldused olid märtsis Nigulas ja Toomal (vastavalt 1,6 mgN/l ja 2,5 mgN/l) ja augustis Jõhvis (1,2 mgN/l) (Tabel 9). Metsaseire jaamade maksimaalsed tulemused saadi aga mais ja septembris Karulas (5,6 mgN/l ja 5,3 mgN/l).

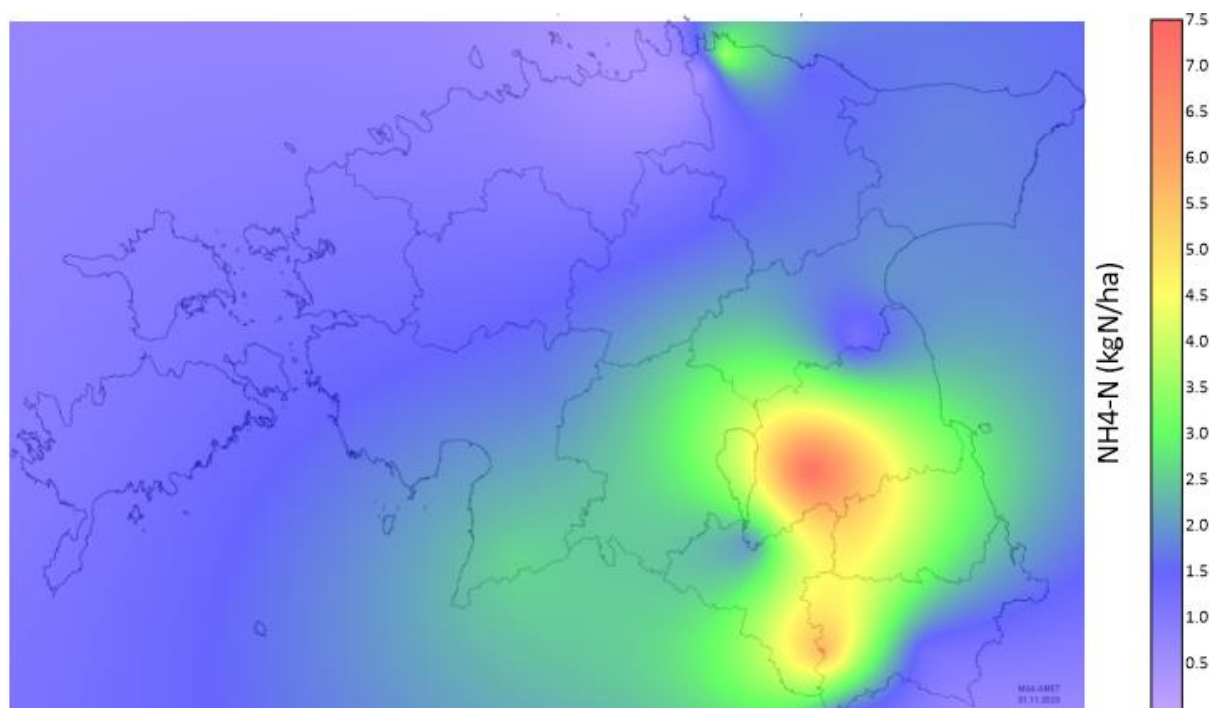

Tabel 9. NH₄-N (mgN/l) sisaldused sademetes 2024. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Veskimetsa	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	0,10	0,26	0,20	0,40	0,26	<0,016	<0,016	0,27	0,18	0,25	0,054
Veebruar	0,32	0,29	0,25	0,44	0,43	0,23	0,19	0,43	0,40	0,32	0,10
Märts	0,38	1,6	0,55	1,0	2,5	0,66	0,11	0,58	0,90	0,47	0,35
Aprill	0,22	0,58	0,32	0,47	0,39	0,15	0,10	0,58	0,31	0,20	0,20
Mai	0,023	0,65	0,70	1,0	0,44	<0,016	0,26	0,54	0,13	0,77	0,22
Juuni	0,75	0,34	0,54	0,47	0,23	0,050	0,25	0,31	0,090	0,19	0,070
Juuli	0,033	0,18	0,10	0,16	0,19	<0,016	0,58	0,12	0,070	0,040	0,049
August	0,034	0,33	0,13	0,14	0,32	0,080	1,2	0,14	0,11	0,11	<0,016
September	0,18	0,27	0,19	0,19	0,16	0,16	0,29	0,19	<0,016	0,40	0,15
Oktoober	0,025	0,24	0,45	0,12	0,24	<0,016	0,22	0,21	<0,016	0,13	0,046
November	0,16	0,16	0,12	0,27	0,17	<0,016	<0,016	<0,016	0,16	0,15	0,029
Detsember	0,24	0,22	0,19	0,40	0,30	0,14	0,32	0,22	0,19	0,20	0,042
2024. a. kaalutud keskmine	0,14	0,29	0,24	0,30	0,27	0,11	0,44	0,24	0,14	0,18	0,081
2023. a. kaalutud keskmine	0,15	0,27	0,26	0,36	0,40	0,13*	0,31	0,30	0,15	0,14	0,079

*2023. aastal Harku kaalutud keskmine tulemus

Lahemaal esines keskmisi ammooniumlämmastiku kontsentratsioone ühel korral (29. aprill 2,0 mgN/l). Alla meetoodika määramispiiri (<0,016 mgN/l) tulemusi oli kokku 74 korral (jaanuaris, juunis ja aasta teisel poolel).

Ammooniumlämmastiku sadenemine oli kõige suurem sarnaselt kahele eelnevale aastale Nigulas (2,6 kgN/ha/a, 2023. aastal 2,3 kgN/ha/a, 2022. aastal 3,2 kgN/ha/a) ja Mustvees (2,0 kgN/ha/a, 2023. aastal 2,5 kgN/ha/a, 2022. aastal 1,8 kgN/ha/a), sadenemiskoormus oli kõrge ka Toomal (2,0 kgN/ha/a, 2023. aastal 3,3 kgN/ha/a). Kõige vähem sadenes ammooniumlämmastikku Veskimetsas (0,78 kgN/ha/a) ja Lahemaal (0,57 kgN/ha/a, kahel eelneval aastal 0,58 kgN/ha/a) (**Joonis 10**).



Joonis 10. Amooniumlämmastiku sadenemiskoormus 2024. aastal.

Suurimad mineraalse lämmastiku ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) sadenenud kogused 2024. aasta jooksul olid Nigulas (4,9 kg/ha/a), Toomal (3,6 kg/ha/a) ja Tahkusel (3,5 kg/ha/a). Üle 3 kg/ha/a mineraalset lämmastikku sadenes veel Mustvees, Veskimetsas, Kundas ja Narvas. Keskmiselt sadenes 2024. aasta jooksul sademete seirejaamade mõõtmistulemuste põhjal mineraalset lämmastikku 2,9 kg/ha/a (2023. aastal 3,0 kg/ha/a, 2022. aastal 2,8 kg/ha/a). Kõige vähem, 1,5 kg/ha/a, sadenes mineraalset lämmastikku Lahemaa sademetekeemia jaama ümbruses.

3.4.2 Kaltsiumi sisaldused sademetes

Sarnaselt mitmele eelnevale aastale, olid ka 2024. aastal sademete proovides kõrged kaltsiumi sisaldused Kundas (0,84 mg/l), Toomal (0,76 mg/l) ja Nigulas (0,87 mg/l), kuid ka Jõhvis (1,1 mg/l) ja Narvas (0,79 mg/l). Teistes jaamades jäi aasta kaalutud keskmine alla 0,70 mg/l. Kõige madalamad kaltsiumi kontsentratsioonid olid Lahemaalt ja Tahkusele kogutud sademetes (vastavalt 0,30 mg/l ja 0,39 mg/l). 2024. aasta kaalutud keskmiseks Ca^{2+} kontsentratsiooniks saadi 0,64 mg/l (2023. aastal 0,48 mg/l, 2022. aastal 0,72 mg/l).

Paljudes teistes jaamades olid kõrged sisaldused märtsist maini (**Tabel 10**). Kevadised kõrged sisaldused on seotud vähesed sademete hulgaga ning tõenäoliselt kaugkandega aprillis Eesti kohale kandunud Sahara kõrbe tolmu (vt. ka **Lisa 2. 2024. aasta oktoobri alguses esinenud „porised“ sademed**



Tahkuse seirejaams.). Metsaseirejaamades olid sademete proovidest kõrgemad sisaldused märtsis ja mais Karulas (vastavalt 4,1 mg/l ja 3,6 mg/l) ning Pikasillal (vastavalt 3,6 mg/l ja 11 mg/l). Kõikide sademete keemia seirejaamade andmete põhjal arvatud kaalutud keskmine Ca^{2+} kontsentratsioon oli kõrgeim mais 1,8 mg/l (2023. aastal 1,6 mg/l, 2022. aastal märtsis 2,6 mg/l). Kõige madalam keskmine kaltsiumi sisaldus saadi novembris 0,24 mg/l (2023. aastal detsembris 0,22 mg/l, 2022. aastal jaanuaris 0,38 mg/l).

Tabel 10. Kaltsiumi sisaldused (mg/l) 2024. aastal.

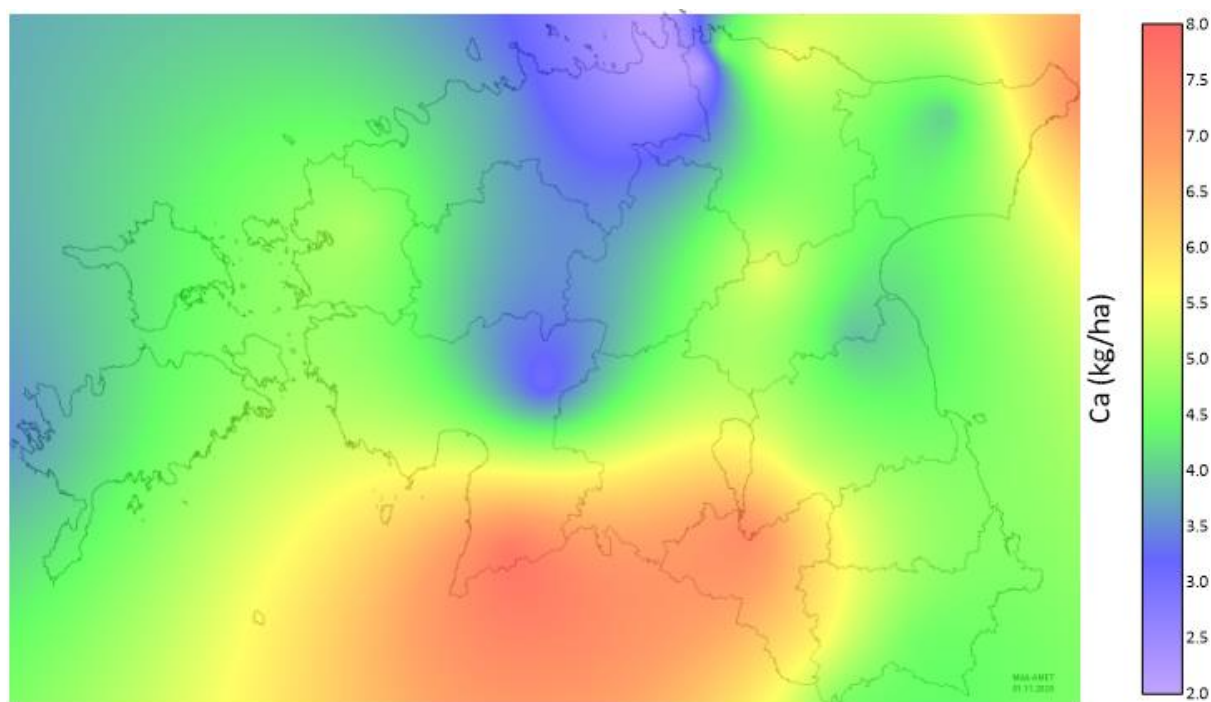
	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Veskimetsa	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	0,14	0,43	0,20	0,30	0,44	0,79	0,96	0,98	0,65	1,2	0,48
Veebruar	0,17	1,0	0,16	0,39	0,41	0,60	0,45	0,60	0,63	0,45	0,41
Märts	0,38	2,3	0,29	0,90	3,3	0,82	0,50	1,6	1,2	1,0	0,19
Aprill	1,4	1,6	1,3	1,7	3,6	0,43	0,89	1,5	0,99	1,2	0,62
Mai	0,78	2,2	1,6	2,7	2,8	3,0	3,1	8,2	1,4	5,1	0,19
Juuni	1,1	0,81	0,42	0,70	0,67	0,80	0,86	0,70	0,76	0,66	0,36
Juuli	0,29	0,73	0,36	0,39	0,72	0,77	1,4	0,55	1,0	0,90	0,39
August	0,32	0,66	0,31	0,55	0,53	0,16	1,4	0,48	0,21	0,92	0,13
September	0,67	2,5	0,35	0,62	0,83	0,25	1,3	1,5	0,13	1,7	0,26
Oktoober	1,1	1,2	0,82	0,58	0,85	0,34	0,55	0,98	1,2	0,50	0,28
November	0,14	0,26	0,13	0,38	0,15	0,32	0,38	0,39	0,15	0,12	0,17
Detsember	0,17	0,48	0,17	0,26	0,20	0,56	0,49	0,21	0,92	0,20	0,26
2024. a. kaalutud keskmine	0,50	0,87	0,39	0,64	0,76	0,50	1,0	0,84	0,61	0,79	0,30
2023. a. kaalutud keskmine	0,24	0,57	0,34	0,53	0,66	0,51*	0,38	0,79	0,41	0,46	0,21

*2023. aastal Harku kaalutud keskmine tulemus

Võrreldes 2023. aastaga olid 2024. aastal kaltsiumi keskmised sisaldused oluliselt kõrgemad Haanjas, Nigulas, Jõhvis ja Narvas.

Lahemaa sademetest analüüsitud kõrgeim kaltsiumi kontsentratsioon 2,3 mg/l oli 11. aprillil. Alla meetoodika määramispiiri (<0,040 mg/l) tulemus saadi 21. novembril.

Kõrgeimad sadenenud kogused (**Joonis 11**) saadi 2024. aastal Nigula jaamas, 7,7 kg/ha aastas (2023. aastal 4,7 kg/ha/a, 2022. aastal 5,9 kg/ha/a). Kõrge oli kaltsiumi depositsioon ka Narvas (7,3 kg/ha/a, 2023. aastal 3,6 kg/ha/a, 2022. aastal 5,3 kg/ha/a). Lahemaal deponeerus aasta jooksul kaltsiumi 2,1 kg/ha (2023. aastal 1,6 kg/ha/a, 2022. aastal 0,91 kg/ha), mujal jäi kaltsiumi depositsioon 3 kg/ha/a ja 5,5 kg/ha/a vahele.



Joonis 11. Kaltsiumi sadenemiskoormus 2024. aastal.

3.4.3 Magneesiumi sisaldused sademetes

Magneesiumi kontsentratsioonid on sademete proovides suhteliselt madalad, jäädes enamike seirejaamade puhul 0,14 mg/l (aasta kaalutud keskmise) piiridesse või isegi veel madalamale tasemele. Kõikide jaamade keskmine Mg^{2+} kontsentratsioon oli kõrgeim mais (0,32 mg/l), madalaim aga aasta lõpus (0,083 mg/l).

