



KESKKONNAAGENTUUR

# **Settes ja/või elustikus akumuleeruvate prioriteetsete ainete sisalduse pikaajalise dünaamika analüüs**

Euroopa Liidu direktiivi 2013/39/EL artikli 3 aruanne

Vastutav täitja: Marge Muna

Kaasautorid: Laura Kütt, Margit Kolats, Liina Veske

Keskkonnaagentuur

Tallinn 2020

# Sisukord

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Sissejuhatus.....                                              | 2  |
| 2. Metoodika .....                                                | 3  |
| 3. Tulemused .....                                                | 7  |
| 3.1. Raskmetallid .....                                           | 7  |
| 3.1.1. Elavhõbe ja selle ühendid.....                             | 7  |
| 3.1.2. Kaadmium ja selle ühendid .....                            | 12 |
| 3.1.3. Plii ja selle ühendid.....                                 | 17 |
| 3.2. Tahtmatud põletuse kõrvalsaadused .....                      | 22 |
| 3.2.1. Dioksiinid ja dioksiinisarnased ühendid .....              | 22 |
| <i>Polüaromaatsed süsivesinikud (PAH)</i> .....                   | 26 |
| 3.2.2. Antratseen .....                                           | 26 |
| 3.2.3. Fluoranteen .....                                          | 29 |
| 3.2.4. Muud polüaromaatsed süsivesinikud (PAH) .....              | 32 |
| <i>Kloororgaanilised ained</i> .....                              | 35 |
| 3.2.5. Heksaklorobenseen (HCB).....                               | 35 |
| 3.2.6. Heksaklorobutadieen (HCBd).....                            | 38 |
| 3.2.7. Pentaklorobenseen (PeCB).....                              | 40 |
| 3.3. Tööstuskemikaalid.....                                       | 42 |
| 3.3.1. Bromodifenüüleetrid (PBDE) .....                           | 42 |
| 3.3.2. Di(2-etüülheksüül)ftalaat (DEHP) .....                     | 44 |
| 3.3.3. Heksabromotsüklododekaanid (HBCDD).....                    | 46 |
| 3.3.4. Kloroalkaanid, C <sub>10-13</sub> .....                    | 47 |
| 3.3.5. Perfluorooktaansulfoonhape ja selle derivaadid (PFOS)..... | 48 |
| 3.3. Tõrjemürgid.....                                             | 50 |
| 3.4.1. Dikofool .....                                             | 50 |
| 3.4.2. Heksaklorotsükloheksaan (HCH) .....                        | 51 |
| 3.4.3. Heptakloor ja heptakloorepoksiid .....                     | 56 |
| 3.4.4. Kinoksüfeen .....                                          | 59 |
| 3.4.5. Tributüültina ja selle ühendid (TBT) .....                 | 61 |
| Kokkuvõte.....                                                    | 63 |
| Viidatud allikad .....                                            | 65 |

# 1. Sissejuhatus

Saasteainete sisalduse pikaajalise dünaamika analüüsi eesmärk on välja selgitada, kas saasteainete sisalduste aegridades esineb süstemaatilisi muutusi, mis viitavad suundumusele. Settesse ja elustikku kogunenud saasteaine sisaldused annavad võrreldes veeprooviga pikemaajalist ja ruumiliselt laiahaardelisemat teavet veekogu saastatuse kohta. Saasteainete sisalduse pikaajalise dünaamika analüüs on ühtlasi üks osa veemajanduskavast, andmaks sisendit saasteainete seirekava koostamisele ja meetmete planeerimisele.

Euroopa Liidu liikmesriigina on Eesti Vabariigil kohustus pikaajalise dünaamika analüüsi koostada teatavate settes ja/või elustikus akumulatsioonide prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete kohta. Kohustus tuleneb Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiivi 2008/105/EÜ<sup>1</sup> ja seda muutva direktiivi 2013/39/EL<sup>2</sup> artiklist 3. Prioriteetsed ja prioriteetsed ohtlikud ained on Euroopa Liidu tasandil kehtestatud veekeskkonna saasteained, mille nimekiri on Eesti seadusandluses toodud keskkonnaministri 24.07.2019 määruses nr 28<sup>3</sup>. Veepoliitika raamdirektiivi<sup>4</sup> järgi on liikmesriikidel kohustus piirata prioriteetsete ainete veekeskkonda juhtimist ja järk-järgult või täielikult lõpetada prioriteetsete ohtlike ainete veekeskkonda juhtimine. Liikmesriigid peavad kasutusele võtma meetmed, mille eesmärk on tagada, et nimetatud ainete kontsentratsioon settes ja/või elustikus oluliselt ei kasva.

## 2. Metoodika

Pikaajalise dünaamika analüüsiks setetes ja elustikus sobivad saasteained on määratletud direktiivi 2013/39/EL<sup>2</sup> artikli 3 paragrahvis 6. Vastavad 20 saasteainet ja saasteainegruppi on toodud tabelis 1. Veepoliitika raamdirektiivi (VRD) juhendmaterjali nr 25<sup>5</sup> järgi sobivad settes ja elustikus seiramiseks orgaanilised saasteained, mille jaotuskoefitsient hüdrofoobse ja hüdrofiilse vedelikfaasi vahel (log Kow) ületab 3. Elustikus tuleks lisaks seirata ka selliseid aineid, mille biokontsentratsioonifaktor on suurem kui 100 või biomagnifikatsioonifaktor on suurem kui 1. Metallide puhul tuleb lisaks bioakumulatsiooni- ja biomagnifikatsioonivõimele arvestada ka muid tegureid nagu looduslik taustakontsentratsioon. Eesti veekogudes ei ole metallide looduslikke taustakontsentratsioone uuritud.

**Tabel 1.** Prioriteetsed ja prioriteetsed ohtlikud ained, mille sisalduse pikaajalist dünaamikat settes ja/või elustikus tuleb direktiivi 2013/39/EL<sup>2</sup> alusel analüüsida.

| Aine nimetus                                      | Nr* | CAS number**                        |
|---------------------------------------------------|-----|-------------------------------------|
| <b>Raskmetallid</b>                               |     |                                     |
| elavhõbe ja selle ühendid                         | 21  | 7439-97-6                           |
| kaadmium ja selle ühendid                         | 6   | 7440-43-9                           |
| plii ja selle ühendid                             | 20  | 7439-92-1                           |
| <b>Tahtmatud põletuse kõrvalsaadused</b>          |     |                                     |
| <i>dioksiinid ja dioksiinisarnased ühendid:</i>   | 37  |                                     |
| dioksiinisarnased polüklooritud bifenüülid (PCB): |     |                                     |
| PCB-77, PCB-81, PCB-105,                          |     | 32598-13-3, 70362-50-4, 32598-14-4, |
| PCB-114, PCB-118, PCB-123,                        |     | 74472-37-0, 31508-00-6, 65510-44-3, |
| PCB-156, PCB-157, PCB-167,                        |     | 38380-08-4, 69782-90-7, 52663-72-6, |
| PCB-169, PCB-189                                  |     | 32774-16-6, 39635-31-9              |
| polüklooritud dibenso-p-dioksiinid (PCDD):        |     |                                     |
| 2,3,7,8-tetraCDD                                  |     | 1746-01-6,                          |
| 1,2,3,7,8-pentaCDD                                |     | 40321-76-4,                         |
| 1,2,3,4,7,8-heksaCDD                              |     | 39227-28-6,                         |
| 1,2,3,6,7,8-heksaCDD                              |     | 57653-85-7,                         |
| 1,2,3,7,8,9-heksaCDD                              |     | 19408-74-3,                         |
| 1,2,3,4,6,7,8-heptaCDD                            |     | 35822-46-9,                         |
| 1,2,3,4,6,7,8,9-oktaCDD                           |     | 3268-87-9                           |
| polüklooritud dibensofuraanid (PCDF):             |     |                                     |
| 2,3,7,8-tetraCDF                                  |     | 51207-31-9,                         |
| 1,2,3,7,8-pentaCDF                                |     | 57117-41-6,                         |
| 2,3,4,7,8-pentaCDF                                |     | 57117-31-4,                         |
| 1,2,3,4,7,8-heksa-CDF                             |     | 70648-26-9,                         |
| 1,2,3,6,7,8-heksaCDF                              |     | 57117-44-9,                         |
| 1,2,3,7,8,9-heksaCDF                              |     | 72918-21-9,                         |
| 2,3,4,6,7,8-heksaCDF                              |     | 60851-34-5,                         |
| 1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF                            |     | 67562-39-4,                         |
| 1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF                            |     | 55673-89-7,                         |
| 1,2,3,4,6,7,8,9-oktaCDF                           |     | 39001-02-0,                         |
| <i>polüaromaatsed süsivesinikud (PAH)</i>         |     |                                     |
| antratseen                                        | 2   | 120-12-7                            |
| fluoranteen                                       | 15  | 206-44-0                            |
| muud PAHid:                                       | 28  |                                     |
| benzo(a)püreen,                                   |     | 50-32-8                             |
| benzo(b)fluoranteen,                              |     | 205-99-2                            |
| benzo(g,h,i)perüleen,                             |     | 191-24-2                            |
| benzo(k)fluoranteen,                              |     | 207-08-9                            |
| indeno(1,2,3-cd)püreen                            |     | 193-39-5                            |

