

Raskemetallide baasreostuskoormused merre seiratud ja seiramata alalt

Keskkonnaagentuur (2023)

Eesmärk

Keskkonnaministeerium tellis Keskkonnaagentuuri analüüsitiimilt raskemetallide (kaadmium, plii, elavhõbe) reostuskoormuste merre hindamise baasperiodil 1997-2003. Reostuskoormuste hindamisel eristatakse reostuskoormuseid järgnevalt: reostuskoormus pärit otse merre suubuvatest veelaskmetest, õhust sadenev reostuskoormus, seiratud alalt ehk jõgede hüdrokeemia seirejaamade lävendites reostuskoormus ja seiramata alalt pärit reostuskoormus. Antud dokumendis kirjeldatakse seiratud ja seiramata alalt pärit reostuskoormuse hindamise metoodikat.

Sisendandmed

Seiratud ja seiramata alalt pärit raskemetallide reostuskoormuse hindamiseks kasutatakse hüdrokeemia seirejaamades mõõdetud raskemetallide kontsentratsioone ja hüdromeetria seirejaamades mõõdetud päevaseid vooluhulkasid.

Raskemetallide kontsentratsioonid. Eestis jõgede hüdrokeemilise seire raames määratakse raskemetallide kontsentratsioone vooluveekogudes. Seire raames kogutud andmestikud on leitavad Keskkonnaseire infosüsteemist¹. Antud töös kasutatakse 1996-2004 perioodil 51 hüdrokeemia püsiseirejaamas ja kahes lisa seirejaamas (Jägala, Sauga) (Lisa 1) mõõdetud seirenäitajate elavhõbe (N100000719), plii (N100001753) ja kaadmium (N100001226) kontsentratsioone. Peale konsulteerimist Eesti Keskkonnauuringute Keskusega jäeti analüüsist välja seirejaama Purtse jõgi: suue (SJA9900000) plii mõõtmise kuupäeval 27.01.1997, sest mõõtmistulemus 330 µg/l on ebarealistlikult kõrge.

Vooluhulgad. Hüdroloogilised mõõtmised toimuvad Keskkonnaagentuuri hüdromeetria seirejaamades ja jõgede päeva keskmised vooluhulgad on leitavad ilmteenistuse kodulehelt². Antud analüüsis kasutatakse 55 hüdromeetria seirejaamas (Lisa 2) perioodil 1997-2003 leitud päeva keskmiseid vooluhulkasid.

Metoodika

Raskemetallide reostuskoormuse leidmisel järgiti HELCOM PLC-Water Guidelines 2022³ juhiseid ja arvutati vastavalt valemile:

$$L = \sum_{1}^{n} Q_t * C_t * 10^{-6}$$

kus L on aastane reostuskoormuse hinnang (ühik: kg), Q_t on päeva vooluhulk seirejaamas (ühik: m³), C_t on raskemetalli päeva kontsentratsioon seirejaamas (ühik: µg/l) ja n on päevade

¹ <https://kese.envir.ee/kese/welcome.action>

² <https://www.ilmateenistus.ee/siseveed/ajaloolised-vaatlusandmed/vooluhulgad/>

³ <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2022/04/HELCOM-PLC-Water-Guidelines-2022.pdf>

arv aastas. Kui hüdrokeemia ja hüdromeetria seirejaamad ei asunud samas asukohas, siis reostuskoormuse hinnang leiti hüdrokeemia seirejaama, selleks esmalt leiti hinnanguline vooluhulk hüdrokeemia seirejaamas. Kui mõõtmiste aastas aegreas oli auke, siis täideti need lineaarse interpoleerimisega. Kui kontsentratsiooni mõõtmine oli alla määramispiiri, siis kontsentratsiooni hinnati valemiga:

$$C = ((100\% - A) * LOQ)/100$$

kus C on hinnatav kontsentratsioon (ühik: $\mu\text{g/l}$), A on alla määramispiiri mõõtmiste protsent aastas ja LOQ on määramispiir (ühik: $\mu\text{g/l}$). Kui rohkem kui 50% ühe aasta mõõtmistest seirejaamas olid alla määramispiiri, siis $C = LOQ/2$.