Kõrgeima magneesiumi sisaldusega sademed esinesid Jõhvi ja Kunda seirejaamades, kus arvutati 2024. aastal aasta kaalutud keskmiseks kontsentratsiooniks vastavalt 0,30 mg/l ja 0,25 mg/l. Metsaseirejaamadest oli magneesiumi aasta keskmisena sarnaselt eelnevale aastale rohkem Pikasilla jaamast kogutud sademete proovides, 0,16 mg/l. Väga madalad olid Mg^{2+} sisaldused Haanja ja Tahkuse sademetes, vaid 0,060 mg/l ning Saarejärvel 0,073 mg/l. Aasta kõrgeim sisaldus 1,6 mg/l analüüsiti mais Kunda sademetest (Tabel 11).



Tabel 11. Magneesiumi sisaldused (mg/l) 2024. aastal.

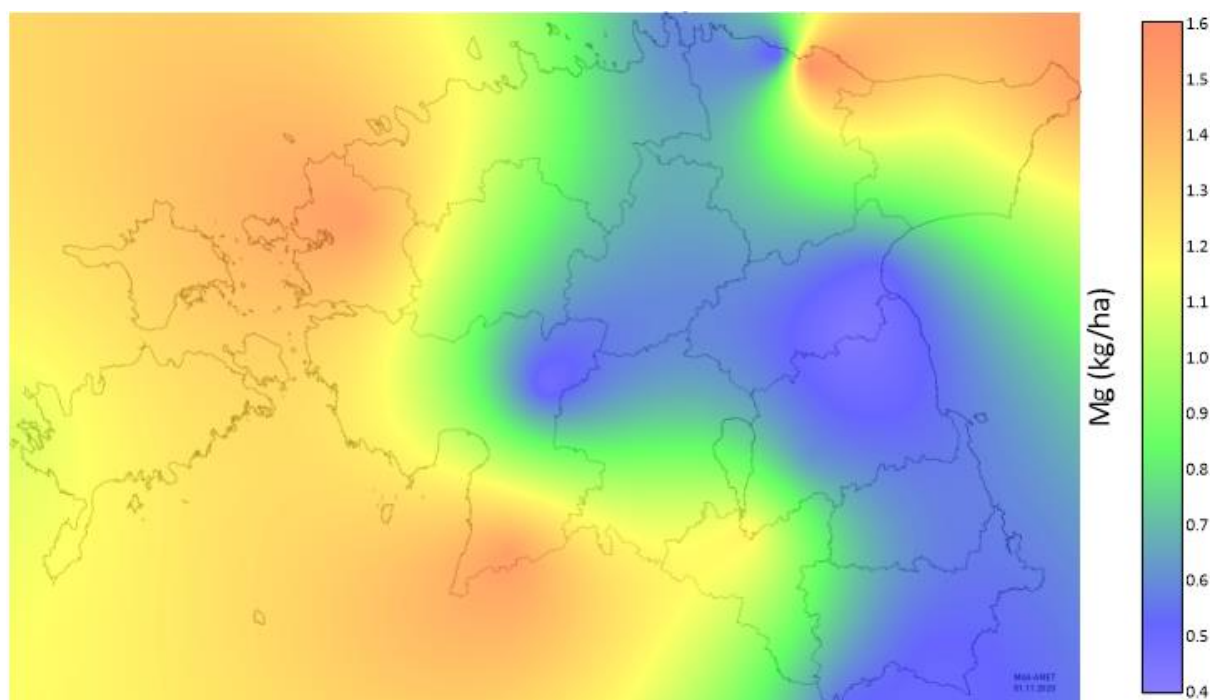
	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Veskimetsa	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	<0,020	0,075	0,036	0,041	0,055	0,15	0,16	0,21	0,14	0,27	0,13
Veebruar	0,023	0,098	0,025	0,028	0,048	0,16	0,14	0,22	0,20	0,20	0,11
Märts	0,036	0,34	0,037	0,11	0,30	0,19	0,17	0,22	0,20	0,35	0,064
Aprill	0,089	0,25	0,090	0,15	<0,020	0,12	0,10	0,31	0,17	0,16	0,15
Mai	0,12	0,40	0,27	0,37	0,29	0,77	0,44	1,6	0,47	0,72	0,081
Juuni	0,26	0,13	0,072	0,13	0,079	0,25	0,25	0,20	0,24	0,22	0,11
Juuli	0,039	0,13	0,044	0,043	0,091	0,26	0,34	0,17	0,42	0,050	0,096
August	0,068	0,18	0,041	0,053	0,088	0,19	0,73	0,42	0,13	0,29	0,038
September	0,14	0,36	0,064	0,10	0,13	0,060	0,15	0,47	0,070	0,25	0,13
Oktoober	0,11	0,17	0,11	0,060	0,093	0,070	0,070	0,24	0,070	0,080	0,047
November	0,028	0,20	0,075	0,038	0,031	0,13	0,14	0,12	0,12	0,040	0,052
Detsember	0,025	0,097	0,043	0,042	0,047	0,15	0,15	0,090	0,20	0,070	0,063
2024. a. kaalutud keskmine	0,060	0,17	0,060	0,074	0,086	0,16	0,30	0,25	0,19	0,16	0,085
2023. a. kaalutud keskmine	0,035	0,10	0,055	0,062	0,082	0,13*	0,089	0,17	0,085	0,098	0,046

*2023. aastal Harku kaalutud keskmine tulemus

Võrreldes 2023. aastaga oli 2024. aastal magneesiumi oluliselt rohkem Jõhvist kogutud sademetes.

Lahemaal oli alla meetoodika määramispiiri (<0,020 mg/l) magneesiumi kontsentratsioone kokku 4 korral (juulis ja augustis). Kõrgeim sisaldus analüüsiti 5. veebruari sademetest, 0,48 mg/l.

Magneesiumi depositsioonikaardilt (Joonis 12) on näha, et 2024. aastal deponeerus sademetega kõige rohkem magneesiumi taaskord Kunda ümbruses 1,6 kg/ha (2023. aastal 1,2 kg/ha/a, 2022. aastal 1,0 kg/ha/a). Nigulas, Lääne-Nigulas ja Narvas sadenes magneesiumi aasta jooksul 1,5 kg/ha/a, teistes jaamades jäi depositsioon alla 1,2 kg/ha/a. Kõige väiksem oli magneesiumi sadenemiskoormus Saarejärvel (0,43 kg/ha/a).



Joonis 12. Magneesiumi sadenemiskoormus 2024. aastal.

3.4.4 Naatriumi sisaldused sademetes

Naatriumi kontsentratsioonid olid sademete proovides 2024. aastal kõrgeimad novembris, kui kõikide jaamade keskmine sisaldus oli 0,86 mg/l. Kogu aasta kaalutud keskmiseks naatriumi sisalduseks on 0,43 mg/l (2023. aastal 0,47 mg/l, 2022. aastal 0,46 mg/l), kõrgemad sisaldused olid Vilsandil ja Nigulas (aasta keskmised vastavalt 0,98 mg/l ja 0,64 mg/l) ning Veskimetsas (0,56 mg/l). Kõige vähem sisaldasid naatriumi kõikide jaamade andmete põhjal juuli sademete proovid (kõikide jaamade kaalutud keskmine 0,20 mg/l).

Metsaseire jaamades olid aasta kaalutud keskmised naatriumi sisaldused madalad, jäädes 0,27 mg/l ja 0,34 mg/l vahele. Madalaimad kaalutud keskmised tulemused olid aga Haanjas (0,24 mg/l), Lahemaal (0,18 mg/l) ja Saarejärvel (0,20 mg/l) (Tabel 12).



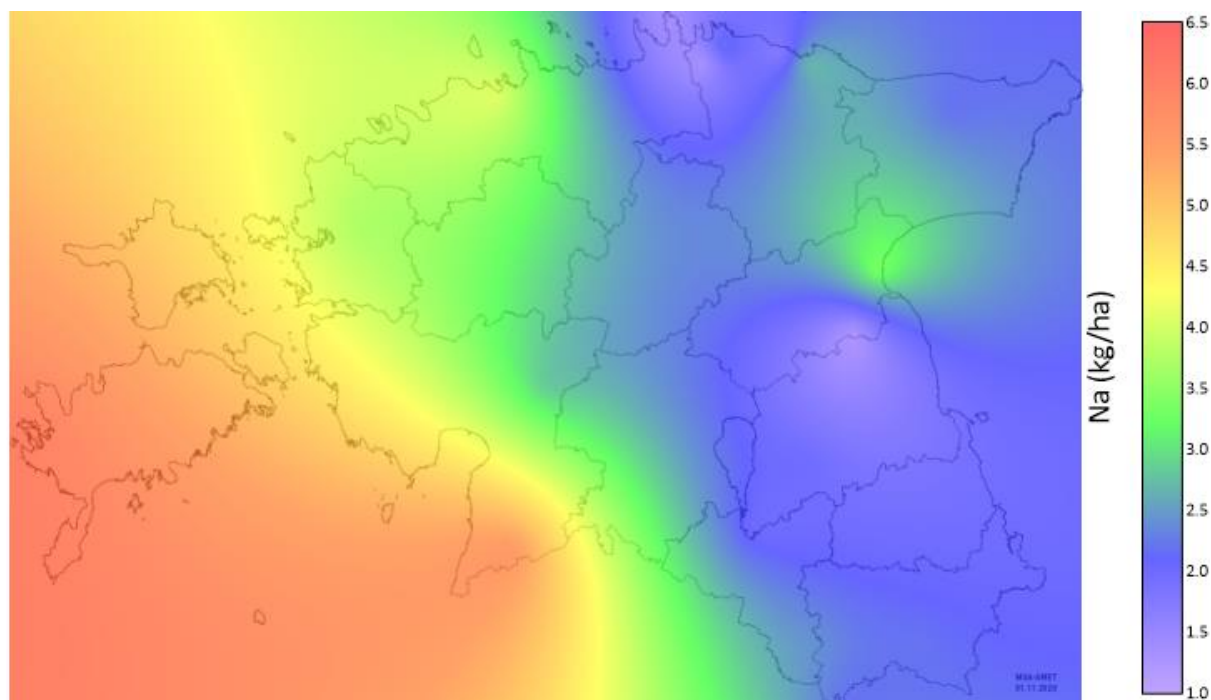
Tabel 12. Naatriumi sisaldused (mg/l) 2024. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Veskimetsa	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	0,16	0,56	0,31	0,54	0,68	0,40	0,72	0,62	0,71	0,45	0,23
Veebruar	0,22	0,11	0,19	0,31	0,63	0,31	0,54	0,36	0,31	0,37	0,095
Märts	0,10	0,41	0,22	0,70	1,5	0,50	0,89	0,61	0,26	0,17	0,15
Aprill	0,19	0,69	0,33	0,56	1,1	0,32	0,89	0,76	0,26	0,19	0,23
Mai	0,87	0,43	0,33	2,2	0,33	1,1	0,76	0,82	0,24	1,0	0,13
Juuni	0,94	0,23	0,20	0,43	0,15	0,30	0,47	0,48	0,28	0,29	0,13
Juuli	0,078	0,30	0,10	0,20	0,11	0,37	0,58	0,20	0,17	0,13	0,14
August	0,23	0,79	0,11	0,67	0,32	0,74	0,56	0,36	0,24	0,31	0,17
September	0,098	0,39	0,22	0,88	0,37	0,54	0,56	0,30	0,20	0,25	0,21
Oktoober	0,28	0,52	0,60	0,89	0,26	1,2	0,65	0,58	0,64	0,28	0,27
November	0,44	1,7	0,89	0,28	0,37	0,87	0,29	0,47	1,8	0,14	0,25
Detsember	0,20	0,57	0,64	0,44	0,31	0,31	0,33	0,29	0,52	0,29	0,17
2024. a. kaalutud keskmine	0,24	0,64	0,37	0,51	0,34	0,56	0,55	0,43	0,46	0,24	0,18
2023. a. kaalutud keskmine	0,30	0,45	0,39	0,50	0,31	0,43*	0,59	0,55	0,36	0,31	0,19

*2023. aastal Harku kaalutud keskmine tulemus

Lahemaal analüüsitud proovidest kõrgeim naatriumi kontsentratsioon oli 16. novembril 3,5 mg/l, ülejäänud tulemused jäid madalatesse piiridesse (<2,5 mg/l). Alla metoodika määramispiiri (<0,020 mg/l) tulemus esines ühel korral oktoobris.

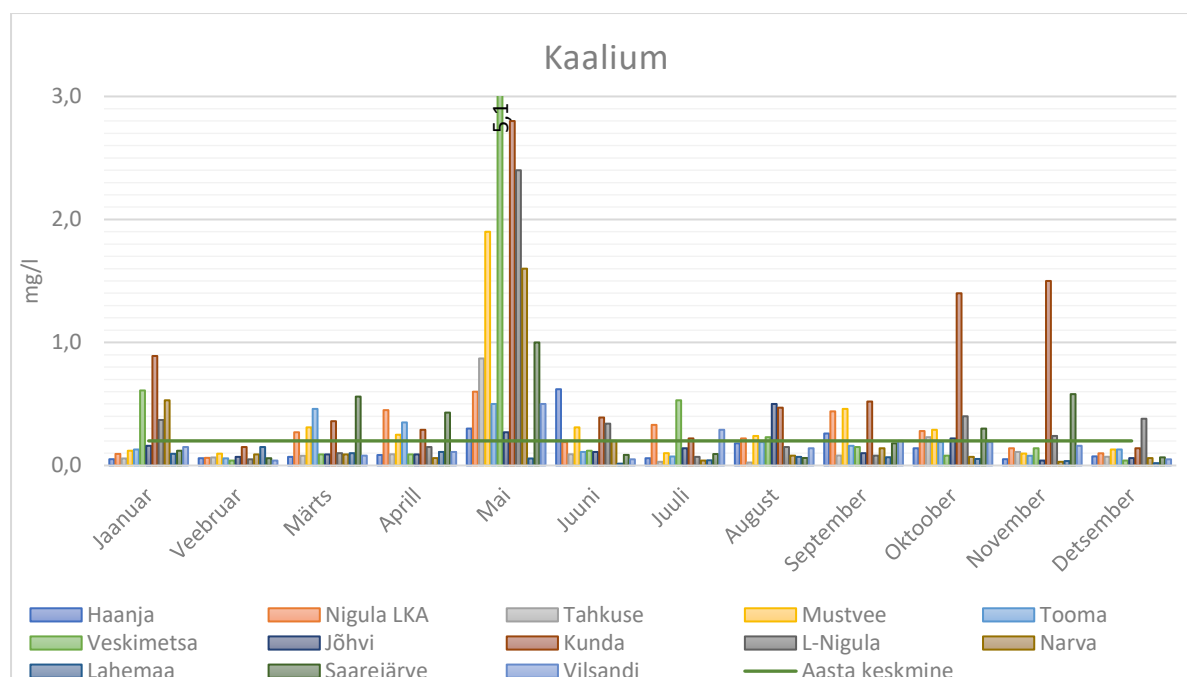
Kõige rohkem sadenes 2024. aastal naatriumi Vilsandil (6,0 kg/ha/a), Nigulas (5,6 kg/ha/a) ja Veskimetsas (4,1 kg/ha/a), võrdluseks 2023. aastal oli kolm kõrgeima sadenemiskoormusega jaama Vilsandi 12 kg/ha/a, Kunda 3,8 kg/ha/a ja Nigula 3,7 kg/ha/a, 2022. aastal Vilsandi 7,5 kg/ha/a, Tooma 5,7 kg/ha/a ja Kunda 5,0 kg/ha/a. Madalaim sadenenud naatriumi koormus saadi seekord Saarejärvelt 1,2 kg/ha (2023. aastal samuti Saarejärvelt 1,2 kg/ha/a, 2022. aastal Lahemaal 0,92 kg/ha/a) (Joonis 13).