**Tabel 1. jätkub**

| Aine nimetus                                    | Nr | CAS number         |
|-------------------------------------------------|----|--------------------|
| <i>kloororgaanilised ained</i>                  |    |                    |
| heksaklorobenseen (HCB)                         | 16 | 118-74-1           |
| heksaklorobutadieen (HCBD)                      | 17 | 87-68-3            |
| pentaklorobenseen (PeCB)                        | 26 | 608-93-5           |
| <b>Tööstuskemikaalid</b>                        |    |                    |
| Bromodifenüüleerid (PBDE)                       | 5  | 32534-81-9         |
| tribromodifenüüleeter                           |    | 49690-94-0         |
| tetrabromodifenüüleeter                         |    | 40088-47-9         |
| pentabromodifenüüleeter                         |    | 32534-81-9         |
| heksabromodifenüüleeter                         |    | 36483-60-0         |
| heptabromodifenüüleeter                         |    | 68928-80-3         |
| di(2-etüülheksüül)ftalaat (DEHP)                | 12 | 117-81-7           |
| heksabromotsüklododekaanid (HBCDD)              | 43 |                    |
| 1,3,5,7,9,11-HBCDD                              |    | 25637-99-4         |
| 1,2,5,6,9,10-HBCDD                              |    | 3194-55-6          |
| α-HBCDD                                         |    | 134237-50-6        |
| β-HBCDD                                         |    | 134237-51-7        |
| γ-HBCDD                                         |    | 134237-52-8        |
| kloroalkaanid, C <sub>10-13</sub>               | 7  | 85535-84-8         |
| perfluorooktaansulfoonhape ja derivaadid (PFOS) | 35 | 1763-23-1          |
| <b>Tõrjemürgid</b>                              |    |                    |
| dikofool                                        | 34 | 115-32-2           |
| heksaklorotsükloheksaan (HCH)                   | 18 | 608-73-1           |
| heptakloor ja heptakloorepoksiid                | 44 | 76-44-8, 1024-57-3 |
| kinoksüfeen                                     | 36 | 124495-18-7        |
| tributüültina ja selle ühendid (TBT)            | 30 | 36643-28-4         |

\* Nr – aine järjekorranumber määruses nr 28<sup>3</sup> ja direktiivis 2013/39/EL<sup>2</sup>.

\*\* CAS number – igale teaduskirjanduses kirjeldatud keemilisele ainele antud unikaalne registreerimisnumber Chemical Abstracts Service'i (CAS) andmebaasis.

Saasteainete pikaajalise dünaamika analüüsiks kasutati keskkonnaseire infosüsteemi (KESE, <https://kese.envir.ee/>) sisestatud seireandmeid. KESEs on kantud riikliku keskkonnaseire programmi ja sellega seonduvate keskkonnaprojektide raames kogutud keskkonnaseire andmestik. Saasteainete kõige värskema riikliku seire andmed kogutakse 2016–2021 a veemajanduskava järgi suurjärvedest (Peipsi järv, Pihkva järv, Võrtsjärv), Narva veehoidlast, seitsmest väikejärvest, 28 vooluveekogumist ja vähemalt viiest rannikumere kogumist<sup>6</sup>. 2016–2021 a veemajanduskava seirekava keskendub siiski rohkem veemaatriksi kui setete ja elustiku seirele<sup>6</sup>. Sette ja elustiku maatriksit tuleks pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks andmete kogumiseks seirata vähemalt iga kolme aasta tagant<sup>6</sup>.

Pikaajalise dünaamika analüüsis analüüsiti eraldiseisvalt eri proovimaatrikseid: põhjasetet ja elustikust kala (lihas, maks) ning molluskeid. Teiste elustiku proovimaatriksite nagu kala gonaadide, koorikloomade ja hulkharjasusside analüüsi kaasamiseks ei olnud piisavalt andmeid. Riikliku keskkonnaseire programmi pinnavee seire allprogrammi<sup>6</sup> järgi kogutakse setteproove üks kord aastas (augustis) veekogumi esinduslikust osast sette akumulatsioonialalt savikast settest ning võimalusel välditakse liivaseid setteid. Ülemisest settekihist (sügavus 0–5 cm, maksimaalselt 10 cm) võetakse kolmest osaproovist koosnev proov mahuga 1 liiter (kivid välja võetud).

Elustiku proov kogutakse samuti üks kord aastas perioodil juuli – oktoober<sup>6</sup>. Saasteainete sisalduse määramiseks valitakse keemilise analüüsi jaoks standardpikkusega (sabata mõõde) 15–20 cm emased ahvenad, vähemalt 15 isendit ühe proovi kohta<sup>6</sup>. Proov koosneb 100 g ahvena lihaskoest või 50 g ahvena maksast<sup>6</sup>. Ahvena asemel võib jõgedes alternatiivina kasutada forelli või lõhet ja meres räime<sup>6</sup>.

VRD juhendmaterjali nr 25<sup>5</sup> järgi sobivad analüüsiks ka latikas, turb ja emakala, kuid Eestis pole neid laialdaselt seiresse kaasatud, mistõttu jäeti need andmed analüüsist välja nagu ka üksikud andmed teistes kalaliikide kohta (haug, meritint, lest, särg jt). Kuigi iga kalaliigi andmeid on soovitatud eraldi analüüsida<sup>5</sup>, analüüsiti eri liikide andmeid andmete vähesuse tõttu siiski veekogumite kaupa koos.

Molluskite seireks kogutakse mageveest 2–3 aasta vanuseid rändkarpe ja 4–5 aasta vanuseid jõekarplaste sugukonda kuuluvaid liike (perekonnad järvekarp, jõekarp ja ebajärvekarp), v.a kaitse all olevad liigid (paksukojaline jõekarp)<sup>6</sup>. Molluskeid kogutakse vähemalt 10 isendit ühe 50 g pehmekoe proovi jaoks<sup>6</sup>. Merevee molluskite seiret allprogramm<sup>6</sup> ei käsitle, kuid VRD juhendmaterjali nr 25<sup>5</sup> järgi sobiks merevees seireks söödav rannakarp ning balti lamekarp. Merevee molluskite andmete analüüsis kasutati andmete vähesuse tõttu siiski kõikide seiratud karbiliikide (balti lamekarp, liiva-uurikarp, söödav rannakarp ja südakarp) andmeid, kuid edaspidi võib kaaluda ka ainult söödava rannakarbi ning balti lamekarbi andmete analüüsimist. Nagu kalaliikide puhul, koondati ka kõikide molluskiliikide andmed veekogumite kaupa ja analüüsiti koos.

Analüüsis kasutati kõiki riikliku keskkonnaseire ja keskkonnaprojektide seireandmeid ajavahemikust 1994–2019, mis olid 4.02.2020 seisuga andmebaasi kantud, seega jäid hiljem sissekantud 2019. a andmed analüüsist välja. Võimalusel analüüsiti eraldiseisvalt ka ainult 2010–2019 a. andmeid. 1994. aastal hakati mereelustikus sisalduvate saasteainete seires tänapäevaseid meetodeid kasutama ja 2010. a alustati Eestis veemajanduskavade põhise lähenemisega veekeskonna kaitsele. Analüüsiks valiti need veekogumid ja seiremaatriksid, mille kohta olid kättesaadavad vähemalt viie seireaasta andmed. Saasteainete seiretulemustest jäeti välja seirekohad, mis olid punktreostusallikate (reoveepuhastusjaamade ja tööstuse heitvee suublapirakonnad) vahetus läheduses. Lisaks jäeti Muuga-Tallinn-Kakumäe rannikuvee kogumi andmetest välja Kroodi oja suudmepirakonna andmed, sest tegemist on tööstuse heitvett juhtiva kraaviga. Analüüsist jäeti välja ka seiretöö „Hinnangu andmine merekeskkonna ökosüsteemipõhiseks korraldamiseks Soome lahe merepõhja ja setete näitel (SedGof)“ (seiretöö kood ST00000337) tulemused, sest seal kasutatud metoodika võrreldavus ülejäänud andmetega vajab põhjalikumat analüüsi. Analüüsiks valiti sellise ühikuga andmed, millel põhjal oli võimalik koostada kõige pikemad andmerekad, võimalusel teisendati osa andmete ühikuid kuivkaalu andmete põhjal teistega ühtivaks. Analüüsis kasutatud andmed on KESEst välja võetud 4.02.2020 seisuga ja on toodud lisades 1–20.

Pikaajalise dünaamika analüüsi teostamisel juhenduti veepoliitika raamdirektiivi (VRD) juhendmaterjalist nr 25<sup>5</sup>. Analüüsiks kasutati seireandmete aasta keskmiseid väärtuseid, mis on arvutatud aritmeetiliste keskmistena pinnaveekogumite ning proovimaatriksite põhisel. Osa ainegruppide puhul on arvutatud isomeeride või ainete keskmiste summad. Alla määramispiiri jäävaid tulemusi on analüüsitud vastavalt direktiivi 2009/90/EÜ<sup>7</sup> artiklile 5: ainete keskmisi arvutades on alla määramispiiri jääv väärtus asendatud poolega määramispiirist ning kontsentratsioone summeerides nulliga. Statistiline aegridade trendianalüüs teostati tarkvaraga R (3.6.2).

Trendi hindamiseks kasutati Mann-Kendalli testi, mis on mõeldud aegridades monotoonse trendi olemasolu hindamiseks. Mann-Kendalli testi tulemust ei mõjuta oluliselt üksikud äärmuslikud väärtused ning see ei eelda andmetelt normaaljaotust<sup>5</sup>. Mann-Kendalli testi tegemiseks soovitatakse kasutada vähemalt 8–10 seireaasta andmeid, kuid andmete vähesuse tõttu kasutati siin analüüsis andmeid alates 5 seireaastast. Kui Mann-Kendalli testi kasutades trendi ei leita, ei tähenda see tingimata aine stabiilset sisaldust ajas, vaid võib olla tingitud ka andmete vähesusest või väga kõikumast sisaldusest seiremaatriksis eri seireaastatel.