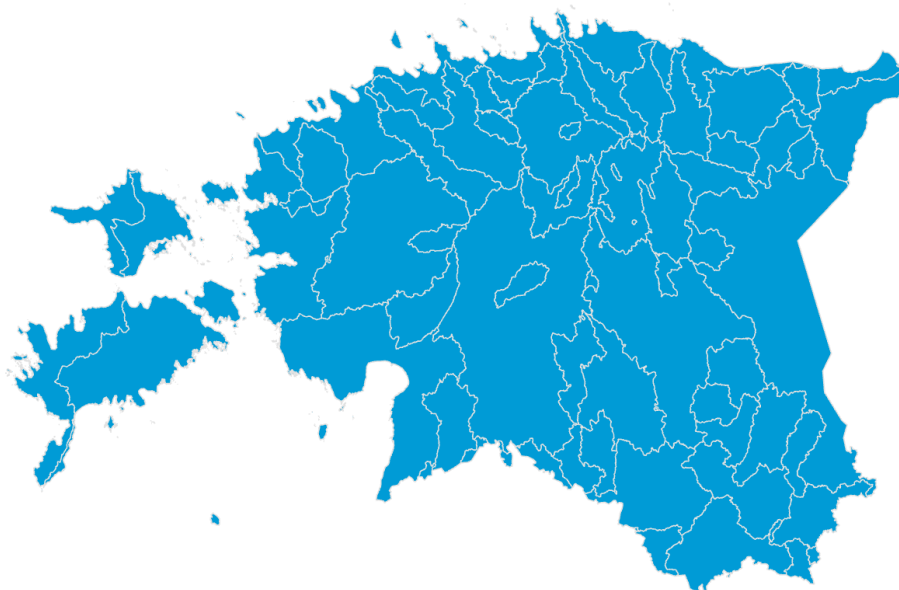
Raskemetallide reostuskoormuse hindamiseks kasutati **EstModeli seirepõhiseid hinnanguid**⁴, mille põhjal on viimastel aastatel raporteeritud HELCOM PLC iga-aastase raporti Eesti seiratud ja seiramata alade reostuskoormuseid. Antud analüüsi puhul ei saanud kasutada avalikku lahendust, vaid tuli teha erilahendus, sest analüüsi sooviti kaasata lisa seirejaamu, raskemetallide filtreerimata seirenäitajaid ja kontsentratsioonide sisendina ka statistilisi (keskmine, mediaan) väärtusi. Pärast esmaste seirepõhiste seiratud ja seiramata alalt raskemetallide reostuskoormuste merre tulemuste tutvustamist Keskkonnaministeriumis sooviti lisada analüüsi ka statistilistel kontsentratsioonidel põhinevad reostuskoormuste hinnangud. Analüüsi käigus valmis raskemetallide reostuskoormuste hinnanguid viiel erineval meetodikal.

- **Seire andmete põhised** - reostuskoormused põhinevad seire raames mõõdetud raskemetallide kontsentratsioonidel ja vooluhulkadel perioodil 1997-2003;
- **2000. aasta seire põhised** - reostuskoormused põhinevad seire raames mõõdetud raskemetallide kontsentratsioonidel ja vooluhulkadel aastal 2000;
- **2000. aasta keskmine** - reostuskoormused põhinevad 2000. aasta seire raames mõõdetud raskemetallide keskmistel kontsentratsioonidel ja perioodil 1997-2003 mõõdetud vooluhulkadel;
- **2000. aasta mediaan** - reostuskoormused põhinevad 2000. aasta seire raames mõõdetud raskemetallide mediaan kontsentratsioonidel ja perioodil 1997-2003 mõõdetud vooluhulkadel;
- **1997-2003 keskmine** - reostuskoormused põhinevad perioodil 1997-2003 seire raames mõõdetud raskemetallide keskmistel kontsentratsioonidel ja perioodil 1997-2003 mõõdetud vooluhulkadel;
- **1997-2003 mediaan** - reostuskoormused põhinevad perioodil 1997-2003 seire raames mõõdetud raskemetallide mediaan kontsentratsioonidel ja perioodil 1997-2003 mõõdetud vooluhulkadel.

Statistilised väärtused leitakse seirejaama põhiselt ja leitud väärtus iseloomustab selle seirejaama kõiki päevi vastaval perioodil. Kõik hinnangud esitatakse Keskkonnaministeriumile ning Keskkonnaministerium teeb ise lõpliku valiku, mis hakkab esindama raskemetallide baaskoormuseid.