Joonis 13. Naatriumi sadenemiskoormus 2024. aastal.

3.4.5 Kaaliumi sisaldused sademetes

Enamasti on sademete proovidest analüüsitud kaaliumi kontsentratsioonid väga madalad. 2024. aastal olid kõige kõrgemad kaaliumi kontsentratsioonid (0,60 mg/l) Kunda jaamast kogutud sademete proovides (sama tendents oli ka viiel eelneval aastal). Kaaliumi kontsentratsioonid olid kõikide jaamade tulemuste põhjal kõrgeimad mais (1,1 mg/l) (Joonis 14). Mais oli sademete hulk väike ja proovid kontsentreeritud. 2024. aastal saadi aastaseks kaalutud keskmiseks kaaliumi kontsentratsiooniks kõikide sademete seirejaamade andmete põhjal 0,20 mg/l (2023. aastal 0,27 mg/l, 2022. aastal 0,22 mg/l). Kõige vähem sisaldasid kaaliumi 2024. aastal Lahemaa sademed (0,060 mg/l). Võrreldes 2023. aasta tulemustega vähenesid kaaliumi sisaldused Haanjas, Tahkusel ja Kundas, teistes jaamades jäid tulemused samale tasemele (Tabel 13).



Joonis 14. Kaaliumi sisaldused (mg/l) sademetes 2024. aastal.

Tabel 13. Kaaliumi sisaldused (mg/l) 2024. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Veskimetsa	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaanuar	0,051	0,094	0,057	0,12	0,13	0,61	0,16	0,89	0,37	0,53	0,095
Veebruar	0,059	0,062	0,065	0,096	0,058	0,040	0,070	0,15	0,050	0,090	0,15
Märts	0,070	0,27	0,079	0,31	0,46	0,090	0,090	0,36	0,10	0,090	0,10
Aprill	0,085	0,45	0,091	0,25	0,35	0,090	0,090	0,29	0,15	0,060	0,11
Mai	0,30	0,60	0,87	1,9	0,50	5,1	0,27	2,8	2,4	1,6	0,057
Juuni	0,62	0,19	0,091	0,31	0,11	0,12	0,11	0,39	0,34	0,20	0,015
Juuli	0,059	0,33	0,030	0,10	0,073	0,53	0,14	0,22	0,070	0,040	0,042
August	0,18	0,22	0,024	0,24	0,19	0,23	0,50	0,47	0,15	0,080	0,070
September	0,26	0,44	0,081	0,46	0,16	0,15	0,10	0,52	0,080	0,14	0,067
Oktoober	0,14	0,28	0,23	0,29	0,19	0,080	0,22	1,4	0,40	0,070	0,053
November	0,051	0,14	0,11	0,097	0,079	0,14	0,040	1,5	0,24	0,030	0,036
Detsember	0,074	0,099	0,071	0,13	0,13	0,040	0,060	0,14	0,38	0,060	0,019
2024. a. kaalutud keskmine	0,11	0,24	0,089	0,23	0,15	0,23	0,18	0,60	0,28	0,11	0,060
2023. a. kaalutud keskmine	0,30	0,21	0,11	0,29	0,16	0,18*	0,26	0,84	0,31	0,22	0,084

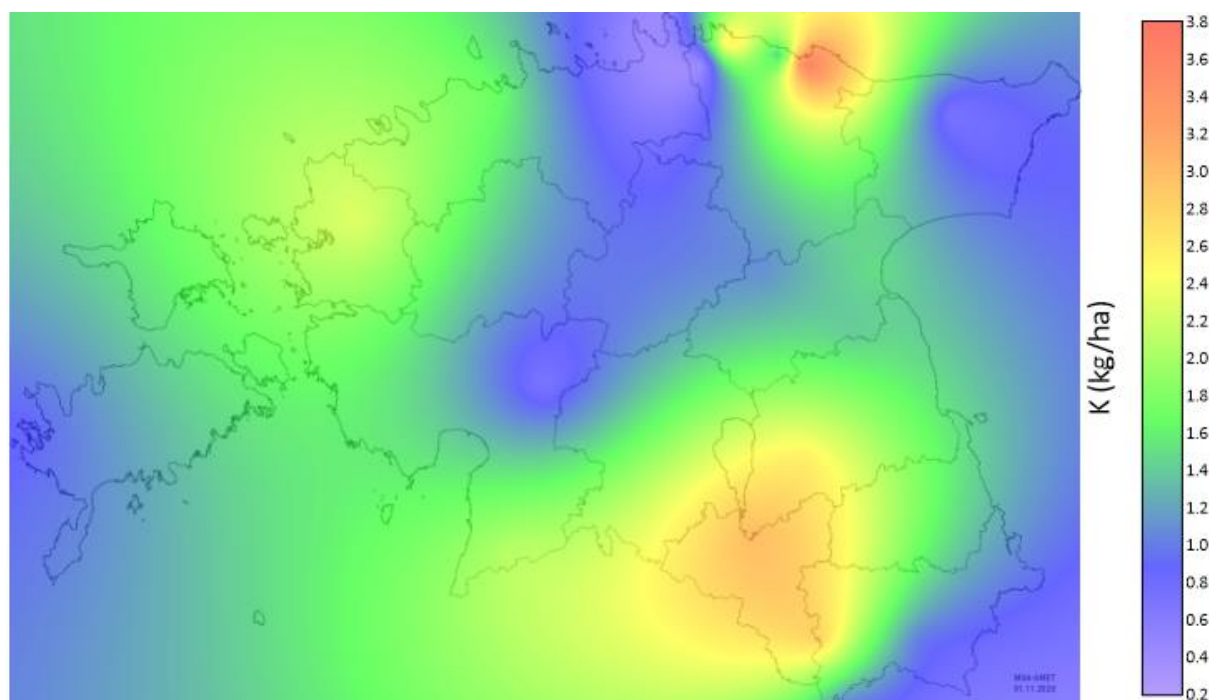
*2023. aastal Harku kaalutud keskmine tulemus

Lahemaal saadi ühel korral kõrge (võrdlusvahemikud Tabel 8) kaaliumi kontsentratsioon, 5. veebruaril 5,5 mg/l. Alla meetodika määramispiiri (<0,020 mg/l) kontsentratsioone oli Lahemaal 47 korral (suvekuudel ja aasta IV kvartalis).



Metsaseire jaamade aasta kaalutud keskmised tulemused jäävad 0,21 mg/l (Karepal) ja 0,41 mg/l (Pikasillal) vahele. Kõrgeim tulemus saadi mais Pikasillal 7,4 mg/l.

2024. aasta keskmised kaaliumi depositsioonihulgad olid võrreldes teiste ionide sadenenud kogustega madalamate hulgas. Kõrgeimad kaaliumi koormused on Kundas 3,8 kg/ha/a (2023. aastal 5,8 kg/ha/a, 2022. aastal 4,6 kg/ha/a), Lääne-Nigulas 2,3 kg/ha/a (2023. aastal 2,4 kg/ha/a, 2022. aastal 1,4 kg/ha/a) ja Nigulas 2,1 kg/ha/a (2023. aastal 1,8 kg/ha/a, 2022. aastal 1,3 kg/ha/a) (**Joonis 15**). Erinevus koormustes on tingitud madalamatest kontsentratsioonidest ja väiksemast sademete hulgast. Lahemaal sadenes kogu aasta jooksul kaaliumi vaid 0,43 kg/ha/a (2023. aastal 0,62 kg/ha/a, 2022. aastal 0,41 kg/ha/a).



Joonis 15. Kaaliumi sadenemiskoormus 2024. aastal.

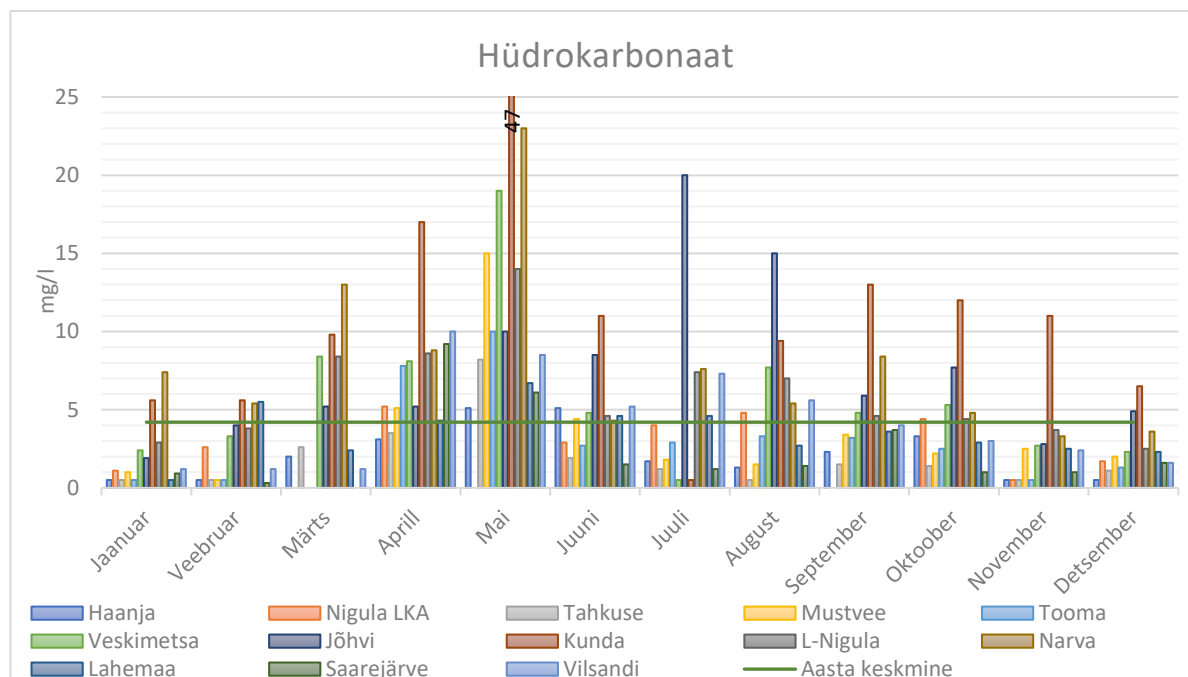
3.5 Hüdrokarbonaat

Hüdrokarbonaat analüüsitakse kõikide sademetekeemia jaamade proovidest (alates 2022. aastast ka Jõhvis), samuti määratakse seda kompleksseire ning metsaseire jaamadest kogutud proovidest. See näitab vee puhverdusvõimet, vee hea puhverdusvõime võimaldab vältida suuri pH kõikumisi, mis tähendab, et vesi suudab neutraliseerida happeid ja aluseid. Aasta kaalutud keskmiseks hüdrokarbonaadi sisalduseks saadi 4,2 mg/l. Kõrgeimad kaalutud keskmised sisaldused esinesid



seekord Jõhvis 11 mg/l (2023. aastal Kudas 10 mg/l, 2022. aastal ka Kudas 13 mg/l) ja madalaimad tulemused saadi Tahkusel 1,3 mg/l (2023. ja 2022. aastal 1,7 mg/l) (Joonis 16, Tabel 14).

Kõrgemad hüdrokarbonaadi kontsentratsioonid saadi II ja III kvartalis. Maksimaalsed tulemused saadi mais, mil sademete hulk oli väike ja proovid kontsentreeritumad.



Joonis 16. Hüdrokarbonaat (mg/l) sademetes 2024. aastal.

Tabel 14. Sademete hüdrokarbonaadi sisaldused (mg/l) 2024. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Veskimetsa	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Jaauar	<1,0	1,1	<1,0	1,0	<1,0	2,4	1,9	5,6	2,9	7,4	<1,0
Veebruar	<1,0	2,6	<1,0	<1,0	<1,0	3,3	4,0	5,6	3,8	5,4	5,5
Märts	2,0	vv	2,6	vv	vv	8,4	5,2	9,8	8,4	13	2,4
Aprill	3,1	5,2	3,5	5,1	7,8	8,1	5,2	17	8,6	8,8	4,3
Mai	5,1	vv	8,2	15	10	19	10	47	14	23	6,7
Juuni	5,1	2,9	1,9	4,4	2,7	4,8	8,5	11	4,6	4,3	4,6
Juuli	1,7	4,0	1,2	1,8	2,9	<1,0	20	<1,0	7,4	7,6	4,6
August	1,3	4,8	<1,0	1,5	3,3	7,7	15	9,4	7,0	5,4	2,7
September	2,3	vv	1,5	3,4	3,2	4,8	5,9	13	4,6	8,4	3,6
Oktoober	3,3	4,4	1,4	2,2	2,5	5,3	7,7	12	4,4	4,8	2,9
November	<1,0	<1,0	<1,0	2,5	<1,0	2,7	2,8	11	3,7	3,3	2,5
Detsember	<1,0	1,7	1,1	2,0	1,3	2,3	4,9	6,5	2,5	3,6	2,3
2024. a. kaalutud keskmine	1,8	2,9	1,3	2,7	2,7	4,8	11	9,1	5,7	6,1	3,5
2023. a. kaalutud keskmine	1,1	2,4	1,7	2,3	2,3	7,7*	7,4	10	5,3	5,9	3,9

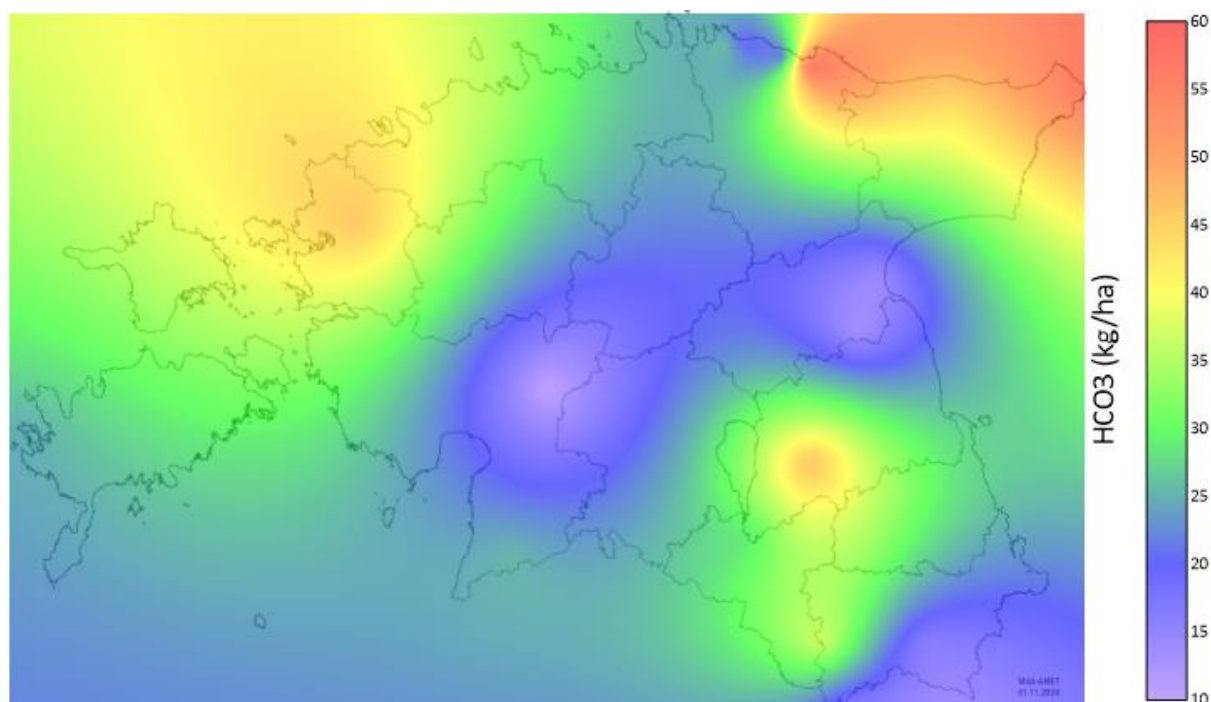
vv – vähe proovi analüüsiks; *2023. aastal Harku kaalutud keskmine tulemus



Hüdrokarbonaadi sisaldused jäid proovi vähesuse tõttu määramata märtsis Mustvees ja Toomal ning märtsis, mais ja septembris Nigulas.