Mann-Kendalli testi tulemused on toodud kolme komponendina:

- 1) **Olulisustõenäosus  $p$**  on eksimise tõenäosus trendi leidmise õigsuse uskumisel (kui kasutatud meetodi eeldused kehtivad ja valim on esinduslik)<sup>8</sup>. Samas ei ole olulisustõenäosus trendi puudumise tõenäosus, vaid tõenäosus trendi puudumisel analüüsitava või veelgi äärmuslikum valim saada<sup>8</sup>. Kokkuleppeliselt loetakse loodusteadustes vaikimisi nõutavaks olulisuse nivooks  $p < 0,05$ .
- 2) **Kendalli  $\tau$  (tau)** on hälbimissuundade korrelatsioonikordaja. Tau näitab kahe tunnuse võrdluses sama- ja vastassuunaliste vaatluspaaride suhtelise sageduse erinevust<sup>8</sup>. Tau väärtused on vahemikus -1 kuni +1, juhuslikkuse korral oodatav väärtus on 0<sup>8</sup>.
- 3) **Võimsus** on kriteeriumi võime trendi olemasolu tõestada ehk piirväärtust teist tüüpi veale<sup>8</sup>. Statistiline võimsus jääb vahemikku 0–1 ning mida suurem on statistiline võimsus, seda väiksem on tõenäosus teha teist tüüpi viga (test ei suuda tagasi lükata null-hüpoteesi ehk ei suuda tuvastada trendi, mis tegelikult andmetes esineb). Siinses analüüsis võimsusele minimaalset vajalikku väärtust ei kehtestatud, sest lühikeste andmeridade puhul on kõrge võimsuse väärtuse saavutamine väga ebatõenäoline.

Analüüsitulemuste graafiliseks illustreerimiseks on kasutatud lineaarse regressiooni trendijoont.

Analüüsis tuuakse välja ka veekogumid, kus on vähemalt kolme seireaasta andmed juba olemas ja kus seetõttu võiks võimalusel seiret pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks jätkata. Lisaks on iga saasteaine reostuse tekkimise ja püsimise kohta toodud põgus ülevaade 2018. aastal valminud veekeskonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

### 3. Tulemused

#### 3.1. Raskmetallid

##### 3.1.1. Elavhõbe ja selle ühendid

**Tabel 2.** Elavhõbeda ja selle ühendite reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 7439-97-6 (sidumata vorm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Staatus                                 | prioriteetne ohtlik aine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Allikad <sup>9</sup>                    | Euroopa liidus lubatud kasutada väga vähestes valdkondades, võib leiduda vanades seadmetes. Kasutatakse peamiselt elektroonikas ja meditsiinis. Euroopas on suurim õhusaasteallikas energiasektor.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | Eestis elavhõbedat ega selle ühendeid ei toodeta, kuid esineb looduslikult põlevkivis. Jääkreostusena on Erra jões.<br><br><u>Peamised allikad:</u><br>Soojus- ja elektrijaamad (494 kg/a)<br>Põlevkivitööstuse jäätmed (186 kg/a)<br>Kodumajapidamiste ahjud ja katlad (22 kg/a)<br>Jäätmekäitlusest (21 kg/a)<br>Tuhastamine (12 kg/a)<br>Reoveesetega pinnasesse (10 kg/a)<br>Olmejäätmete lahtine põletamine (9 kg/a)<br>Lahustid (sh seenetõrjemürgid) kodumajapidamistes (7 kg/a)<br>Tubaka põletamine ja ilutulestik (5 kg/a) |
| Keskkonnas käitumine                    | Metall, ei lagune                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

KESE andmetel on põhjasetetest elavhõbedat mõõdetud 763 proovis (aastatel 2001–2019), molluskitest 39 proovis (aastatel 1998–2014), kala lihasest 679 proovis (aastatel 1998–2019) ning kala maksast 363 proovis (aastatel 1998–2011) (Lisa 1).

Mõõtmised põhjasetetest olid teostatud 86 pinnaveekogumis, igas kogumis kuni kümnel aastal (Tabel 3). Pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks valiti 9 kogumit, kus andmeid oli vähemalt 5 seireaasta kohta: Peipsi järv, Pihkva järv, Emajõgi, Narva Narva veehoidlani, Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi, Piusa Kiviojast suudmeni, Purtse Viru HEJ paisust suudmeni, Narva Narva veehoidlast suudmeni ja Narva veehoidla (Tabel 3; Lisa 1). Pärast ebasobivate seirekohtade (Tallinna reoveepuhasti suublaapiirkond) ja SedGofi projekti tulemuste eemaldamist ei olnud enam analüüsiks piisavalt andmeid kogumis Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi (Lisa 1). Kogumite Peipsi järv ja Pihkva järv puhul oli võimalik analüüsida nii kogu andmerida kui ka andmeid ainult alates 2010. aastast. Kogumit Narva veehoidla seirati viimati 2006. aastal, mistõttu viimase 15 aasta suundumust analüüsida ei saa. Andmed jäeti siiski analüüsi sisse, kuid pole graafiliselt kujutatud.

Mõõtmised molluskitest olid teostatud 4 pinnaveekogumis, igas kolmel kuni kaheksal aastal (Tabel 3). Pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks valiti 3 kogumit, kus andmeid oli vähemalt 5 seireaasta kohta: Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi, Narva-Kunda lahe rannikuvesi ja Pakri lahe rannikuvesi (Tabel 3; Lisa 1). Kogumeid Pakri lahe rannikuvesi ja Narva-Kunda lahte seirati viimati 2004.–2005. aastal, mistõttu viimase 15 aasta suundumus analüüsida ei saa. Andmed jäeti siiski analüüsi sisse, kuid pole graafiliselt kujutatud.

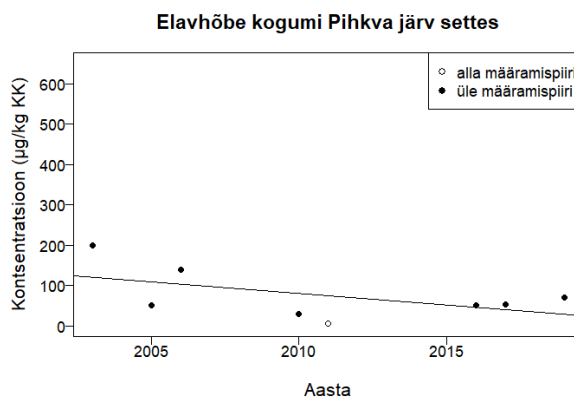
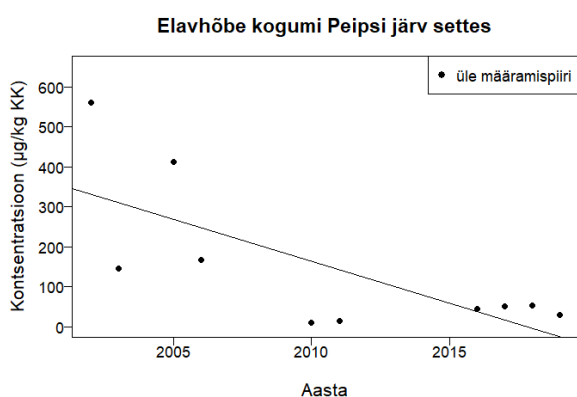
Mõõtmised kala lihasest olid teostatud 44 kogumis, igas kuni üheksal aastal (Tabel 3). Pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks valiti kolm kogumit, kus andmeid oli vähemalt 5 seireaasta kohta: Narva-Kunda lahe rannikuvesi, Pärnu lahe rannikuvesi ja Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi (Tabel 3; Lisa 1). Pärast ebasobivate seirekohtade (Kroodi oja suue) eemaldamist ei olnud enam piisavalt andmeid kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi analüüsiks (Lisa 1). Kogumite Narva-Kunda lahe rannikuvesi ja Pärnu lahe rannikuvesi puhul oli võimalik analüüsida nii kogu andmerida kui ka ainult andmeid alates 2010. aastast.