⁴ <https://estmodel.app/et/#/estimates>

EstModeli seirepõhiste hinnangute reostuskoormuseid hinnati HELCOMi alambasseinide põhiselt ehk leiti reostuskoormused Soome lahte, Liivi lahte ja Läänemere avaossa. Reostuskoormuste hindamisel eristati reostuskoormust seiratud alalt ehk jõgedest pärit reostuskoormus hüdrokeemia seirejaama lävendis ning reostuskoormus seiramata alalt ehk ala, mis ei jää mõõtmisi teostanud hüdrokeemia seirejaamade valglaste. EstModeli seirepõhiste hinnangute erilahendus jaotas Eesti maismaa 68 alaks (58 seiratud ala ja 10 seiramata ala) (Joonis 1). HELCOMi alambasseinide põhised seiratud ja seiramata alade suurused võivad muutuda nii aasta kui ka näitaja põhiselt, sest oleneb mis raskemetalli, mis aastal ja mis seirejaamas on mõõdetud.



Joonis 1. EstModeli seirepõhiste hinnangute Eesti jaotuse erilahendus raskemetallide reostuskoormuste hindamiseks.

Seiratud alalt reostuskoormuse hindamiseks leiti HELCOMi alambasseini põhiselt kõik hüdrokeemia seirejaamad, kus vastaval aastal vastavat näitajat oli mõõdetud. Kui üks seirejaam asus teise seirejaama valglaste, siis seiratud ala reostuskoormuse hinnangus kasutati merepoolsema seirejaama koormushinnangut. Näiteks Pärnu jõel paiknevad seirejaamad Oore, mis on suudmepoolsem seirejaam, ja Türi-Alliku. Kui mõõtmisi on teostatud mõlemas seirejaamas, siis seiratud ala reostuskoormuse hinnangus arvestame ainult Oore seirejaama lävendisse leitud koormushinnangut. Kui Oores ei ole mõõtmisi, siis arvestame seiratud ala reostuskoormusesse Türi-Alliku lävendi hinnangut.

Seiramata alalt reostuskoormuse hindamiseks kasutati hüdrokeemia seirejaamade (va Narva jõe hüdrokeemia seirejaamad) koormusmooduleid, milleks on reostuskoormus seirejaamas jagatud seirejaama valglaste pindalaga. HELCOMi alade seiramata ala reostuskoormust hinnati aasta, näitaja ja alamvesikondade põhiselt. Seega esiteks leiti alamvesikonna hüdrokeemia seirejaamad, kus oli reostuskoormus hinnatud, ja nende koormusmoodulid. Teiseks leiti alamvesikonna koormusmoodul, mis arvutati alamvesikonna suudme poolsete seirejaamade järgi. Kui alamvesikonnas ei olnud ühtegi hüdrokeemia seirejaama, siis otsiti neid vesikonnast

ning kui ka vesikonnas ei olnud ühtegi, siis kasutati kogu Eesti seirejaamu. Seiramata alalt reostuskoormus hinnati valemiga:

$$L = M * S$$

kus L on aastane reostuskoormuse hinnang (ühik: kg), M on koormusmoodul (ühik: kg/km²) ja S on seiramata ala pindala (ühik: km²).

Tulemused

Raskemetallide reostuskoormuse hinnangud erinevate meetoditega on toodud järgnevates Exceli failides.