Metsaseire jaamade aasta kaalutud keskmiseks hüdrokarbonaatide kontsentratsiooniks saadi 4,3 mg/l. Madalaimad sisaldused olid Vihulas, kus aasta kaalutud keskmine oli 2,9 mg/l ning kõrgeimad tulemused Tõraveres, kus aasta kaalutud keskmine hüdrokarbonaadi sisaldus oli 7,2 mg/l.

Hüdrokarbonaadi aastased sadenemiskoormused olid kõrgemad Kundas ja Narvas (vastavalt 58 kg/ha/a ja 56 kg/ha/a) ning madalamad Tahkusel, Mustvees ning Saarejärvel (vastavalt 10 kg/ha/a, 15 kg/ha/a ja 14 kg/ha/a) (Joonis 17).



Joonis 17. Hüdrokarbonaatide sadenemiskoormus 2024. aastal.



3.6 Raskmetallide sisaldused sademetes

Sademetes seire raames määrati 2024. aastal kõikide jaamade sademete proovidest Cd, Cu, Pb ja Zn. Kui tsinki määrati ka varasematel aastatel kõikidest sademete keemia seirejaamadest, siis 2022. aastal hakati ka Jõhvi proovidest kaadmiumi, vaske ja pliid määrama. Haanja, Nigula, Mustvee, Tooma, Kunda ja Narva jaamade sademete proovidest määrati lisaks kuus korda aastas elavhõbedat (**Tabel 15**). Lahemaa jaama proovidest analüüsiti As, Cd, Cu, Pb, Zn ja Ni nädala keskmisest proovist ja Hg üks kord kuus.

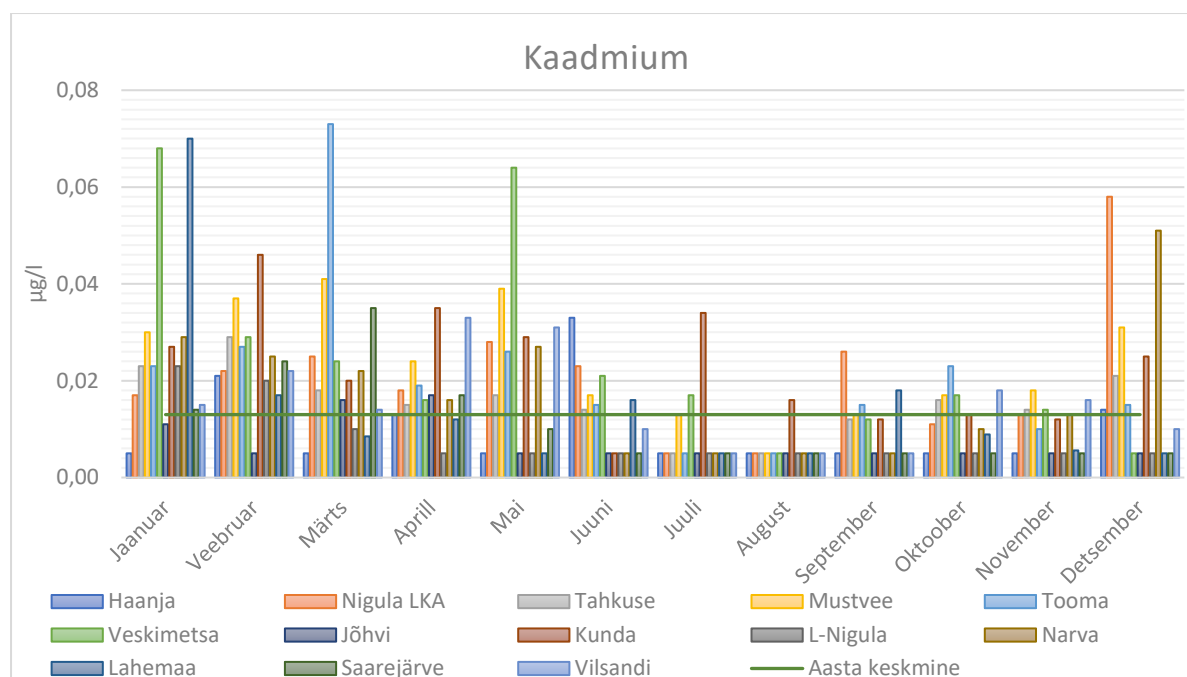
Lahemaa sademetekeemia jaam on foonijaam (EMEP), sest nimetatud jaam asub suurematest saasteallikatest eemal. Suuremad raskmetallide kontsentratsioonide erinevused võrreldes teiste jaamadega olid vase ja tsingi sisaldustes, mille aasta keskmised olid mõnedes teistes jaamades oluliselt (kuni üle 100 korra) kõrgemad Lahemaal mõõdetud väärtustest.

Tabel 15. Raskmetallide kaalutud keskmised sisaldused (µg/l) 2024. aastal.

	Haanja	Nigula	Tahkuse	Mustvee	Tooma	Veskimetsa	Jõhvi	Kunda	Lääne-Nigula	Narva	Lahemaa
Cd	0,0082	0,018	0,014	0,019	0,014	0,018	0,0063	0,022	0,0062	0,013	0,012
Cu	0,83	2,1	0,74	2,0	2,1	12	2,0	1,4	0,44	2,0	0,32
Pb	0,11	0,15	0,39	0,28	0,26	0,10	0,032	0,11	0,053	0,33	0,12
Zn	6,5	21	14	9,5	8,2	13	4,3	560	4,7	50	4,4
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,085
As	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,039
Hg	0,0025	0,0025	-	0,0025	0,0025	-	-	0,0025	-	0,0025	0,0026

Kaadmiumi aasta kaalutud keskmiseks kontsentratsiooniks saadi kõikide seirejaamade andmete põhjal 0,013 µg/l (2023. aastal 0,016 µg/l, 2022. aastal 0,020 µg/l) (**Joonis 18**), aasta jooksul oli keskmine kaadmiumi sadenemiskoormus 0,096 g/ha ehk 0,000096 kg/ha (2023. aastal 0,12 g/ha, 2022. aastal 0,11 g/ha) (**Joonis 22**).

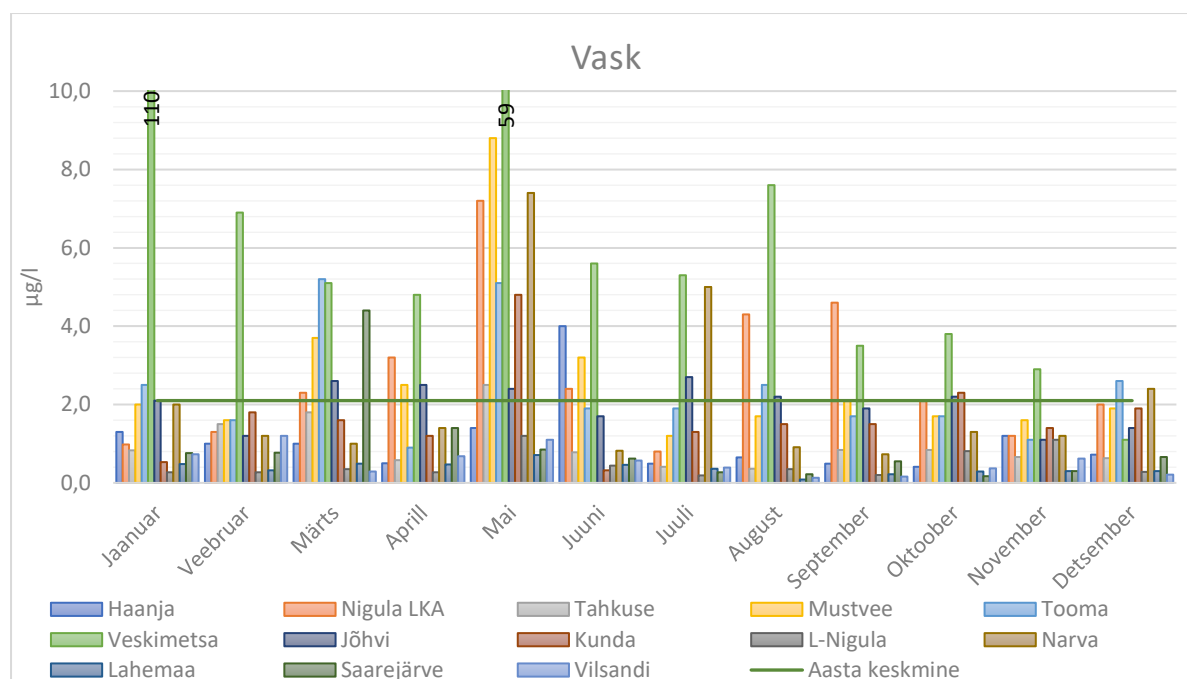
2024. aasta jooksul sadenes kaadmiumi Võrtsjärve pinnale 2,6 kg/a ehk 0,0026 t/a (2023. aastal 0,0032 t/a, 2022. aastal 0,0031 t/a), Peipsi pinnale 34 kg/a ehk 0,034 t/a (2023. aastal 0,042 t/a, 2022. aastal 0,040 t/a) ja kogu Eesti merealadele 349 kg/a ehk 0,35 t/a (2023. aastal 0,43 t/a, 2022. aastal 0,42 t/a), mis on vähem kui kahel eelneval aastal.



Joonis 18. Kaadmiumi sisaldused sademetes 2024. aastal.

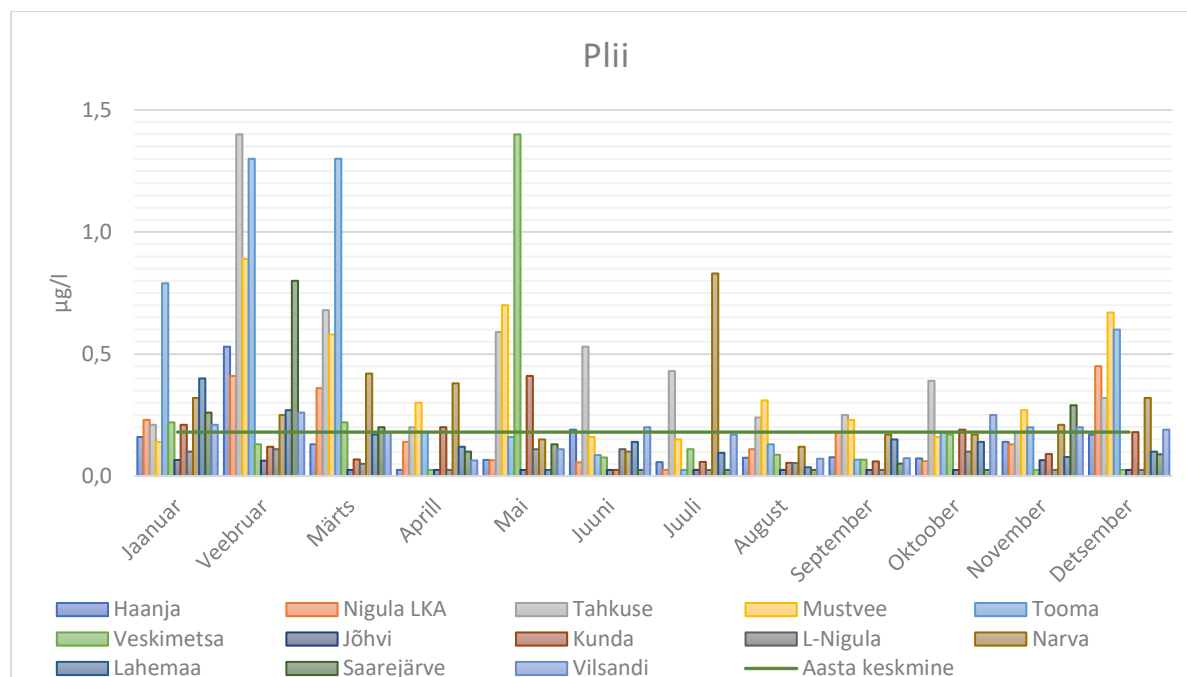
Aasta kaalutud keskmiseks vase kontsentratsiooniks saadi 2,1 µg/l (2023. aastal 1,2 µg/l, 2022. aastal 1,4 µg/l) (Joonis 19), keskmiseks sadenemise hulga oli 15 g/ha (2023. aastal 8,4 g/ha, 2022. aastal 8,3 g/ha) (Joonis 22). Kuigi sademeid esines vähem, olid kontsentratsioonid kohati oluliselt kõrgemad võrreldes 2023. aastaga, ning seega ka sadenemiskogused suuremad. Kõrgemad tulemused esinesid mais mitmel pool üle Eesti, lisaks olid Veskimetsa seirejaamas läbi aasta kõrgemad tulemused. Põhjust on keeruline hinnata, sest Veskimetsa seirejaam on uus.

Võrtsjärve pinnale sadenes vaske 2024. aasta jooksul 0,40 t/a, Peipsi pinnale 5,2 t/a ning Eesti merealale 54 t/a (2023. aastal vastavalt 0,23 t/a, 3,0 t/a ja 31 t/a, 2022. aastal vastavalt 0,22 t/a, 2,9 t/a ja 30 t/a).



Joonis 19. Vase sisaldused sademetes 2024. aastal.