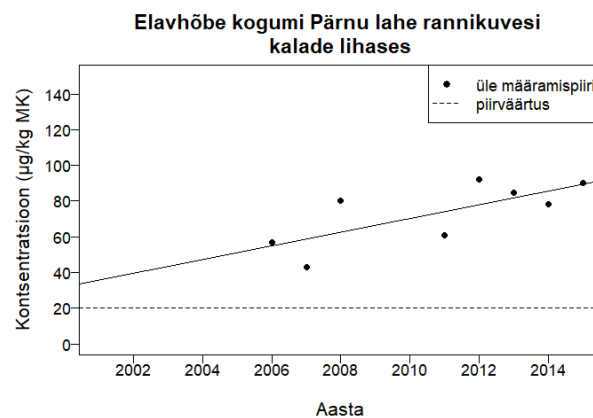
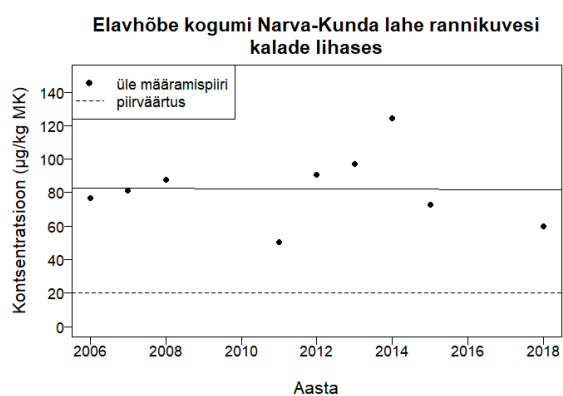
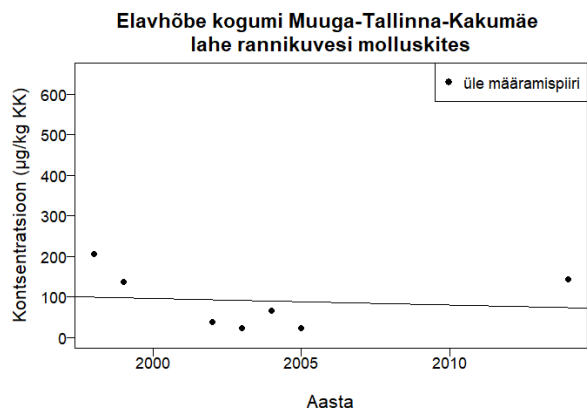
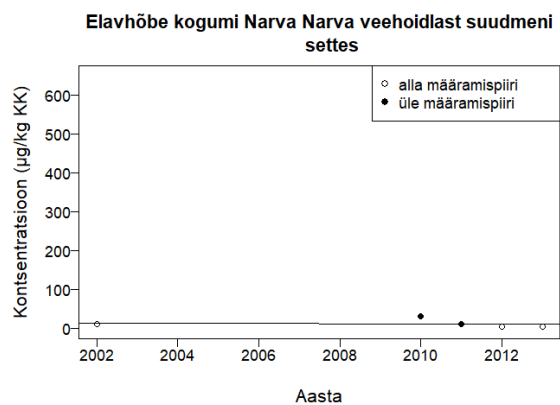
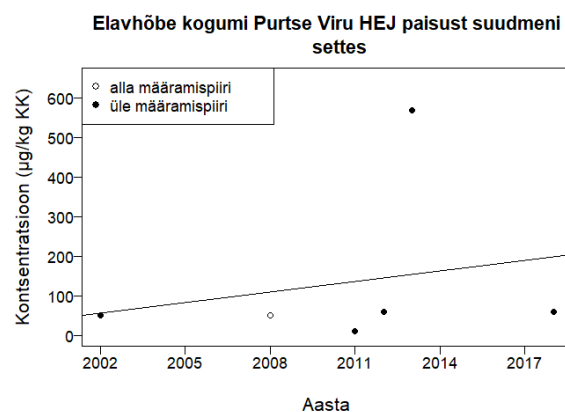
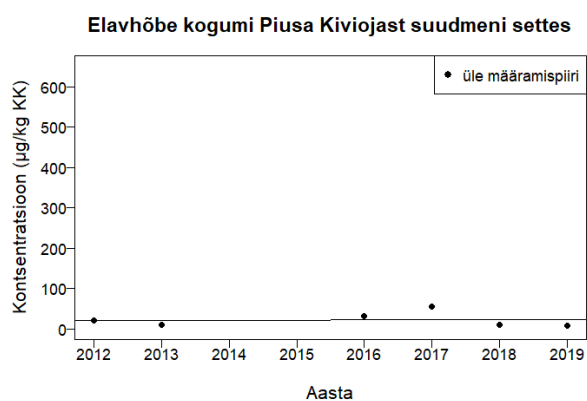
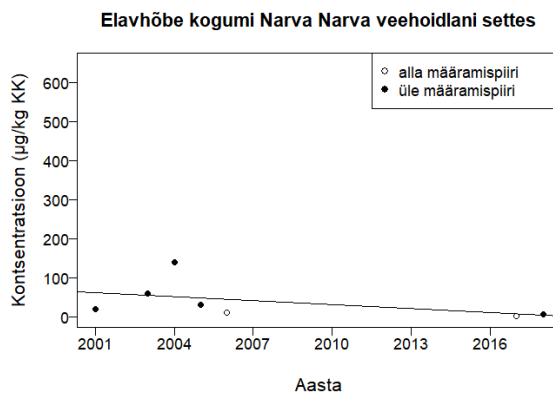
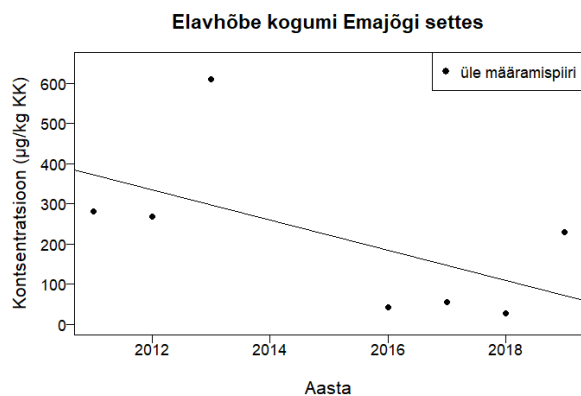
Mõõtmised kala maksast olid teostatud 21 kogumis, igas kuni kaheksal aastal (Tabel 3). Pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks valiti 3 kogumit, kus andmeid oli vähemalt 5 seireaasta kohta: Pärnu lahe rannikuvesi, Narva-Kunda lahe rannikuvesi ja Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi (Tabel 3; Lisa 1). Kuna viimased tulemused pärinevad 2011. aastast, ei kajasta need andmed viimase kümnendi muutusi sisaldustes. Andmed on siiski analüüsi kaasatud, kuid pole graafiliselt kujutatud.

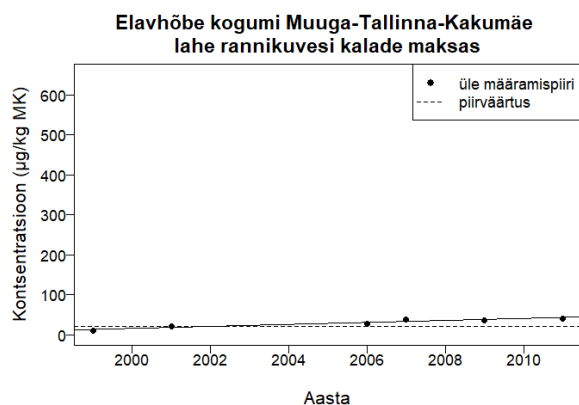
**Tabel 3.** Elavhõbeda seireandmete statistilise analüüsi tulemused.

| Veekogum                                | Maatriks   | Seire-aastate arv | p     | $\tau$ | Võimsus | Suundumus |
|-----------------------------------------|------------|-------------------|-------|--------|---------|-----------|
| Peipsi järv                             | sete       | 10                | 0,15  | -0,38  | 0,20    | ei leitud |
| Peipsi järv (alates 2010)               | sete       | 6                 | 0,13  | 0,60   | 0,26    | ei leitud |
| Pihkva järv                             | sete       | 8                 | 0,80  | -0,11  | 0,06    | ei leitud |
| Pihkva järv (alates 2010)               | sete       | 5                 | 0,086 | 0,80   | 0,41    | ei leitud |
| Emajõgi                                 | sete       | 7                 | 0,23  | -0,43  | 0,17    | ei leitud |
| Narva Narva veehoidlani                 | sete       | 7                 | 0,13  | -0,52  | 0,24    | ei leitud |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | sete       | 6                 | 0,45  | -0,33  | 0,11    | ei leitud |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni        | sete       | 6                 | 0,34  | 0,41   | 0,13    | ei leitud |
| Narva Narva veehoidlast suudmeni        | sete       | 5                 | 0,19  | -0,67  | 0,25    | ei leitud |
| Narva veehoidla                         | sete       | 5*                | 0,61  | -0,32  | 0,09    | ei leitud |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | molluskid  | 7                 | 0,55  | -0,24  | 0,08    | ei leitud |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | molluskid  | 6*                | 0,13  | -0,60  | 0,26    | ei leitud |
| Pakri lahe rannikuvesi                  | molluskid  | 5*                | 0,81  | -0,20  | 0,07    | ei leitud |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | kala lihas | 9                 | 0,75  | 0,11   | 0,06    | ei leitud |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi (al. 2010) | kala lihas | 6                 | 1,00  | 0,07   | 0,05    | ei leitud |
| Pärnu lahe rannikuvesi                  | kala lihas | 8                 | 0,11  | 0,50   | 0,26    | ei leitud |
| Pärnu lahe rannikuvesi (al. 2010)       | kala lihas | 5                 | 0,81  | 0,20   | 0,07    | ei leitud |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | kala maks  | 8*                | 0,11  | 0,50   | 0,26    | ei leitud |
| Pärnu lahe rannikuvesi                  | kala maks  | 8*                | 0,27  | 0,36   | 0,14    | ei leitud |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | kala maks  | 6*                | 0,024 | 0,87   | 0,68    | suureneb  |

\* Neid kogumeid seirati viimati 2011. a või varem.







Elavhõbeda pikaajalise dünaamika analüüs näitas, et statistiliselt usaldusväärne suundumus leiti vaid ühes kogumis: aastatel 1999.–2011. suurenes elavhõbeda sisaldus kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi kalade maksas. Sama kogumi molluskites, milles on ka hiljem Hg seiratud, trendi ei leitud. Lisaks on pärast 2011. a elavhõbeda keskkonda jõudmise vähendamiseks meetmeid rakendatud, mistõttu tõusutrendi jätkumist ei saa eeldada.

Teistes kogumites suundumust ei leitud kas andmete vähesuse või saasteaine stabiilse või väga kõikuva sisalduse tõttu seiremaatriksis eri seireaastatel. Kogumi Pihkva järv settes oli p tulemus 2010.–2019. aasta andmeid eraldi analüüsidest statistiliselt olulise tõusutrendi näitamisele lähedal ( $p=0,086$ ), kuid pikema andmerea analüüs samas kogumis siiski tõusutrendi ei näidanud. Elavhõbeda koguste vähenemist keskkonnas ei ole põhjust eeldada ka ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal, sest elavhõbeda mõningane kasutamine seadmetest on endiselt lubatud ja kütuste põletamisel vabanevad endiselt märkimisväärsed kogused.

Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus elavhõbedat on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 4. Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal jõuab 83% kogu arvestuslikust elavhõbedast õhu kaudu keskkonda Ida-Eesti vesikonnast.

**Tabel 4.** Veekogumid, kus elavhõbeda seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses ning kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi Kroodi oja suudmepiirkonna andmed.

| Kogumi nimi                     | Sete | Molluskid | Kala lihas | Kala maks |
|---------------------------------|------|-----------|------------|-----------|
| Emajõgi                         | 7    |           |            |           |
| Erra                            | 3*   |           |            |           |
| Eru-Käsmu lahe rannikuvesi      |      | 3*        |            | 3*        |
| Haapsalu lahe rannikuvesi       |      |           | 3*         |           |
| Halliste Lüütre oja             | 3    |           |            |           |
| Hara lahe rannikuvesi           |      |           |            | 3*        |
| Hiiu madala rannikuvesi         |      |           | 3*         | 3*        |
| Kasari Vigala jõest suudmeni    | 4    |           |            |           |
| Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi |      |           | 4          |           |
| Keila Keila joast suudmeni      | 3    |           |            |           |
| Kihelkonna lahe rannikuvesi     |      |           | 3*         |           |
| Kohtla                          | 4*   |           |            |           |
| Kolga lahe rannikuvesi          |      |           | 3*         |           |
| Kroodi                          | 3*   |           |            |           |

**Tabel 4 jätkub.**

| Kogumi nimi                             | Sete | Molluskid | Kala lihas | Kala maks |
|-----------------------------------------|------|-----------|------------|-----------|
| Kullavere Imukvere ojust suudmeni       | 3    |           |            |           |
| Liivi lahe rannikuvesi                  |      |           | 3*         |           |
| Matsalu lahe rannikuvesi                |      |           | 4*         |           |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | 3    | 7*        | 4*         | 6*        |
| Narva Narva veehoidlani                 | 7*   |           |            |           |
| Narva Narva veehoidlast suudmeni        | 5    |           |            |           |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | 4    | 6*        | 9          | 8*        |
| Narva veehoidla                         | 5*   |           |            |           |
| Pakri lahe rannikuvesi                  |      | 5*        |            |           |
| Peipsi järv                             | 10   |           |            |           |
| Pihkva järv                             | 8    |           |            |           |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | 6    |           |            |           |
| Purtse Püssi paisust Viru HEJ paisuni   | 4*   |           |            |           |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni        | 6    |           |            |           |
| Pärnu Kärü jõest Sindi paisuni          | 4    |           |            |           |
| Pärnu lahe rannikuvesi                  |      |           | 8          | 8*        |
| Pärnu Sindi paisust suudmeni            | 3    |           |            |           |
| Selja Varangu mnt sillast suudmeni      |      |           | 3*         |           |
| Soela väina rannikuvesi                 |      |           | 3*         |           |
| Valgejõgi Moest Pikkojani               | 3    |           |            |           |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni         | 3    |           |            |           |
| Väinamere rannikuvesi                   |      |           | 3*         |           |
| Vääna Pääsküla jõest suudmeni           | 3    |           |            |           |

\*Kogumid, mida on alates 2010. aastast vähem kui kolmel aastal seiratud.

### 3.1.2. Kaadmium ja selle ühendid

**Tabel 5.** Kaadmiumi ja selle ühendite reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 7440-43-9 (sidumata vorm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Staatuse                                | prioriteetne ohtlik aine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Allikad <sup>9</sup>                    | Tööstuses kasutatakse kaadmiumi peamiselt patareides, pigmendina ja metallipindade kattekihtide tootmiseks. Toodetakse ka kõrvalsaadusena värviliste metallide kaevandamisel, sulatamisel ja rafineerimisel, fosforvæetiste tootmisel ja fossiilsete kütuse põletamisel. Suur osa toodetakse jäätmete (peamiselt patareide) ümbertöötlemise käigus. Looduslikul teel vabaneb kulutamise, erosiooni ja abrasiooni ning metsatulekahjude ja vulkaanipursete tagajärjel.             |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | Eestis kaadmiumi ega selle ühendeid ei toodeta, kuid esineb looduslikult põlevkivis. Jääkreostusena on Kroodi ojas, Erra jões ja fenoolisoos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                         | <u>Peamised allikad:</u><br>Põlevkivitööstuse jäätmed (11652 kg/a)<br>Mineraalne fosforvæetis (kuni 534 kg/a)<br>Soojus- ja elektrijaamad (sh põlevkivist) (492 kg/a)<br>Kodumajapidamiste ahjud ja katlad (197 kg/a)<br>Reoveesetega pinnasesse (34 kg/a)<br>Tööstuslikud ahjud (18 kg/a)<br>Põlevkivi kaevandamine ja põlevkiviõli tootmine (u 13 kg/a)<br>Tubaka põletamine ja ilutulestik (11 kg/a)<br>Olmejäätmete lahtine põletamine (11 kg/a)<br>Autopesulad (kuni 8 kg/a) |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | Metall, ei lagune. Kaadmium ja selle ühendid on võrreldes paljude teiste raskmetallidega vees suhteliselt hästi lahustuvad ning seega liikuvad.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Kaadmium on KESE andmetel Eestis üks pikemalt seiratud saasteainete: molluskitest juba alates 1984. aastast ja kala lihasest juba alates 1985. aastast (Lisa 2). Enne 1994. aastast kogutud andmed on analüüsist siiski välja jäetud, sest meetodikad ei ole võrreldavad.

Pärast vanade andmete väljajätmist oli KESE infosüsteemi andmetel kaadmiumi põhjasetetest seiratud 885 proovist (aastatel 2001–2019), molluskitest 102 proovis (aastatel 1994–2014), kala lihasest 591 proovis (aastatel 1994–2011) ning kala maksast 774 proovis (aastatel 1994–2019) (Lisa 2). Mõõtmised kala lihases olid teostatud 6 kogumis, igas kogumis kuni neljal aastal, mistõttu kala lihase andmeid pikaajalise dünaamika analüüsi kaasata ei saanud (Lisa 2).

Mõõtmised põhjasetetest olid teostatud 82 pinnaveekogumis, igas kogumis ühel kuni kümnel aastal (Tabel 6). Pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks valiti 9 kogumit, kus andmeid oli vähemalt 5 seireaasta kohta: Peipsi järv, Pihkva järv, Emajõgi, Narva Narva veehoidlani, Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi, Piusa Kiviojast suudmeni, Purtse Viru HEJ paisust suudmeni, Narva Narva veehoidlast suudmeni ja Narva veehoidla (Tabel 6; Lisa 2). Proovide hulgast arvestati maha SedGofi projekti tulemused ning osa 2004., 2010. ja 2019. aasta alla määramispiiri jäävaid tulemusi, kus määramispiir oli oluliselt kõrgem (1000 µg/kg sette kuivkaalus), kui teistel seireaastatel mõõdetud väärtused. Pärast

nende andmete mahaarvamist ei olnud kogumite Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi, Narva veehoidla ja Narva Narva veehoidlast suudmeni analüüsimiseks enam piisavalt andmeid (Lisa 2).

Mõõtmised molluskitest olid teostatud 6 pinnaveekogumis, igas kogumis kuni 11 aastal (Tabel 6). Pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks valiti 4 kogumit, kus andmeid oli vähemalt 5 seireaasta kohta: Eru-Käsmu lahe rannikuvesi, Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi, Narva-Kunda lahe rannikuvesi ja Pakri lahe rannikuvesi (Tabel 6; Lisa 2). Kogumeid Eru-Käsmu lahe rannikuvesi, Narva-Kunda lahe rannikuvesi ja Pakri lahe rannikuvesi seirati viimati aastatel 2001–2005, mistõttu viimase 15–20 aasta suundumus analüüsida ei saa. Kogumid jäeti siiski analüüsi sisse, kuid andmeid graafiliselt ei kujutatud.

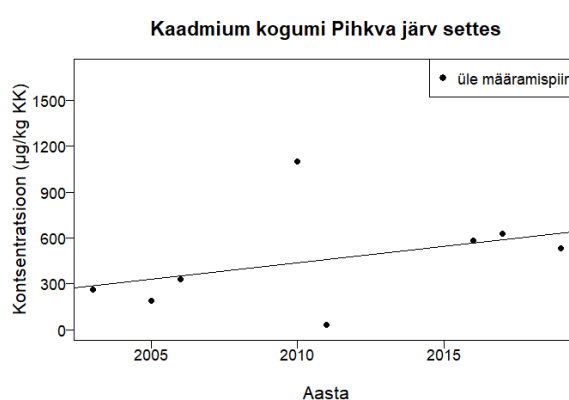
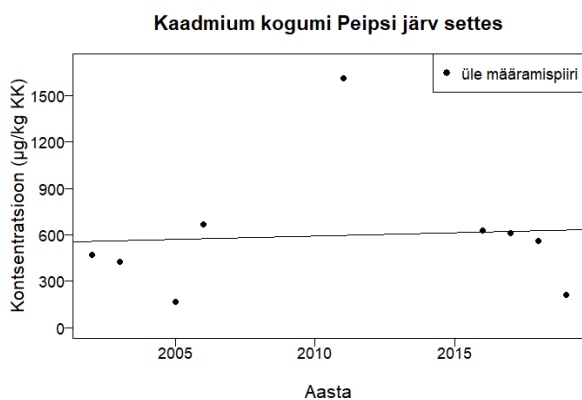
Mõõtmised kala maksast olid teostatud 49 kogumis, igas kogumis kuni 15 aastal (Tabel 6). Pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks valiti neli kogumit, kus andmeid oli vähemalt 5 seireaasta kohta: Narva-Kunda lahe rannikuvesi, Pärnu lahe rannikuvesi, Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi ja Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi (Tabel 6; Lisa 2).