- [baaskoormused.xlsx](#) - seire raames mõõdetud raskemetallide kontsentratsioonidel ja vooluhulkadel perioodil 1997-2003 põhinevad reostuskoormuse hinnangud. Fail sisaldab nelja lehte:
 - **Reostuskoormus** – näitaja, aasta ja HELCOMi ala põhiselt raskemetallide koormushinnangud nii seiratud, seiramata kui ka kogu ala kohta;
 - **Reostuskoormus seirejaamas** – näitaja ja aasta põhiselt hüdrokeemia seirejaamade reostuskoormus hinnangud;
 - **Mõõtmised seirejaamas** – näitaja ja aasta põhiselt hüdrokeemia seirejaamades mõõtmiste ja alla määramispiiri mõõtmiste arv;
 - **Mõõtmistulemused seirejaamas** – hinnangute andmiseks kasutatud raskemetallide kontsentratsioonide mõõtmised hüdrokeemia seirejaamas 1997-2003 baasperioodil.
- [baaskoormused_2000.xlsx](#) - 2000. aasta seire raames mõõdetud raskemetallide keskmistel kontsentratsioonidel ja perioodil 1997-2003 mõõdetud vooluhulkadel põhinevad reostuskoormuse hinnangud. Fail sisaldab kolme lehte:
 - **Reostuskoormus** – näitaja, aasta ja HELCOMi ala põhiselt raskemetallide koormushinnangud nii seiratud, seiramata kui ka kogu ala kohta;
 - **Reostuskoormus seirejaamas** – näitaja ja aasta põhiselt hüdrokeemia seirejaamade reostuskoormus hinnangud;
 - **Mõõtmised seirejaamas** – näitaja ja aasta põhiselt hüdrokeemia seirejaamade keskmised kontsentratsioonid.
- [baaskoormused_2000_mediaan.xlsx](#) - 2000. aasta seire raames mõõdetud raskemetallide mediaan kontsentratsioonidel ja perioodil 1997-2003 mõõdetud vooluhulkadel põhinevad reostuskoormuse hinnangud. Fail sisaldab kolme lehte:
 - **Reostuskoormus** – näitaja, aasta ja HELCOMi ala põhiselt raskemetallide koormushinnangud nii seiratud, seiramata kui ka kogu ala kohta;
 - **Reostuskoormus seirejaamas** – näitaja ja aasta põhiselt hüdrokeemia seirejaamade reostuskoormus hinnangud;
 - **Mõõtmised seirejaamas** – näitaja ja aasta põhiselt hüdrokeemia seirejaamade mediaan kontsentratsioonid.
- [baaskoormused_1997-2003.xlsx](#) – perioodi 1997-2003 seire raames mõõdetud raskemetallide keskmistel kontsentratsioonidel ja perioodil 1997-2003 mõõdetud vooluhulkadel põhinevad reostuskoormuse hinnangud. Fail sisaldab kolme lehte:

- **Reostuskoormus** – näitaja, aasta ja HELCOMi ala põhiselt raskemetallide koormushinnangud nii seiratud, seiramata kui ka kogu ala kohta;
 - **Reostuskoormus seirejaamas** – näitaja ja aasta põhiselt hüdrokeemia seirejaamade reostuskoormus hinnangud;
 - **Mõõtmised seirejaamas** – näitaja ja aasta põhiselt hüdrokeemia seirejaamade keskmised kontsentratsioonid.
- **baaskoormused_1997-2003_mediaan.xlsx** – perioodi 1997-2003 seire raames mõõdetud raskemetallide keskmistel kontsentratsioonidel ja perioodil 1997-2003 mõõdetud vooluhulkadel põhinevad reostuskoormuse hinnangud. Fail sisaldab kolme lehte:
 - **Reostuskoormus** – näitaja, aasta ja HELCOMi ala põhiselt raskemetallide koormushinnangud nii seiratud, seiramata kui ka kogu ala kohta;
 - **Reostuskoormus seirejaamas** – näitaja ja aasta põhiselt hüdrokeemia seirejaamade reostuskoormus hinnangud;
 - **Mõõtmised seirejaamas** – näitaja ja aasta põhiselt hüdrokeemia seirejaamade keskmised kontsentratsioonid.

Erinevate meetoditega saadud raskemetallide reostuskoormuste hinnangud on visualiseeritud **Baaskoormuste veebilehel**⁵. Veebilehel on tulemused toodud HELCOMi alambasseinide (seiratud ja seiramata alad koos) ja näitaja põhiselt. Vastavalt piirkonna valikule kuvatakse ka selle piirkonna hüdrokeemia seirejaamade raskemetallide reostuskoormuste hinnangud. Tulemused on veebilehel ajutiselt ning hiljemalt 2023. aasta lõpus eemaldatakse.

Kuigi reostuskoormuste hinnangud on leitud kõikide näitajate ja aastate jaoks ühesuguste meetodikatega, siis tulenevalt sisendandmete väärtustest, kasutatud mõõtmismetoodika määramispiirist ja mõõtmiste hulgast ainult mõõtmistel põhinevad tulemused varieeruvad tugevasti. Samuti kuna tihti esines olukordi, kus näitaja mõõtmisi seirejaamas ühes aastas oli alla 4, siis raske on hinnata kui hästi kirjeldavad leitud reostuskoormuste hinnangud tegelikku olukorda. Lisaks tasub silmas pidada, et kõikidest raskemetallide kontsentratsioonide mõõtmistest perioodil 1997-2003 oli 50% kaadmiumi, 62% plii ja 76% elavhõbe mõõtmistest alla määramispiiri. Seega sõltuvad reostuskoormuste hinnangud väga tugevalt kasutatud mõõtmismetoodikast ja võivad pigem kirjeldada metoodika määramispiiri kui tegelikku olukorda vooluveekogus.