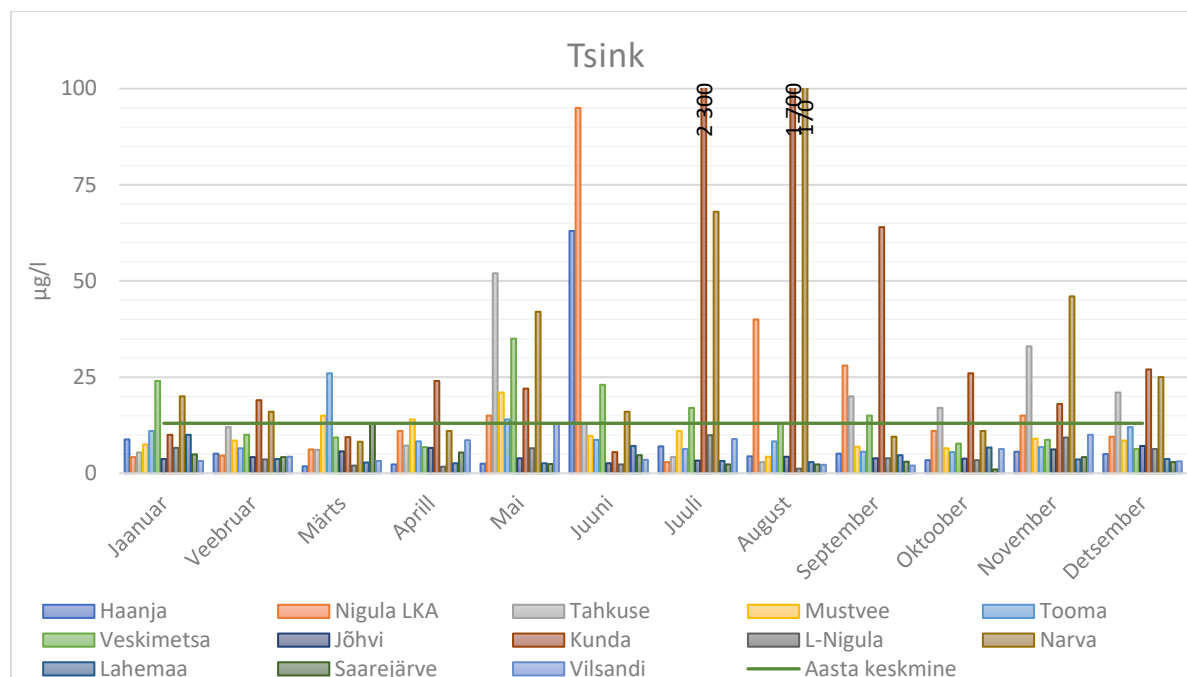
Aasta kaalutud keskmine plii kontsentratsioon oli 0,18 µg/l (2023. aastal 0,19 µg/l, 2022. aastal 0,30 µg/l) (**Joonis 20**), keskmine plii sadenemiskoormus oli 1,3 g/ha ehk 0,0013 kg/ha (2023. aastal samuti 1,3 g/ha, 2022. aastal 1,7 g/ha,) (**Joonis 22**). Aasta esimesel poolel olid plii sisaldused sademetes kõrgemad, mis võib olla tingitud kontsentreeritumatest proovidest – sademete hulk oli väiksem. Võrtsjärve pinnale deponeerus aastaga pliid 35 kg/a (0,035 t/a), Peipsi pinnale 0,46 t/a, kogu Eesti merealadele 4,7 t/a, mis on vähem kui 2022. aastal (2023. aastal Võrtsjärvele 0,036 t/a, Peipsile 0,49 t/a ja merealadele 4,9 t/a, 2022. aastal Võrtsjärvele 0,047 t/a, Peipsile 0,62 t/a ja merealadele 6,3 t/a).



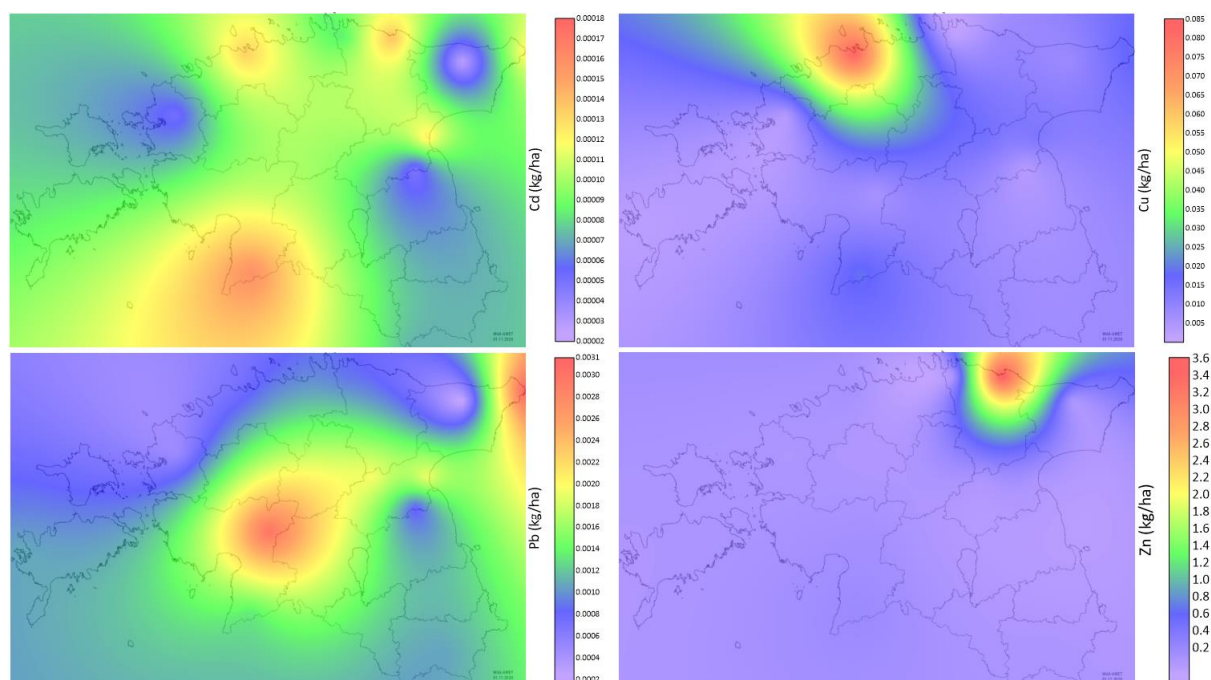
Joonis 20. Plii sisaldused sademetes 2024. aastal.

Aasta kaalutud keskmine tsingi kontsentratsioon sademetes oli 13 µg/l (2023. aastal 8,5 µg/l, 2022. aastal 12 µg/l), kui arvestada ka Kundas esinenud ülikõrgeid tsingi sisaldusi, siis tuleks aasta kaalutud keskmiseks kontsentratsiooniks 51 µg/l. Ei ole teada, mis põhjustas Kundas ülikõrgeid sisaldusi, ent kõrgeid sisaldusi esines suvel ka mujal (juunis Haanjas, mais Tahkusel, juulis ja augustis Narvas ning juunis Nigulas) (**Joonis 21**).

Keskmiseks sadenemise hulgaks saadi 0,36 kg/ha (2023. aastal 0,061 kg/ha, 2022. aastal 0,068 kg/ha, 2021. aastal 0,057 kg/ha) (**Joonis 22**). Aastane sademetest tulev tsingi keskmine koormus Võrtsjärve pinnale oli 9,8 t/a, Peipsile 129 t/a ja Eesti merealadele 1325 t/a. Võrdluseks 2023. aastal oli tsingi koormus Võrtsjärve pinnale 1,6 t/a, Peipsile 22 t/a ja Eesti merealadele 223 t/a, 2022. aastal sadenes Võrtsjärve pinnale 1,8 t/a tsinki, Peipsile 27 t/a ja Eesti merealadele 249 t/a. Nii kõrge koormus on tingitud osaliselt väga kõrgetest tsingi sisaldustest sademeterohketel kuudel (eelkõige juuli ja august).



Joonis 21. Tsingi sisaldused sademetes 2024. aastal.

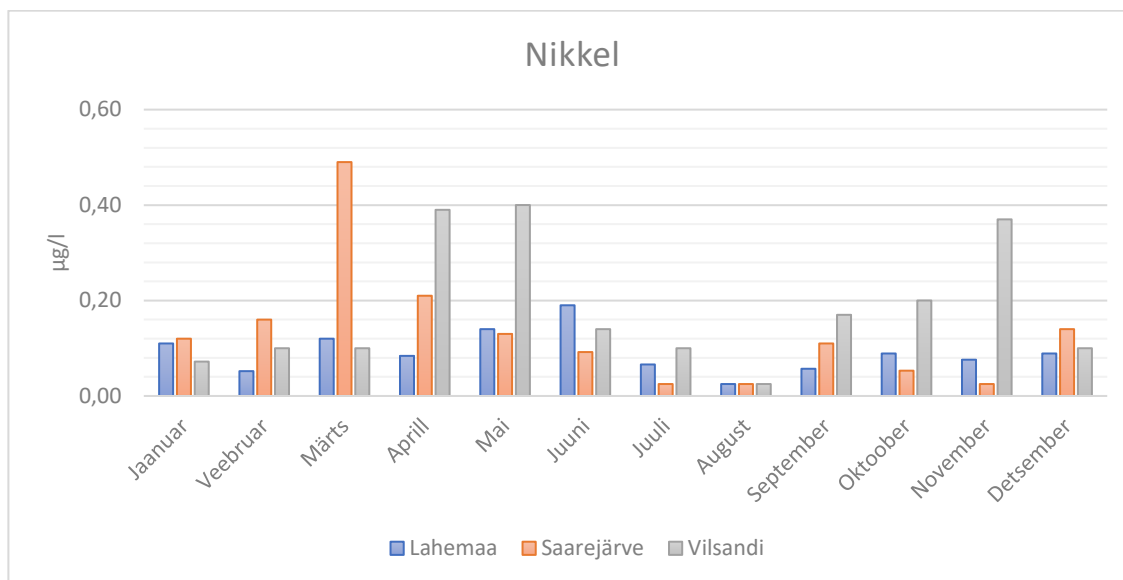


Joonis 22. Raskmetallide sadenemiskoormused 2024. aastal.

Niklit analüüsiti 2024. aastal Lahemaa, Vilsandi ja Saarejärve jaamade sademete proovides (**Joonis 23**). Aasta keskmiseks kontsentratsiooniks saadi 0,12 µg/l (2023. aastal 0,14 µg/l, 2022. aastal 0,22 µg/l), aasta jooksul sadenes niklit keskmiselt 0,73 g/ha ehk 0,00073 kg/ha (2023. aastal 0,00094 kg/ha, 2022.

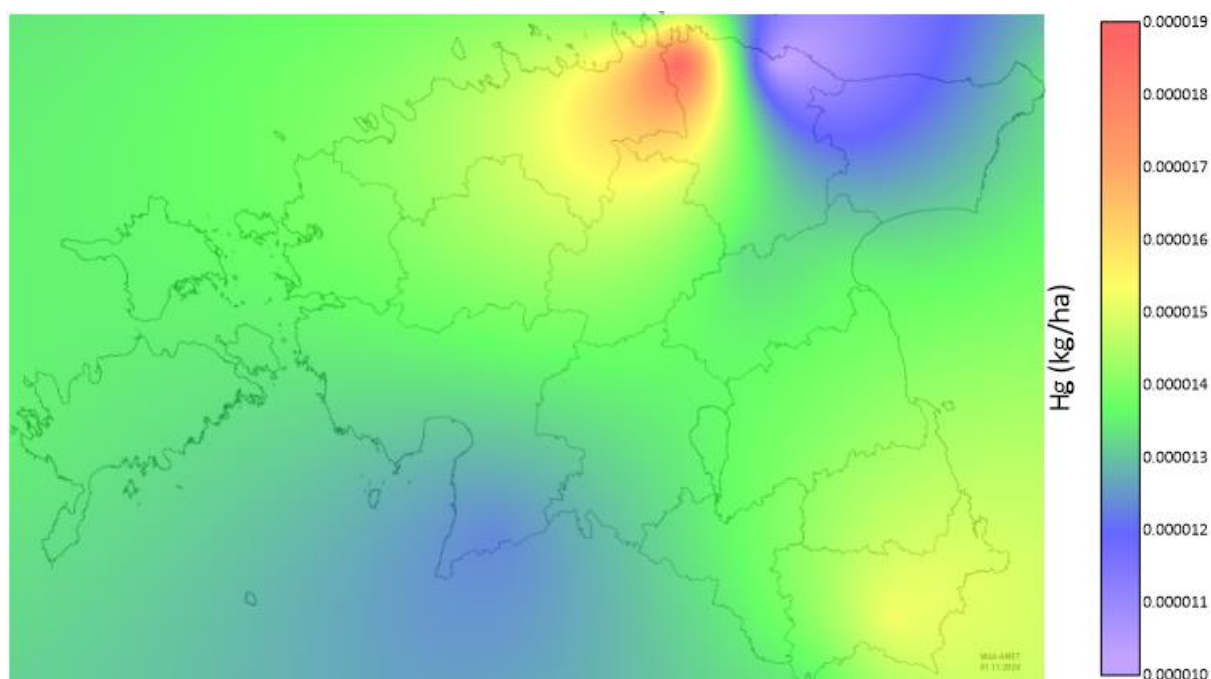


aastal 0,0013 kg/ha, 2021, aastal 0,0021 kg/ha). Aastane nikli sadenemiskoormus Võrtsjärve pinnale oli 20 kg, Peipsile 260 kg ja Eesti merealadele 2,7 tonni. Seda on vähem kui paaril eelneval aastal. 2023. aastal sadenes Võrtsjärve pinnale niklit 25 kg/a ehk 0,025 t/a, Peipsile 0,33 t/a ning merealadele 3,4 t/a. 2022. aastal sadenes Võrtsjärve pinnale aastaga niklit 36 kg/a ehk 0,036 t/a, Peipsile 0,47 t/a ning Eesti merealadele 4,8 t/a.



Joonis 23. Nikli sisaldused (µg/l) sademetes 2024. aastal.

Elavhõbeda aasta keskmised sisaldused jäid enamikes jaamades alla määramispiiri. Nii Haanjas, Nigulas, Mustvees, Toomal, Kundas kui ka Narvas jäid elavhõbeda sisaldused kogu aasta vältel alla määramispiiri (<0,005 µg/l). Lahemaal oli mais üle määramispiiri tulemus (0,0056 µg/l). Arvutuste tegemisel on kasutatud kontsentratsiooni, mis on pool määramispiirist, seega oli 2024. aastal keskmine elavhõbeda sisaldus 0,0017 µg/l (2023. aastal 0,0018 µg/l, 2022. aastal 0,0014 µg/l) ja keskmiselt sadenes 0,013 g/ha ehk 0,00013 kg/ha (2023. aastal samuti 0,013 g/ha, 2022. aastal 0,012 g/ha) (Joonis 24). 2024. aastal oli elavhõbeda sadenemiskoormus Võrtsjärve pinnale 0,36 kg/a (0,00036 t/a), Peipsile 4,7 kg/a (0,0047 t/a) ja Eesti merealadele 48,6 kg/a (0,049 t/a). Sademeid oli võrreldes 2023. aastaga üle Eesti tavapärasest vähem, samas sademetekeemia seirejaamades tuli rohkem sademeid. Mitmel pool tuli korraga väga suurel hulgal sademeid (näiteks juulis pikaajaline Eesti keskmine 67 mm, 2024. aasta sademetekeemia jaamade juuli keskmine 130 mm). 2023. aasta jooksul deponeerus elavhõbedat Võrtsjärve pinnale 0,34 kg/a (0,00034 t/a), Peipsi järvele 4,5 kg/a (0,0045 t/a) ning merealadele 46,6 kg/a (0,047 t/a). 2022. aastal oli elavhõbeda koormus Võrtsjärve pinnale 0,33 kg/a (0,00033 t/a), Peipsi pinnale 4,3 kg/a (0,0043 t/a) ja kogu Eesti merealadele 44,8 kg/a (0,045 t/a).



Joonis 24. Elavhõbeda sadenemiskoormus 2024. aastal.