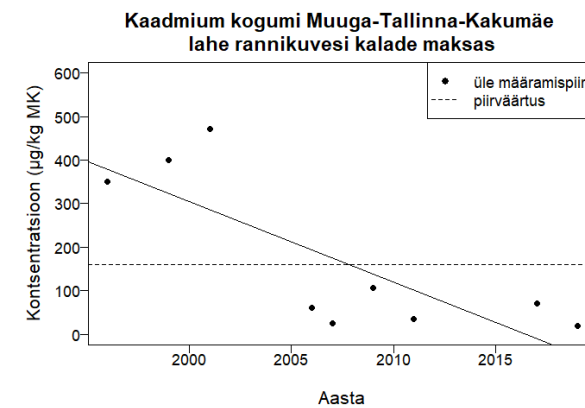
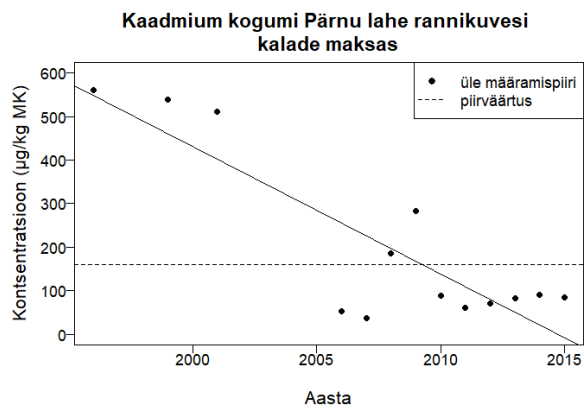
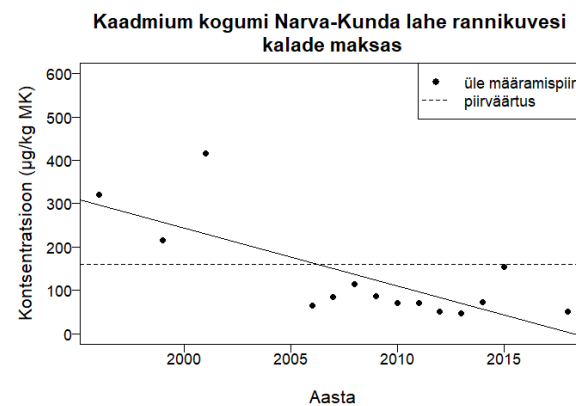
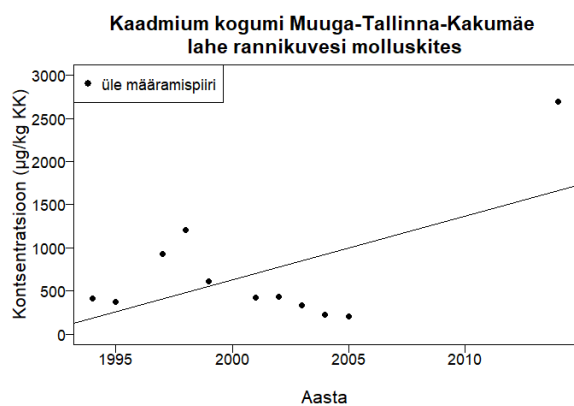
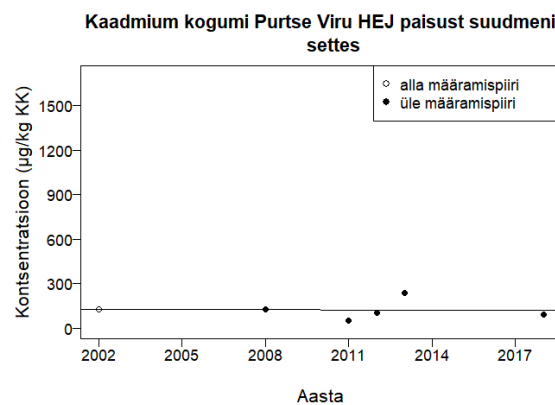
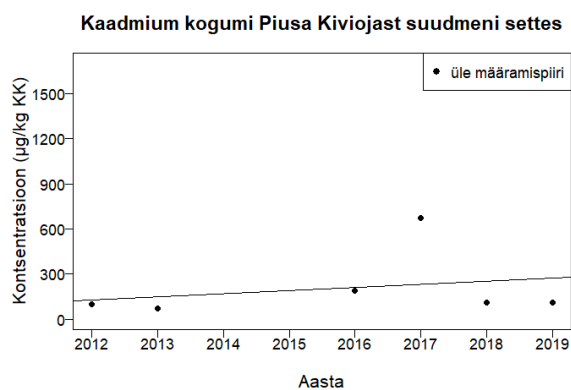
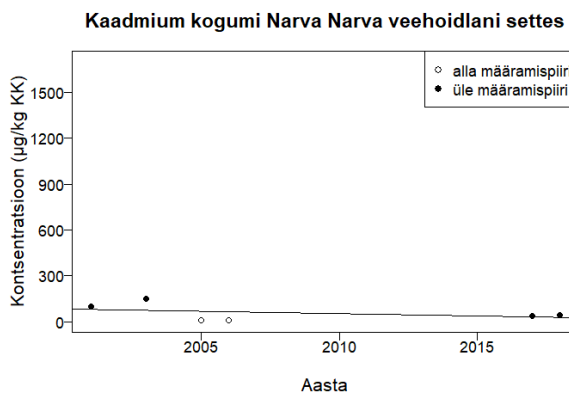
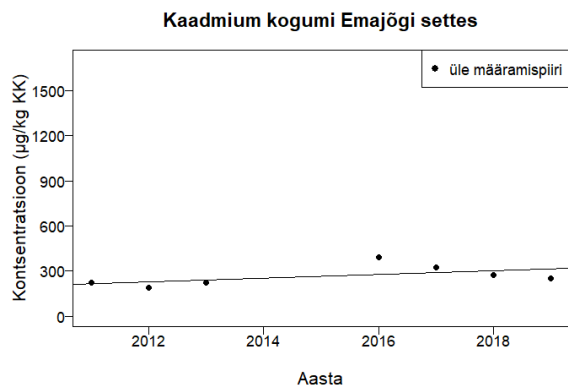
**Tabel 6.** Kaadmiumi seireandmete statistilise analüüsi tulemused.

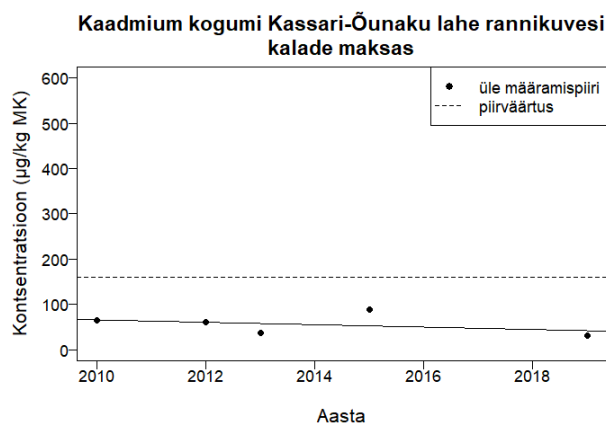
| Veekogum                                | Seire-aastate arv | Maatriks  | p     | $\tau$ | Võimsus | Suundumus        |
|-----------------------------------------|-------------------|-----------|-------|--------|---------|------------------|
| Peipsi järv                             | 9                 | sete      | 0,92  | -0,06  | 0,05    | ei leitud        |
| Peipsi järv (alates 2010)               | 5                 | sete      | 0,027 | -1,00  | 1,00    | <b>väheneb**</b> |
| Pihkva järv                             | 8                 | sete      | 0,39  | 0,29   | 0,11    | ei leitud        |
| Pihkva järv (alates 2010)               | 5                 | sete      | 0,81  | -0,20  | 0,07    | ei leitud        |
| Emajõgi                                 | 7                 | sete      | 0,45  | 0,29   | 0,10    | ei leitud        |
| Narva Narva veehoidlani                 | 6                 | sete      | 0,85  | -0,14  | 0,06    | ei leitud        |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | 6                 | sete      | 0,57  | 0,28   | 0,08    | ei leitud        |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni        | 6                 | sete      | 0,85  | -0,14  | 0,06    | ei leitud        |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | 11                | molluskid | 0,44  | -0,20  | 0,09    | ei leitud        |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | 10*               | molluskid | 0,72  | -0,11  | 0,06    | ei leitud        |
| Eru-Käsmu lahe rannikuvesi              | 5*                | molluskid | 0,46  | -0,40  | 0,11    | ei leitud        |
| Pakri lahe rannikuvesi                  | 5*                | molluskid | 0,22  | -0,60  | 0,20    | ei leitud        |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | 14                | kala maks | 0,032 | -0,44  | 0,37    | <b>väheneb</b>   |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi (al. 2010) | 7                 | kala maks | 0,88  | 0,10   | 0,054   | ei leitud        |
| Pärnu lahe rannikuvesi                  | 13                | kala maks | 0,16  | -0,31  | 0,18    | ei leitud        |
| Pärnu lahe rannikuvesi (al. 2010)       | 6                 | kala maks | 0,45  | 0,33   | 0,10    | ei leitud        |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | 9                 | kala maks | 0,076 | -0,50  | 0,29    | ei leitud        |
| Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi         | 5                 | kala maks | 0,46  | -0,40  | 0,11    | ei leitud        |

\* Neid kogumeid seirati viimati 2005. a või varem.