⁵ <https://public.tableau.com/app/profile/estmodel/viz/Baaskoormus/Baaskoormus>

Lisa 1. Hüdrokeemia seirejaamad

Tabel 1. Analüüsis kasutatud hüdrokeemia seirejaamad ja nende HELCOMi alambasseini kuuluvus.

Seirejaama KKR kood	Seirejaama nimi	HELCOMi alambassein
SJA0664000	Ahja jõgi: Kiidjärve	Soome lahe vesikond
SJA7675000	Ahja jõgi: Lääniste sild	Soome lahe vesikond
SJA8127000	Alajõgi: Griini (Alajõe)	Soome lahe vesikond
SJA8211000	Avijõgi: Mulgi	Soome lahe vesikond
SJA8007000	Emajõgi: Kavastu	Soome lahe vesikond
SJA2302000	Emajõgi: Rannu-Jõesuu	Soome lahe vesikond
SJA7982000	Emajõgi: Tartu (Kvissental)	Soome lahe vesikond
SJA6180000	Jägala jõgi: Jägala juga	Soome lahe vesikond
SJA2203000	Jägala jõgi: Linnamäe (suue)	Soome lahe vesikond
SJA8358000	Jänijõgi: Jäneda	Soome lahe vesikond
SJA4483000	Kasari jõgi: Kasari sild	Liivi (Riia) lahe vesikond
SJA6896000	Keila jõgi: Keila linn	Soome lahe vesikond
SJA5960000	Keila jõgi: suue, Keila-Joa	Soome lahe vesikond
SJA5768000	Kullavere jõgi: hüdrokeemia - Tartu-Mustvee mnt sild	Soome lahe vesikond
SJA8841000	Kunda jõgi: suue	Soome lahe vesikond
SJA2115000	Linnusaare oja: Linnusaare	Soome lahe vesikond
SJA5258000	Loobu jõgi: Jõekäärü (Vihasoo)	Soome lahe vesikond
SJA7631000	Mustjõgi: Tsirgumäe	Liivi (Riia) lahe vesikond
SJA9741000	Narva jõgi: Narvast allavoolu	Soome lahe vesikond
SJA4328000	Narva jõgi: Vasknarva	Soome lahe vesikond
SJA2802000	Oostriku jõgi: Oostriku	Soome lahe vesikond
SJA0301000	Pedja jõgi: Jõgeva sordiareetusjaam	Soome lahe vesikond
SJA0430000	Pedja jõgi: Tõrve	Soome lahe vesikond
SJA5140000	Pirita jõgi: Lükati sild	Soome lahe vesikond
SJA9977000	Piusa jõgi: Värsk-Saatse mnt.	Soome lahe vesikond
SJA3124000	Porijõgi: Reola - Vana-Kuuste tee (Uhti)	Soome lahe vesikond
SJA4253000	Preedi jõgi: Varangu	Soome lahe vesikond
SJA9316000	Pudisoo jõgi: Pudisoo	Soome lahe vesikond
SJA9900000	Purtse jõgi: suue (Tallinn-Narva mnt)	Soome lahe vesikond
SJA7946000	Põltsamaa jõgi: Rutikvere	Soome lahe vesikond
SJA8483000	Pärnu jõgi: Oore	Liivi (Riia) lahe vesikond
SJA8617000	Pärnu jõgi: Türi-Alliku	Liivi (Riia) lahe vesikond