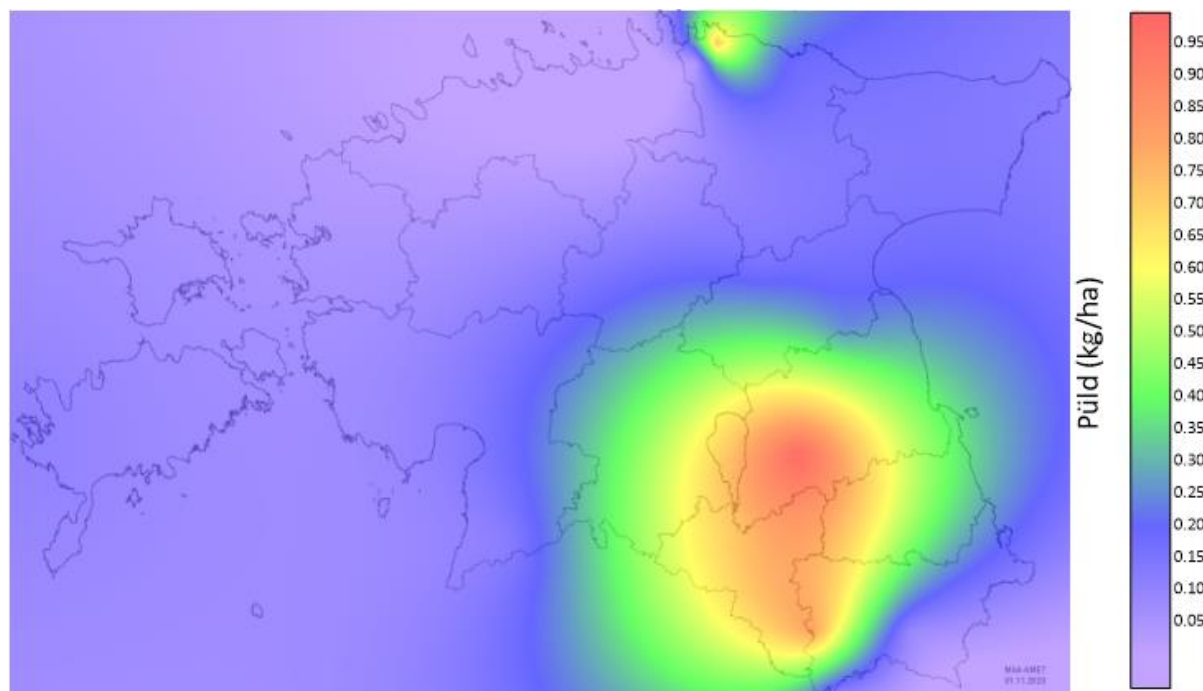
3.7 Üldfosfori ja –lämmastiku sisaldused sademetes

2024. aastal jätkati sademetest 6 korda aastas üldfosfori analüüsimist järgmiste seirejaamade proovidest: Lahemaa, Haanja, Mustvee, Nigula, Tooma, Kunda ja Narva, lisaks igal kuul Vilsandil, Saarejärvel ja kõikides metsaseire jaamades. Enamikes jaamades olid üldfosfori kontsentratsioonid madalad. Aasta kaalutud keskmised üldfosfori sisaldused sademetekeemia seirejaamades olid kõrgeimad Kundas 0,051 mg/l (2023. aastal Toomal 0,061 mg/l, 2022. aastal Nigulas 0,053 mg/l). Metsaseire jaamades olid kõrgeimad tulemused Karulas ja Sagadis (kaalutud keskmine 0,11 mg/l) ning Tõraveres (kaalutud keskmine 0,17 mg/l). Kõikide seirejaamade andmete põhjal oli 2024. aasta kaalutud keskmine üldfosfori kontsentratsioon 0,044 mg/l (2023. aastal 0,048 mg/l, 2022. aastal 0,043 mg/l). Kõige rohkem sadenes üldfosforit Tõraveres ja kõige madalam sadenemiskoormus oli Lahemaal (Tabel 16).


Tabel 16. Üldfosfori ja -lämmastiku sadenemiskogused 2024. aastal.

	Haanja	Mustvee	Nigula	Tooma	Kunda	Narva	Lahemaa	Saarejärve	Vilsandi	Karepa	Karula	Pikasilja	Sagadi	Tõravere	Vihula
P-üld kg/ha	0,090	0,18	0,12	0,15	0,18	0,12	0,043	0,25	0,11	0,24	0,80	0,74	0,76	0,99	0,56
N-üld kg/ha	-	-	-	-	-	-	-	3,3	6,5	4,7	9,3	4,6	7,8	14	5,5

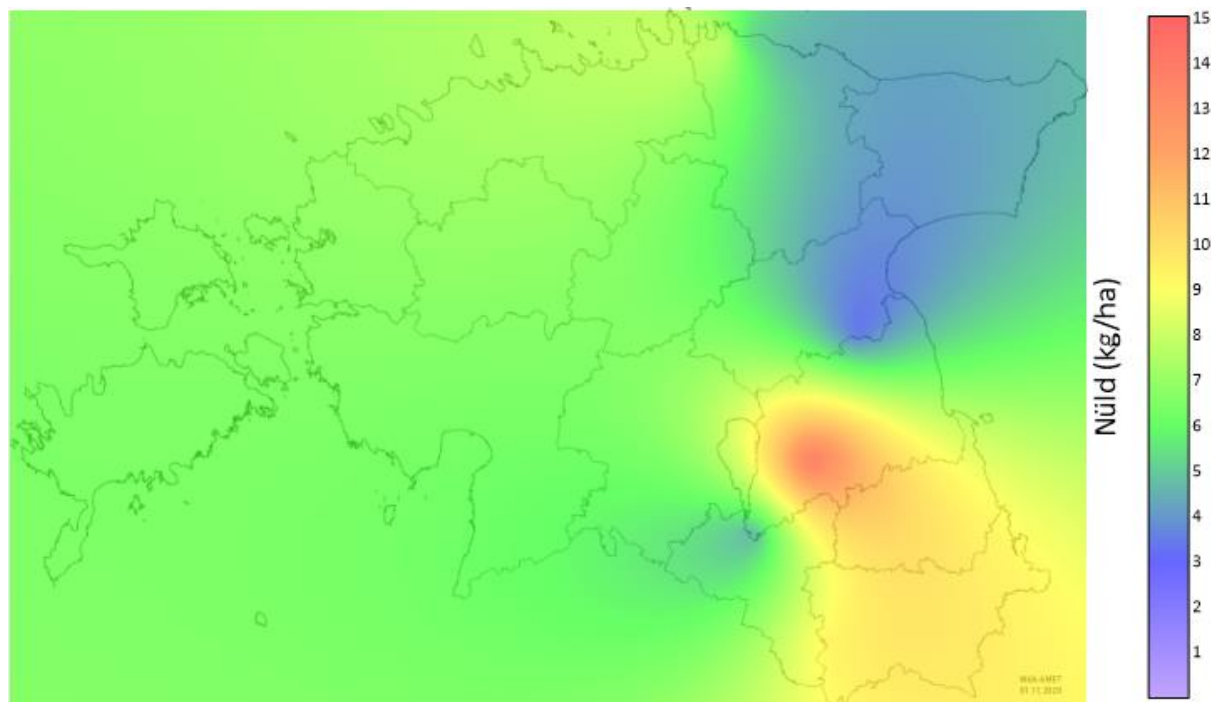
Üldfosforit sadenes 2024. aasta jooksul keskmiselt 0,36 kg/ha (**Joonis 25**) (2023. aastal 0,40 kg/ha, 2022. aastal 0,32 kg/ha). Kogu 2024. aasta jooksul sadenes üldfosforit Võrtsjärve pinnale 9,6 t/a (2023. aastal 11 t/a, 2022. aastal 8,6 t/a), Peipsi pinnale 126 t/a (2023. aastal 141 t/a, 2022. aastal 113 t/a) ja kogu Eesti merealadele 1298 t/a (2023. aastal 1449 t/a, 2022. aastal 1168 t/a). Võrreldes 2023. aastaga on erinevus koormustes tingitud osaliselt väiksemast sademete hulgast 2024. aastal ning veidi madalamatest keskmistest kontsentratsioonidest.


Joonis 25. Üldfosfori sadenemiskoormus 2024. aastal.

Üldlämmastikku analüüsiti Vilsandi, Saarejärve ja kõikide metsaseire jaamade sademete proovidest. Aasta kaalutud keskmine üldlämmastiku sisaldus oli 1,0 mg/l (2023. aastal 0,79 mg/l, 2022. aastal 0,88 mg/l) ja keskmine sadenemiskoormus 7,0 kg/ha (**Joonis 26**) (2023. aastal 5,8 kg/ha, 2022. aastal 5,3 kg/ha). Kõrgeim üldlämmastiku sisaldus oli aasta kaalutud keskmistena Tõraveres 2,1 mg/l, kõrgeid sisaldused olid ka Karulas 1,3 mg/l ja Sagadis ning Vilsandil 1,1 mg/l. Ka koormused olid nendes



jaamades kõige kõrgemad (**Tabel 16**). Võrtsjärve pinnale sadenes aasta jooksul üldlämmastiku 187 t/a (2023. aastal 157 t/a, 2022. aastal 142 t/a), Peipsi pinnale 2465 t/a (2023. aastal 2067 t/a, 2022. aastal 1868 t/a), kogu Eesti merealadele 25394 t/a (2023. aastal 21293 t/a, 2022. aastal 19248 t/a). Suur erinevus koormustes on tingitud sellest, et võrreldes kahe eelneva aastaga olid sademed lämmastiku osas kontsentreeritumad.



Joonis 26. Üldlämmastiku sadenemiskoormus 2024. aastal.

3.8 Kloororgaanilised saasteained ja PAH Lahemaa sademetes

Lahemaa seirejaamas koguti 2024. aasta jooksul 32 sademete proovi polütsükliliste aromaatsete süsivesinike (PAH), polüklooritud bifenüülide (PCB) ja kloororgaaniliste ühendite sisalduste määramiseks. PAH sisalduseks saadi 119 ng/l (2023. aastal 107 ng/l, 2022. aastal 119 ng/l), sealhulgas fenantreeni keskmiseks sisalduseks 15 ng/l (2023. aastal 14 ng/l, 2022. aastal 10 ng/l). Kogu aasta jooksul sadenes PAH keskmiselt 0,63 g/ha ja fenantreeni 0,082 g/ha (2023. aastal vastavalt 0,60 g/ha ja 0,080 g/ha, 2022. aastal vastavalt 0,48 g/ha ja 0,041 g/ha). PAHide aastane sadenemiskoormus Võrtsjärve pinnale oli 0,017 t/a (2023. aastal 0,016 t/a, 2022. aastal 0,013 t/a), Peipsi pinnale 0,22 t/a (2023. aastal 0,21 t/a, 2022. aastal 0,17 t/a) ja kogu Eesti merealale 2,3 t/a (2023. aastal 2,2 t/a, 2022.



aastal 1,8 t/a). Fenantreeni sadenemiskoormus Võrtsjärve pinnale oli 0,0022 t/a (2023. aastal samuti 0,0022 t/a, 2022. aastal 0,0011 t/a), Peipsi pinnale 0,028 t/a (2023. aastal samuti 0,028 t/a, 2022. aastal 0,014 t/a) ja kogu Eesti merealadele 0,29 t/a (2023. aastal samuti 0,29 t/a, 2022. aastal 0,15 t/a). Võrreldes eelneva aastaga koguti 2024. aastal proove mõnevõrra vähem, kuid PAHide kontsentratsioonid olid samal tasemel ning ühendeid oli suuremas arvus proovides. Enamasti sisaldasid PAHe külmemal perioodil kogutud sademete proovid.

Kõikide analüüsitud pestitsiidide ja PCBde analüüsitulemused jäid alla meetoodika määramispiiri.

4 Trendid

2024. aasta aruandes on trendide arvutamiseks kasutatud kõikide sademete seirejaamade 2015-2024 aasta kaalutud keskmisi kontsentratsioone. Trendid on arvutatud sarnaselt varasematele aastatele, kasutades selleks Mann-Kendalli mitteparameetrilist trendianalüüsi, mis sobib pikemate andmeridade puhul, kus esineb ka erinevatest aastaaegadest tingitud varieeruvust. Trendid on arvutamata Veskimetsa seirejaama kohta, sest pikemaajaline andmerida puudub, kuna tegemist on uue seirejaamaga.

Tulemused on esitatud tabelis (**Tabel 17**). Muutuse puhul iseloomustab negatiivne väärtus vastava näitaja kontsentratsioonide vähenemist ehk langevat trendi ning kui tõenäosus on väiksem kui olulisustase, siis trend puudub, sel juhul ei ole tulemusi ka tabelis esitatud. Olulisustõenäosuse puhul on ära näidatud olulisustase, mis on vastavalt tähistatud. Olulisustõenäosuse (p) tasemed on järgmised (nullhüpotees tähendab trendi puudumist):

- ***0,001 tähendab väga tugevat nullhüpoteesi eeldust, kuid trend siiski esineb ehk kõige vähem olulisem muutus;
- **0,01 tähendab nullhüpoteesi tugevat eeldust ehk trendi olemasolu
- *0,05 tähendab nullhüpoteesi madalat eeldust ehk trendi olemasolu
- +0,1 puhul nullhüpoteesi ei eeldata ehk esineb kindel trend ja muutus on kõige olulisem.

NH₄-N sisaldused on vähenenud neljas jaamas (Haanja, Lääne-Nigula, Narva, Lahemaa), NO₃-N sisaldused on vähenenud 7 jaamas (Haanja, Nigula, Tahkuse, Tooma, Kunda, Lääne-Nigula, Lahemaa),



pH on tõusnud kuues jaamas (Haanja, Nigula, Tooma, Jõhvi, Narva, Lahemaa), SO₄-S sisaldused on vähenemise suundumusega 6 jaamas (Haanja, Tahkuse, Mustvee, Tooma, Narva, Lahemaa), kaltsiumi ja magneesiumi sisaldused on vähenevad 4 jaamas (Haanja, Tahkuse, Mustvee, Kunda), Na sisaldused on suurenevad 1 jaamas (Mustvee) ja vähenevad 2 jaamas (Narva, Lahemaa), K sisaldused kasvava suundumusega 2 jaamas (Tooma, Lääne-Nigula) ning elektrijuhtivuse väärtused on vähenevaga kolmes jaamas (Haanja, tahkuse, Kunda). Metallide sisaldused on muutunud järgmiselt: kaadmiumi sisaldused on vähenenud 5 jaamas (Haanja, Nigula, Kunda, Lääne-Nigula, Lahemaa), vase omad on vähenenud 4 jaamas (Haanja, Kunda, Lääne-Nigula, Lahemaa), plii on vähenenud 6 jaamas (Haanja, Nigula, Tooma, Kunda, Lääne-Nigula, Lahemaa) ning tsingi kontsentratsioonid on vähenenud ühes jaamas (Jõhvi) ja suurenenud samuti ühes jaamas (Kunda). Lisas 3 on graafiliselt esitatud sademete proovidest analüüsitud peamiste ühendite kontsentratsioonide muutused aastatel 2015-2024 neis jaamades, kus muutus on suurima olulisusega (tabelis olulisustõenäosus tähistatud „+“).

Tabel 17. Trendid sademete seirejaamades aastatel 2015-2024.