\*\* Vähendamise põhjus on ebatavaliselt kõrge seiretulemus 2010. aastal.







Kaadmiumi pikaajalise dünaamika analüüs näitas, et statistiliselt usaldusväärne suundumus leiti kahes kogumis: aastatel 1996.–2018. vähenes kaadmiumi sisaldus kogumi Narva-Kunda lahe rannikuvesi kalade maksas ning aastatel 2011.–2019. kogumi Peipsi järv settes. Peipsi järve puhul oli langus siiski 2011. a mõõdetud ebatavaliselt kõrge kaadmiumi sisaldusest tingitud ega näita usaldusväärset langustrendi. Teistes kogumites suundumust ei leitud, kuigi kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi kalade maksas oli p tulemus olulise langustrendi näitamisele lähedal ( $p=0,076$ ). Suundumuste puudumise põhjus võib olla nii andmete vähesus kui ka saasteaine stabiilne või väga kõikumine sisaldus seiremaatriksis eri seireaastatel. Ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal ei ole kaadmiumi kasutuses ja heitkogustes suuri muudatusi oodata.

Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus kaadmiumit on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 7. Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal jõuab 70% kaadmiumi õhu kaudu keskkonda Ida-Eesti vesikonnast. Enim tööstuslikke ettevõtteid, kes oma tegevuses võivad kaadmiumi ja/või kaadmiumi ühendeid kasutada, jääb Lääne-Eesti vesikonda (404 ettevõtet), samas kui suurema kasutuskogusega ettevõtted jäävad Ida-Eesti vesikonda. Koiva vesikonnas tegutsevad kaks ettevõtet valdkonnas metallitööstus ja metallpindade katmine. Fosforvähenditest jõuab kaadmium keskkonda ilmselt kõikjal Eestis.

**Tabel 7.** Veekogumid, kus kaadmiumi seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses ning kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi Kroodi oja suudmepiirkonna andmed.

| Kogumi nimi                     | Sete | Molluskid | Kala lihas | Kala maks |
|---------------------------------|------|-----------|------------|-----------|
| Emajõgi                         | 7    |           |            |           |
| Erra                            | 4*   |           |            |           |
| Eru-Käsmu lahe rannikuvesi      |      | 5*        |            | 3*        |
| Haapsalu lahe rannikuvesi       |      |           |            | 4*        |
| Halliste Lüütre oja             | 3    |           |            |           |
| Hara lahe rannikuvesi           |      |           |            | 4*        |
| Hiiu madala rannikuvesi         |      | 3*        |            | 3*        |
| Kasari Vigala jõest suudmeni    | 4    |           |            |           |
| Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi |      |           |            | 5         |
| Keila Keila joast suudmeni      | 3    |           |            |           |
| Kohtla                          | 4*   |           |            |           |
| Kolga lahe rannikuvesi          |      |           |            | 3*        |
| Kroodi                          | 3*   |           |            |           |
| Kullavere Imukvere oja suudmeni | 3*   |           |            |           |

**Tabel 7. jätkub.**

| Kogumi nimi                             | Sete | Molluskid | Kala lihas | Kala maks |
|-----------------------------------------|------|-----------|------------|-----------|
| Liivi lahe rannikuvesi                  |      |           |            | 3*        |
| Matsalu lahe rannikuvesi                |      |           |            | 4         |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi |      | 11*       |            | 9         |
| Narva Narva veehoidlani                 | 6*   |           |            |           |
| Narva Narva veehoidlast suudmeni        | 4    |           |            |           |
| Narva veehoidla                         | 4*   |           |            |           |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | 4    | 10*       | 3*         | 14        |
| Pakri lahe rannikuvesi                  |      | 5*        |            | 3*        |
| Peipsi järv                             | 9    |           |            |           |
| Pihkva järv                             | 8    |           |            |           |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | 6    |           |            |           |
| Purtse Püssi paisust Viru HEJ paisuni   | 4*   |           |            |           |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni        | 6    |           |            |           |
| Pärnu Kärü jõest Sindi paisuni          | 4    |           |            |           |
| Pärnu lahe rannikuvesi                  |      |           | 3*         | 13        |
| Pärnu Sindi paisust suudmeni            | 3    |           |            |           |
| Selja Varangu mnt sillast suudmeni      |      |           |            | 3*        |
| Valgejõgi Moest Pikkojani               | 3    |           |            |           |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni         | 3    |           |            |           |
| Väinamere rannikuvesi                   |      |           |            | 4         |
| Vääna Pääsküla jõest suudmeni           | 3    |           |            |           |

\*Kogumid, mida on alates 2010. aastast vähem kui kolmel aastal seiratud.

Kaadmiumi pikaajalise dünaamika analüüsi kvaliteedi tõstmisele aitaks kaasa see, kui sette analüüsimiseks kasutataks järjepidevalt madalaima võimaliku määramispiiriga meetodeid. Sellest analüüsist tuli välja jätta alla määramispiiri jäävaid tulemusi seiretöödest Ohtlike ainete seire rannikumeres 2019. a. (seiretöö kood ST00002297), Narva veehoidla hüdrokeemiline seire 2004. a. (seiretöö kood ST00000726) ning veekeskkonnale ohtlike ainete sõeluuringu tulemustest Eestis (BaltActHaz) (seiretöö kood ST00000052, 2010), sest määramispiir (1000 µg/kg kuivkaalus) oli oluliselt kõrgem, kui teistes seiretöödes määramispiiriga 20 µg/kg kuivkaalus mõõdetud tulemused.

### 3.1.3. Plii ja selle ühendid

**Tabel 8.** Plii ja selle ühendite reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 7439-92-1 (sidumata vorm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Staatus                                 | prioriteetne aine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Allikad <sup>9</sup>                    | Kasutamine tootmises on oluliselt vähenenud. Endiselt kasutatakse autoakudes, pigmendina, laskemoonas, kaablite katmiseks, kaalude, sukeldumisvöödes raskuseks, pliiikristallklaasis, kaitseks kiirguse eest ning mõningates sulamites.<br>Autobensiinidest võib tarbimisse lubada ja müüa ainult pliivaba bensiini.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | Peamised allikad:<br>Põlevkivitööstuse jäätmed (üle 110 239 kg/a)<br>Soojus- ja elektrijaamad (sh põlevkivist) (26 138 kg/a)<br>Mineraalväetised (kuni 2303 kg/a)<br>Tööstuslikud ahjud (u 670 kg/a)<br>Pliiakude ümbertöötlus (u 637 kg/a)<br>Kodumajapidamiste ahjud ja katlad (440 kg/a)<br>Reoveesetega pinnasesse (u 388 kg/a)<br>Olmejäätmete lahtine põletamine (330 kg/a)<br>Tubaka põletamine ja ilutulestik (288 kg/a)<br>Kauba- ja reisijate transport (üle 277 kg/a)<br>Autopesulad (kuni 188 kg/a)<br>Mittetööstuslikud äri- ja avaliku sektori katlad (u 87 kg/a)<br>Tsemendi, lubja ja telliskivide tootmine (üle 59 kg/a)<br>Paberimassi, paberi- ja papitootmine (üle 34 kg/a)<br>Põllumajandus- ja metsanduskatlamajad, masinad (üle 30 kg/a)<br>Põlevkivi kaevandamine ja põlevkiviõli tootmine (u 28 kg/a) |
| Keskkonnas käitumine                    | Metall, ei lagune.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Plii on KESE andmetel Eestis üks pikimalt seiratud ohtlikest ainetest: molluskites juba alates 1984. aastast ja kala lihases juba alates 1985. aastast (Lisa 3). Enne 1994. aastast kogutud andmed on analüüsist siiski, sest meetodid ei ole võrreldavad.

Pärast vanade andmete väljajätmist oli KESE infosüsteemi andmetel pliid põhjasetetest seiratud 734 proovist (aastatel 2001–2019), molluskitest 102 proovis (aastatel 1994–2014), kala lihasest 595 proovis (aastatel 1994–2011) ning kala maksast 774 proovis (aastatel 1994–2019) (Lisa 3). Mõõtmised kala lihasest olid teostatud 7 kogumis, igas kogumis kuni neljal aastal, mistõttu kala lihase andmeid pikaajalise dünaamika analüüsi kaasata ei saanud (Lisa 3).

Mõõtmised põhjasetetest olid teostatud 81 pinnaveekogumis, igas kogumis ühel kuni kümnel aastal (Tabel 9). Pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks valiti 10 kogumit, kus andmeid oli vähemalt 5 seireaasta kohta: Peipsi järv, Narva-Kunda lahe rannikuvesi, Pihkva järv, Emajõgi, Narva Narva veehoidlani, Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi, Piusa Kiviojast suudmeni, Purtse Viru HEJ paisust suudmeni, Narva Narva veehoidlast suudmeni ja Narva veehoidla (Tabel 9; Lisa 3). Proovide hulgast arvestati maha SedGofi projekti tulemused. Pärast nende andmete mahaarvamist ei olnud kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi analüüsimiseks enam piisavalt andmeid (Lisa 3). Narva veehoidla värskeimad andmed pärinevad 2006. aastast. Kogum jäeti siiski analüüsi sisse, kuid andmeid graafiliselt ei kujutatud.