SJA1934000	Pühajõgi: suue	Soome lahe vesikond
SJA1361000	Rannapungerja jõgi: Mustvee mnt sild	Soome lahe vesikond
SJA8438000	Reiu jõgi: Lähkma	Liivi (Riia) lahe vesikond
SJA7093000	Saarjõgi: Kaansoo	Liivi (Riia) lahe vesikond
SJA4736000	Sauga jõgi: Nurme	Liivi (Riia) lahe vesikond
SJA3956000	Selja jõgi: suue	Soome lahe vesikond
SJA6231000	Taebla jõgi: Saunja sild	Liivi (Riia) lahe vesikond
SJA5321000	Tagajõgi: Tudulinna	Soome lahe vesikond
SJA4484000	Tänassilma jõgi: Kõrtsi (Oiu)	Soome lahe vesikond
SJA6880000	Valgejõgi: Loksa jalakäijate sild	Soome lahe vesikond
SJA9895000	Valgejõgi: Porkuni, Oruveski talust põhjasuunas	Soome lahe vesikond
SJA8444000	Velise jõgi: Valgu	Liivi (Riia) lahe vesikond
SJA2051000	Vihterpalu jõgi: Vihterpalu	Soome lahe vesikond
SJA6742000	Vodja jõgi: Vodja	Liivi (Riia) lahe vesikond
SJA7548000	Võhandu jõgi: Himmiste	Soome lahe vesikond
SJA7164000	Võhandu jõgi: Räpinast allavoolu, Ristipalo küla	Soome lahe vesikond
SJA0106000	Võisiku pkr: enne Võisiku paisjärve	Soome lahe vesikond
SJA6005000	Väike Emajõgi: Pikasilla	Soome lahe vesikond
SJA7837000	Vääna jõgi: suue, Vääna-Jõesuu sild	Soome lahe vesikond
SJA4377000	Õhne jõgi: Sõõriknurme (Suislepast allavoolu)	Soome lahe vesikond
SJA2589000	Õhne jõgi: Tõrvast ülesvoolu, Roobe sild	Soome lahe vesikond

Lisa 2. Hüdromeetria seirejaamad

Tabel 2. Analüüsis kasutatud hüdromeetria seirejaamad.

Seirejaama KKR kood	Seirejaama nimi
SJA8821000	Ahja jõgi: Ahja
SJA9946000	Alajõgi: Alajõe
SJA9683000	Audru jõgi: Audru
SJA2401000	Avijõgi: Separa
SJA7196000	Elva jõgi: Elva
SJA5524000	Emajõgi: Rannu-Jõesuu
SJA7331000	Emajõgi: Tartu
SJA1593000	Esna jõgi: Põhjaka I
SJA4385000	Halliste jõgi: Riisa
SJA3814000	Jägala jõgi: Kehra
SJA2259000	Kääpa jõgi: Kääpa
SJA9179000	Kasari jõgi: Kasari
SJA4444000	Keila jõgi: Keila
SJA1098000	Kunda jõgi: Sämi
SJA1582000	Leivajõgi: Pajupea
SJA7798000	Loobu jõgi: Arbavere
SJA6159000	Lõve jõgi: Uue-Lõve
SJA7233000	Luguse jõgi: Luguse
SJA7746000	Mustajõgi: Narva karjäär
SJA6683000	Mustjõgi: Taheva
SJA4515000	Narva jõgi: Narva linn
SJA2718000	Narva jõgi: Vasknarva
SJA6334000	Navesti jõgi: Aesoo
SJA2835000	Õhne jõgi: Tõrva
SJA4401000	Pärlijõgi / Puditsoo jõgi: Puditsoo
SJA2731000	Pärnu jõgi: Oore
SJB3766000	Pärnu jõgi: Säreveere
SJA0234000	Pärnu jõgi: Tahkuse
SJB4152000	Pärnu jõgi: Türi-Alliku
SJA3204000	Pedja jõgi: Tõrve
SJA6279000	Pirita jõgi: Kloostrimetsa
SJA5928000	Piusa jõgi: Korela
SJA8256000	Põltsamaa jõgi: Pajusi

SJA8796000	Porijõgi / Reola jõgi: Reola
SJA4084000	Prandi jõgi: Tori
SJA5604000	Pühajõgi: Toila-Oru
SJA2129000	Purtse jõgi: Lügänuše
SJA2558000	Rannapungerja jõgi: Roostoja
SJA9057000	Reiu jõgi: Laadi
SJA7595000	Saarjõgi: Kaansoo
SJA4331000	Sargvere peakraav: Põhjaka II
SJA4907000	Sauga jõgi: Nurme
SJA8909000	Selja jõgi: Varangu
SJA8056000	Tagajõgi: Tudulinna
SJA6842000	Tänassilma jõgi: Tänašsilma
SJA8903000	Tarvatu jõgi: Tarvatu
SJA2072000	Vääna jõgi: Hüüru
SJA3413000	Väike Emajõgi: Tõlliste
SJA8764000	Valgejõgi: Vanaküla
SJA8799000	Velise jõgi: Valgu
SJA9204000	Vigala jõgi: Konuvere
SJA3959000	Vihterpalu jõgi: Vihterpalu
SJA1133000	Vodja jõgi: Vodja
SJA5230000	Võhandu jõgi: Kirumpää
SJA4456000	Võhandu jõgi: Röpina