Seirejaam	Näitaja	Algusaasta	Lõppaasta	Olulisustõenäosus	Trend
Haanja	pH	2015	2024	*	↑
Haanja	NH ₄ -N	2015	2024	**	↓
Haanja	NO ₃ -N	2015	2024	***	↓
Haanja	SO ₄ -S	2015	2024	**	↓
Haanja	Ca	2015	2024	*	↓
Haanja	Mg	2015	2024	**	↓
Haanja	Cd	2015	2024	*	↓
Haanja	Cu	2015	2024	*	↓
Haanja	Pb	2015	2024	*	↓
Haanja	el. Juht.	2015	2024	**	↓
Nigula LKA	pH	2015	2024	*	↑
Nigula LKA	NO ₃ -N	2015	2024	*	↓
Nigula LKA	Cd	2015	2024	*	↓
Nigula LKA	Pb	2015	2024	**	↓
Tahkuse	NO ₃ -N	2015	2024	**	↓
Tahkuse	SO ₄ -S	2015	2024	*	↓
Tahkuse	Ca	2015	2024	**	↓
Tahkuse	Mg	2015	2024	**	↓
Tahkuse	el. Juht.	2015	2024	**	↓
Mustvee	SO ₄ -S	2018	2024	+	↓
Mustvee	Ca	2018	2024	+	↓
Mustvee	Mg	2018	2024	+	↓
Mustvee	Na	2018	2024	+	↑
Tooma	pH	2015	2024	*	↑
Tooma	NO ₃ -N	2015	2024	**	↓
Tooma	SO ₄ -S	2015	2024	**	↓



Seirejaam	Näitaja	Algusaasta	Lõppaasta	Olulisustõenäosus	Trend
Tooma	K	2015	2024	+	↑
Tooma	Pb	2015	2024	+	↓
Jõhvi	pH	2015	2024	***	↑
Jõhvi	Zn	2015	2024	**	↓
Kunda	NO3-N	2015	2024	*	↓
Kunda	Ca	2015	2024	**	↓
Kunda	Mg	2015	2024	+	↓
Kunda	Cd	2015	2024	+	↓
Kunda	Cu	2015	2024	+	↓
Kunda	Pb	2015	2024	**	↓
Kunda	Zn	2015	2024	*	↑
Kunda	el. Juht.	2015	2024	*	↓
Lääne-Nigula	NH4-N	2017	2024	+	↓
Lääne-Nigula	NO3-N	2017	2024	**	↓
Lääne-Nigula	K	2017	2024	**	↑
Lääne-Nigula	Cd	2017	2024	*	↓
Lääne-Nigula	Cu	2017	2024	*	↓
Lääne-Nigula	Pb	2017	2024	*	↓
Narva	pH	2015	2024	+	↑
Narva	NH4-N	2015	2024	*	↓
Narva	SO4-S	2015	2024	*	↓
Narva	Na	2015	2024	*	↓
Lahemaa	pH	2015	2024	*	↑
Lahemaa	NH4-N	2015	2024	+	↓
Lahemaa	NO3-N	2015	2024	*	↓
Lahemaa	SO4-S	2015	2024	+	↓
Lahemaa	Na	2015	2024	*	↓
Lahemaa	Cd	2015	2024	*	↓
Lahemaa	Cu	2015	2024	+	↓
Lahemaa	Pb	2015	2024	+	↓

Olulisustõenäosuse (p) tasemed ***0,001 (kõige vähem olulisem); **0,01; *0,05 ja +0,1 (kõige olulisem).



5 Kokkuvõte

Sademetest on Eestis läbi viidud ligikaudu 30 aastat (alates 1995. aastast). Kuni 2018. aasta lõpuni koguti ning analüüsiti ühtse metoodika järgi sademete proove kaheksateistkümnest sademete- ja kompleksseire jaamast Eestis (Vilsandi, Harku, Lahemaa, Kunda, Jõhvi, Mustvee, Tooma, Narva, Matsalu, Saka, Lääne-Nigula, Alam-Pedja, Haanja, Karula, Otepää, Tahkuse, Loodi, Nigula). 2019. aasta alguses muudeti sademete seireprogrammis tööde mahtusid ja suleti 6 seni töös olnud seirejaama (Matsalu, Saka, Alam-Pedja, Karula, Otepää ja Loodi). Jätkuvalt kogutakse sademete proove kokku 11 sademeteseire jaamast (Lahemaa, Haanja, Nigula, Tahkuse, Mustvee, Tooma, Veskimetsa, Jõhvi, Kunda, Lääne-Nigula ja Narva) ja kahest kompleksseire jaamast (Vilsandi ja Saarejärve). Tänapäevaks on kogunenud arvestatav hulk andmeid, mis võimaldavad saada hea ülevaate sadenemiskoormustest Eesti eri piirkondades.

2024. aastal saadi Eesti keskmiseks aastaseks sademete hulga Keskkonnaagentuuri andmete põhjal 620 mm, kuid sademete seirejaamade andmete põhjal 709 mm. Kõige rohkem sadas 2024. aastal sademeteseire jaamade andmete põhjal juulis (keskmiselt 130 mm) ja kõige vähem märtsis (18 mm) ja mais (19 mm). Seirejaamade lõikes esines kõige vähem sademeid Jõhvis (396 mm) ja Kundas (634 mm), kõige rohkem Narvas (824 mm) ja Haanjas ning Nigulas (vastavalt 885 mm ja 884 mm).

2024. aastal olid suurimad keskmised elektrijuhtivused mais (kõikide jaamade keskmine 23 $\mu\text{S}/\text{cm}$). See langeb kokku perioodidega, mil sademeid oli oluliselt alla Eesti pikaajalise keskmise ning selle tõttu olid proovid ka kontsentreeritumad. Kundas saadi aasta kaalutud keskmiseks elektrijuhtivuseks 21 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ning Jõhvis 23 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Kõige madalam elektrijuhtivus oli Haanja (7,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ja Lahemaa (7,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sademetel.

2024. aasta sademete kaalutud keskmine pH oli 5,8. Kogu aasta vältel jäid enamike kuude sademete proovide kaalutud keskmised pH loodusliku vihmavee normaalsesse pH vahemikku pH 5,1 kuni pH 6,1, erandiks olid märts, aprill ja mai, kui kõikide jaamade kaalutud keskmine pH oli vastavalt 6,2, 6,5 ja 6,3. Kõige kõrgema pH-ga olid 2024. aastal Haanjas juunis (pH 7,6) ja Kundas mais (pH 7,5) kogutud sademete veeproovid.

Aasta keskmiseks sulfaatide kontsentratsiooniks kõikide sademete jaamade andmete põhjal saadi 0,25 mgS/l. Sisaldused olid kõrgemad aprillis (0,43 mgS/l), märtsis (0,37 mgS/l) ja mais (0,33 mgS/l). Detsembris oli kõikide sademete seirejaamade andmete põhjal keskmine sulfaatide kontsentratsioon 0,15 mgS/l. 2024. aastal oli sadenemiskoormus Narvas 3,1 kgS/ha/a, Nigulas 2,4 kgS/ha/a ja Kundas 2,4 kgS/ha/a. Aasta keskmiseks sadenemiskoormuseks saadi kõikide seirejaamade põhjal 1,8 kgS/ha/a.



Kloriidi aasta kaalutud keskmine kontsentratsioon oli 2024. aastal kõrgeim Vilsandil (1,5 mg/l), keskmisest suuremad sisaldused olid veel Nigulas (0,97 mg/l), Mustvees (0,80 mg/l), Jõhvis (1,1 mg/l), Kundas (0,71 mg/l), Lääne-Nigulas (0,88 mg/l) ja Veskimetsas (0,79 mg/l). Kõige vähem oli möödunud aasta jooksul kloriide Haanja, Lahemaa ja Saarejärve jaamade sademete proovides (vastavalt 0,38 mg/l, 0,29 mg/l ja 0,46 mg/l). 2024. aastal olid kloriidide kõrgemad depositsioonid Vilsandil (9,4 kg/ha/a), Nigulas (8,6 kg/ha/a) ja Lääne-Nigulas (7,1 kg/ha/a). Keskmine sadenemiskoormus oli 5,0 kg/ha/a.

2024. aastal olid aasta kaalutud keskmised nitraatlämmastiku kontsentratsioonid kõrgemad Veskimetsas 0,33 mgN/l, Nigulas 0,26 mgN/l ja Kundas 0,24 mgN/l. NO₃-N madalaimad aasta kaalutud keskmised kontsentratsioonid saadi Lahemaa ja Lääne-Nigula (0,13 mgN/l) ning Haanja (0,15 mgN/l) sademetest. Sademetega deponeerus 2024. aastal suurimas koguses nitraatset lämmastikku Veskimetsas (2,4 kgN/ha/a), Nigulas (2,3 kgN/ha/a) ja Tahkusel (1,7 kgN/ha/a). Keskmine sadenemiskoormus oli 1,4 kgN/ha/a.

Ammooniumlämmastiku kõrgeimad aasta kaalutud keskmised kontsentratsioonid olid Jõhvi (0,44 mgN/l), Mustvee (0,30 mgN/l) ja Nigula (0,29 mgN/l) jaamadest kogutud proovides. Kõige vähem sisaldasid NH₄-N 2024. aastal Veskimetsas ja Lahemaal kogutud sademete proovid (vastavalt 0,11 mgN/l ja 0,081 mgN/l). Ammooniumlämmastikku sadenes kõige rohkem Nigulas (2,6 kgN/ha/a) ning kõige vähem Lahemaal (0,57 kgN/ha/a). Keskmine sadenemiskoormus oli 1,5 kgN/ha/a.

2024. aastal olid sademete proovides kõrgeimad kaltsiumi sisaldused Jõhvi (1,0 mg/l), Nigula (0,87 mg/l) ja Kunda (0,84 mg/l) sademetes. Kõige madalam oli kaltsiumi kontsentratsioon Lahemaalt ja Tahkuselt kogutud sademetes (vastavalt 0,30 mg/l ja 0,39 mg/l). Kõrgemad kaltsiumi sadenenud kogused arutati 2024. aastal Nigula jaama tulemuste põhjal (7,7 kg/ha/a). Lahemaal deponeerus aasta jooksul kaltsiumi 2,1 kg/ha/a ja Tahkusel 3,0 kg/ha/a, teiste jaamade ümbruses oli sadenemiskogus üle 3,0 kg/ha/a. Keskmine sadenemiskoormus oli 4,6 kg/ha/a.

Naatriumi aasta kaalutud keskmised kontsentratsioonid olid kõrgeimad Vilsandil (0,98 mg/l), Nigulas (0,64 mg/l) ning Veskimetsas (0,56 mg/l). Madalaimad Na⁺ kontsentratsioonid olid Saarejärvelt ja Lahemaalt kogutud sademetes (vastavalt 0,20 mg/l ja 0,18 mg/l). Kõige rohkem sadenes naatriumi 2024. aastal Vilsandi (6,0 kg/ha/a), Nigula (5,6 kg/ha/a) ja Veskimetsa (4,4 kg/ha/a) jaamade ümbruses. Madalaimad sadenenud kogused mõõdeti Lahemaal (1,3 kg/ha/a) ja Saarejärvel (1,2 kg/ha/a). Keskmine sadenemiskoormus oli 3,1 kg/ha/a.

Kunda jaamas saadi sademete proovidest kõrgeimaks aasta kaalutud keskmiseks kaaliumi sisalduseks 0,60 mg/l. Teistes jaamades jäid aasta keskmised kaaliumi sisaldused alla 0,30 mg/l. Kõige vähem sisaldasid kaaliumi 2024. aastal Lahemaa (0,060 mg/l) ja Tahkuse sademed (0,089 mg/l). Aasta jooksul



sadenes Kundas kaaliumi 3,8 kg/ha/a, järgnesid Lääne-Nigula 2,3 kg/ha/a ja Nigula 2,1 kg/ha/a. Lahemaal sadenes kogu aasta jooksul kaaliumi vaid 0,43 kg/ha/a ja Tahkusel 0,68 kg/ha/a. Keskmise sadenemiskoormus oli 1,4 kg/ha/a.

Kõrgeimad magneesiumi kontsentratsioonid olid Jõhvis 0,30 mg/l, Kundas 0,25 mg/l ning Lääne-Nigulas 0,19 mg/l. Magneesiumi sisaldused olid väga madalad Haanja ja Tahkuse sademetes, vaid 0,060 mg/l, Saarejärvel 0,073 mg/l ja Mustvees 0,074 mg/l. 2024. aastal sadenes kõige rohkem magneesiumi Kunda (1,6 kg/ha/a), Nigula, Lääne-Nigula ja Narva jaamade ümbruses (neis kolmes igaühes 1,5 kg/ha/a). Kõige vähemal hulgal sadenes magneesiumi Saarejärvel ja Tahkusel (vastavalt 0,43 kg/ha/a ja 0,46 kg/ha/a). Keskmise sadenemiskoormus oli 0,97 kg/ha/a.

Metallide (Cd, Cu, Pb ja Zn) sisaldused sademetes on üldiselt viimase kümne aasta jooksul langustrendis. Ainukeseks erinevuseks on Kunda, kus tsingi sisaldused on tõusutrendis.

Sarnaselt kolmele eelnevale aastale arvutati ka 2024. aastal üldfosfori, üldlämmastiku, raskmetallide, PAH summa ja fenantreeni aasta keskmised kontsentratsioonid, aastased sadenenud kogused ja sadenemine Võrtsjärve, Peipsi ja kogu Eesti mereala pinnale.



Lisa 1. Analüüsitavate näitajate määramiseks kasutatavad meetodid.

Määratav näitaja	Meetod
pH	ISO 10523
SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , NO ₃ -N	EVS-EN ISO 10304-1
Ca ²⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , NH ₄ -N	EVS-EN ISO 14911, EVS-EN ISO 11732
Cd, Cu, Pb, Zn, As, Ni	EVS-EN ISO 17294-2
elektrijuhtivus	EVS-EN 27888
Leelisus (HCO ₃ ⁻)	EVS-EN ISO 9963-1
Püld	EVS-EN ISO 6878, sec 7, ISO 15681-2
Nüld	EVS-EN ISO 11905-1
Hg	EVS-EN ISO 17852



Lisa 2. 2024. aasta oktoobri alguses esinenud „porised“ sademed

Tahkuse seirejaams.

2024. aasta oktoobri esimestel päevadel kandus Kesk-Aasiast õhumassidega Eesti kohale suurel hulgal tolmu, mis tuli koos sademetega maapinnale. Mitmel pool kattusid autod ja muud pinnad seetõttu poriga. Tahkuse sademetekeemia seirejaamast sel päeval kogutud sademed õnnestus eraldi analüüsida. Kuna proovi kogunes vähe, analüüsiti anioonid ja katioonid, määrati pH ja elektrijuhtivus (Tabel 18).

Tabel 18. "Porised" sademed Tahkusel.

Proovivõtu aeg	Sademe hulk (mm)*	pH	Elektri-juhtivus (µS/cm)	NH ₄ -N (mgN/l)	NO ₃ -N (mgN/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ -S (mgS/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)
1.10.2024 – 2.10.2024	3,1	6,9	82	0,81	1,1	3,0	3,3	9,1	1,0	2,8	0,72
Oktoobri kaalutud keskmine	51	6,1	14	0,45	0,37	0,75	0,42	0,82	0,11	0,60	0,23

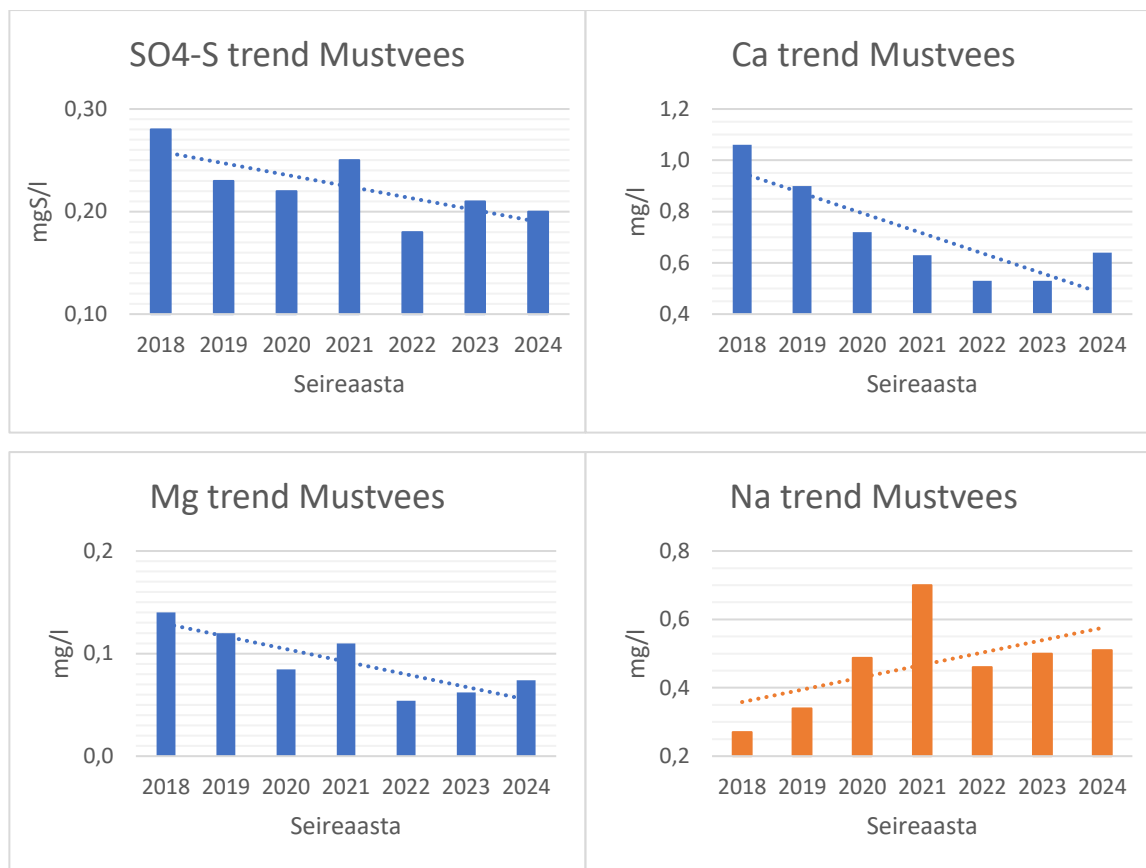
* Sademete hulga puhul toodud summa.

Tulemustest on näha, et lahustunud ionide kontsentratsioon oli mitmeid kordi suurem. Siit võib ka järeldada, et Sahara kõrbe kohalt õhumassidega Eestisse kanduv tolmu suurendab tõenäoliselt olulisel määral sadenemiskoormusi. 2024. aastal kandus sellist tolmu mitme päeva vältel märtsi lõpus ja aprillis. Kui tavaliselt on sulfaatse väevli kontsentratsioonid kõrgemad kütteperioodil, siis 2024. aastal oli maksimaalne kaalutud keskmine sisaldus just aprillis 0,43 mgS/l. Ka mõnede teiste ionide sisalduste osas esines aprillis aasta kõrgeim Eesti kaalutud keskmine või selle lähedane tulemus, näiteks kaltsiumi sisaldus 1,3 mg/l, nitraatlämmastik 0,37 mgN/l, elektrijuhtivus 18 µS/cm ja kõrgem pH 6,5. Nimetatud väärtustest kõrgemaid kaalutud keskmisi tulemusi esines vaid sademetevaeseimatel kuudel märtsis või mais.

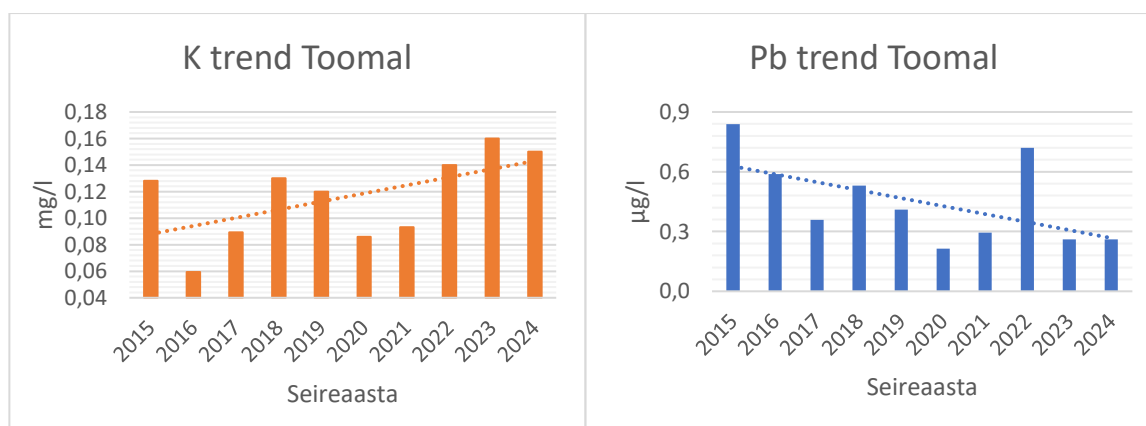


Lisa 3. Sademete seire raames analüüsitud komponentide sisalduste muutused 2015-2024. aastatel.

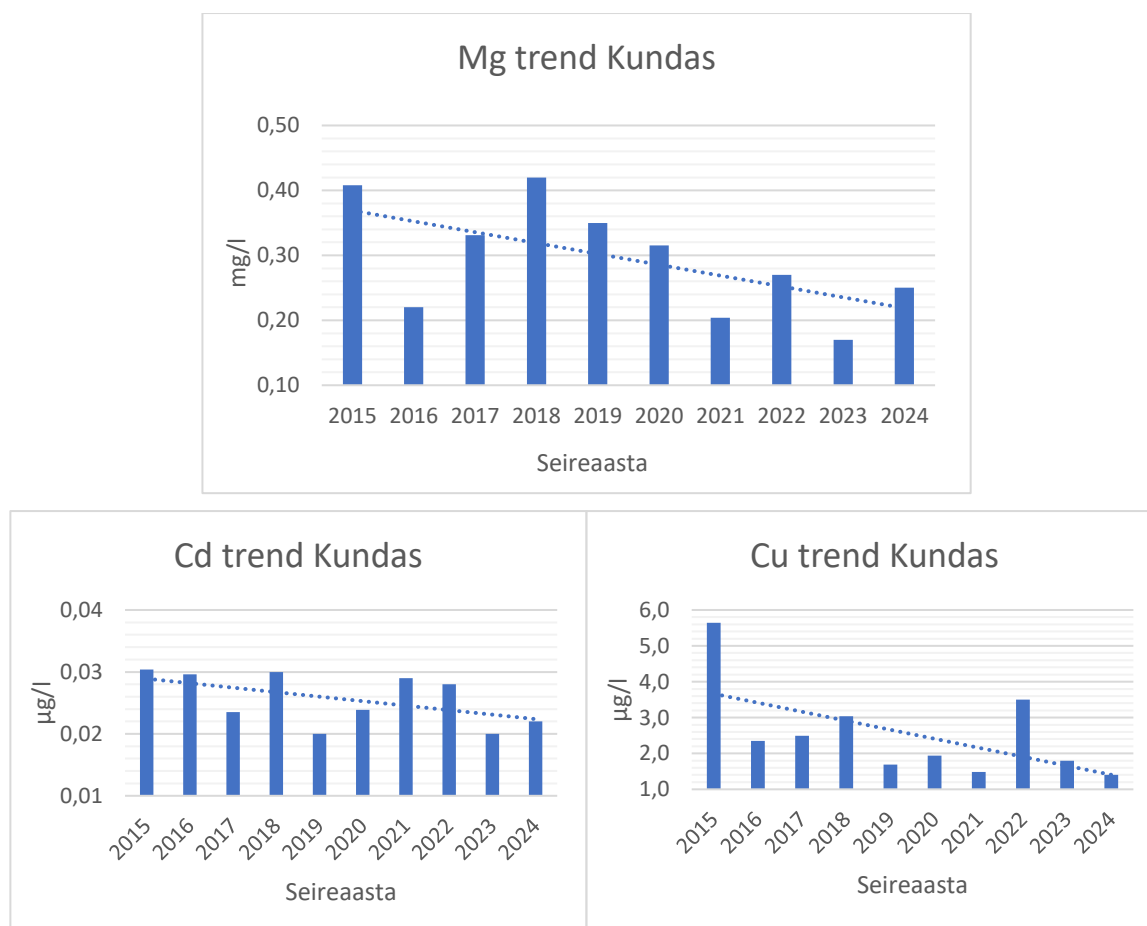
Joonised on toodud nende näitajate ja jaamade kohta, kus muutus on suurima olulisustõenäosusega.



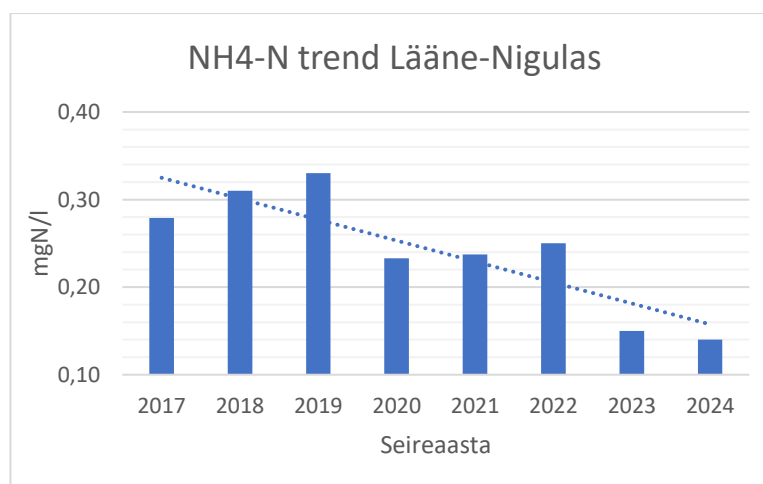
Joonis 27. Olulisemad muutused Mustvee sademetes.



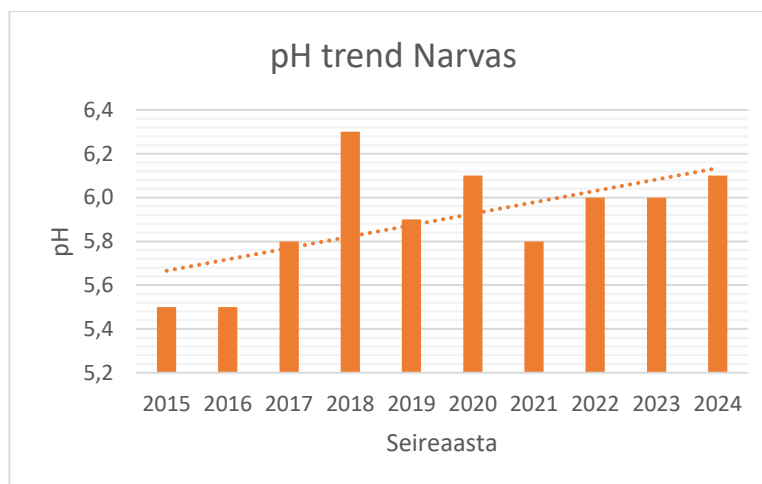
Joonis 28. Olulisemad trendid Tooma sademetes.



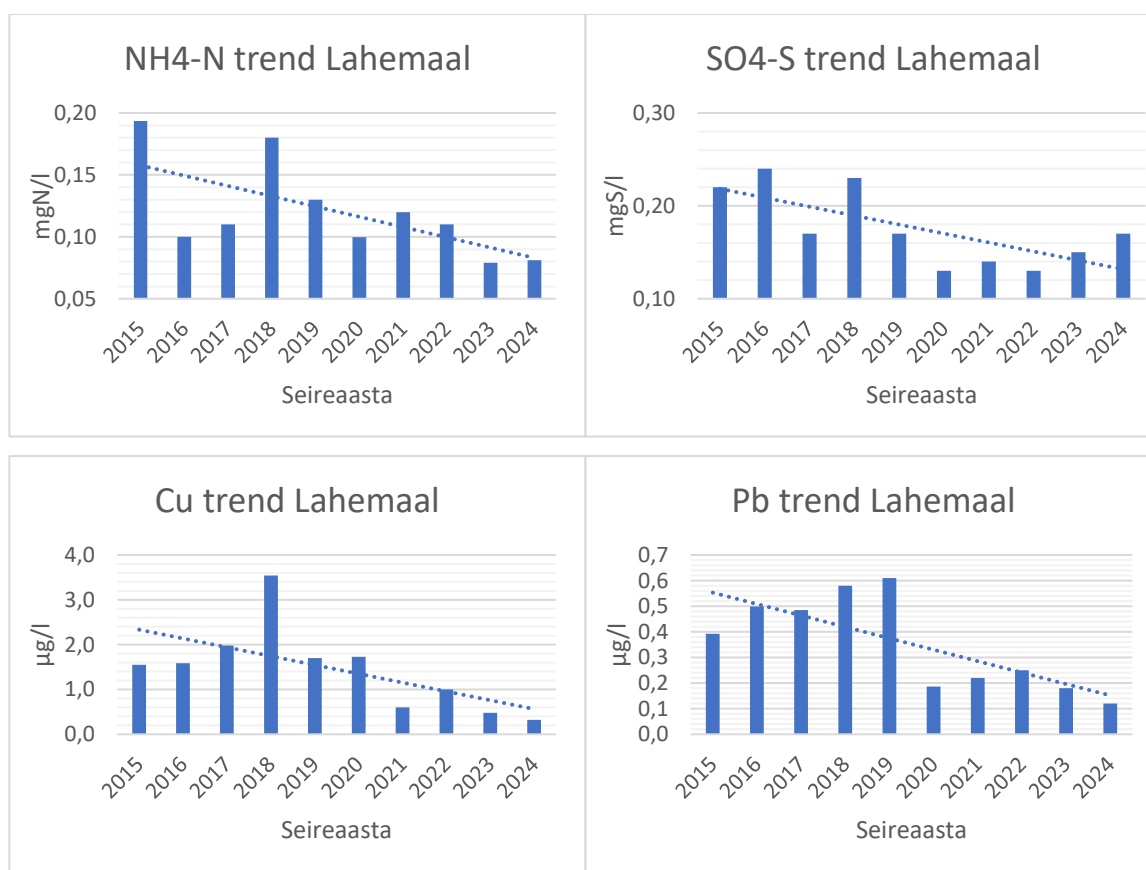
Joonis 29. Olulisemad trendid Kunda sademetes.



Joonis 30. Muutused amooniumlämmastiku sisaldustes Lääne-Nigula sademetes.



Joonis 31. pH trend Narva sademetes.



Joonis 32. Olulisemad trendid Lahemaa sademetes.