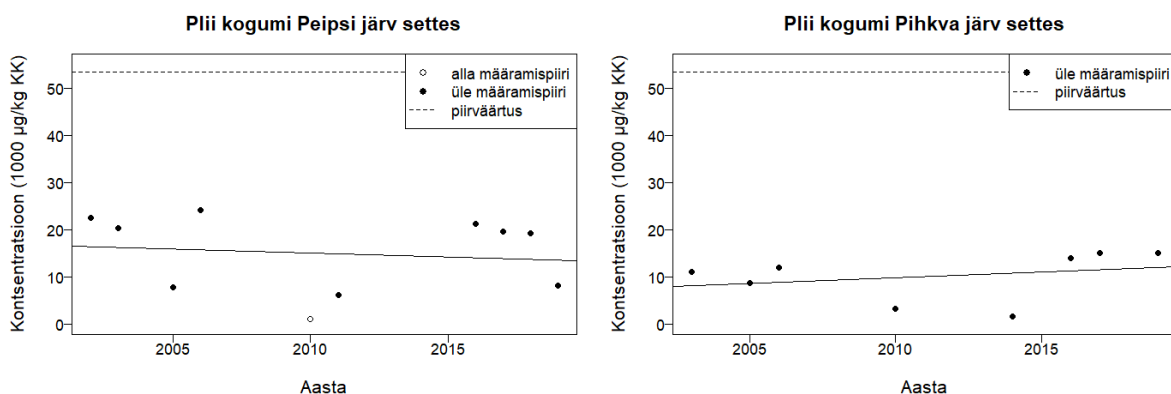
Mõõtmised molluskitest olid teostatud 7 pinnaveekogumis, igas kogumis kuni 11 aastal (Tabel 9). Pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks valiti 4 kogumit, kus andmeid oli vähemalt 5 seireaasta kohta: Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi, Narva-Kunda lahe rannikuvesi, Eru-Käsmu lahe rannikuvesi ja Pakri lahe rannikuvesi (Tabel 9; Lisa 3). Andmete hulgast arvestati maha tulemused, mille ühikut ei olnud võimalik kuivkaalu andmete puudumise tõttu teisendada teistega ühtivaks. Pärast nende andmete mahaarvamist ei olnud kogumi Eru-Käsmu lahe rannikuvesi analüüsimiseks enam piisavalt andmeid (Lisa 3). Kogumeid Narva-Kunda lahe rannikuvesi ja Pakri lahe rannikuvesi seirati viimati aastatel 2004–2005, mistõttu viimase 15 aasta suundumust analüüsida ei saa. Kogumid jäeti siiski analüüsi sisse, kuid andmeid graafiliselt ei kujutatud.

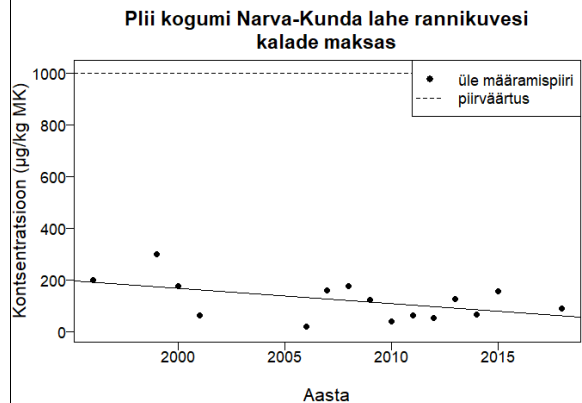
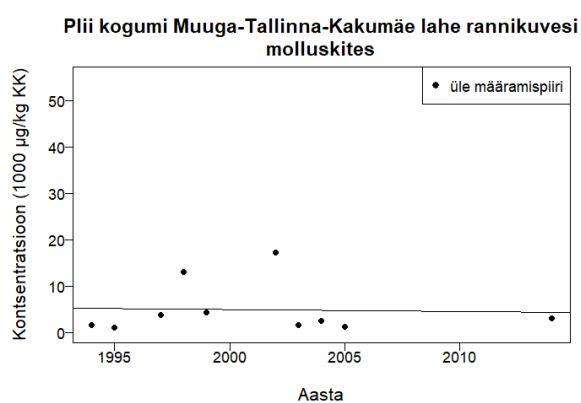
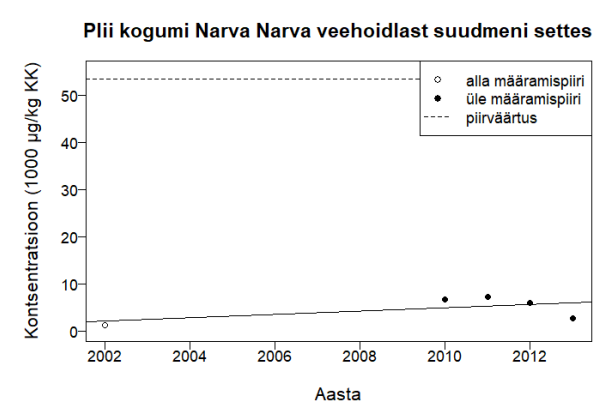
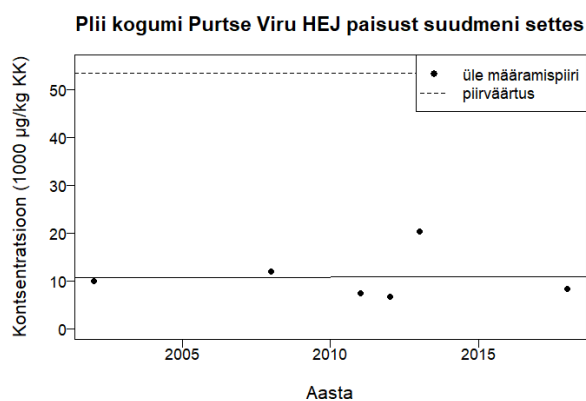
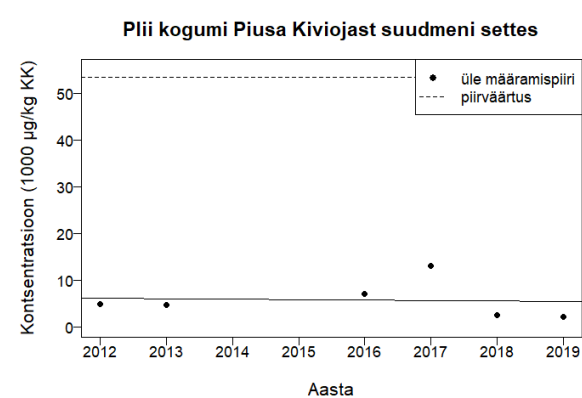
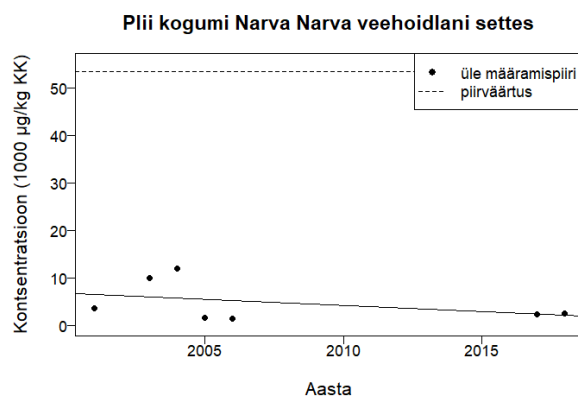
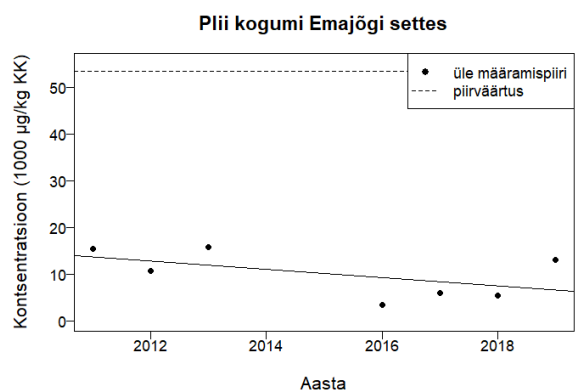
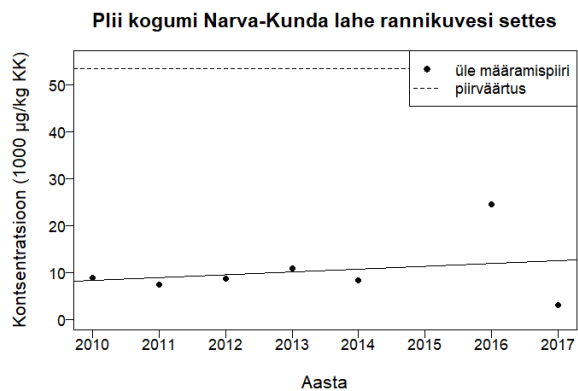
Mõõtmised kala maksast olid teostatud 49 kogumis, igas kogumis kuni 16 aastal (Tabel 9). Pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks valiti neli kogumit, kus andmeid oli vähemalt 5 seireaasta kohta: Narva-Kunda lahe rannikuvesi, Pärnu lahe rannikuvesi, Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi ja Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi (Tabel 9; Lisa 3).

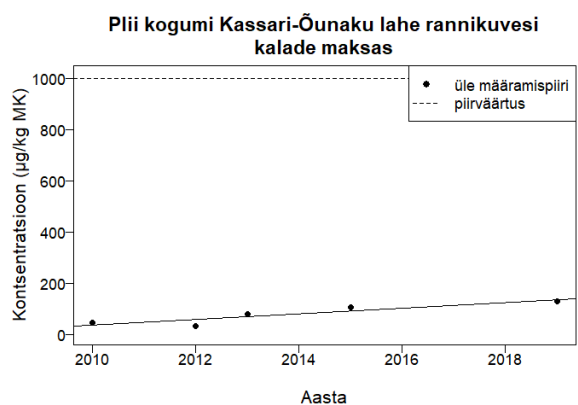
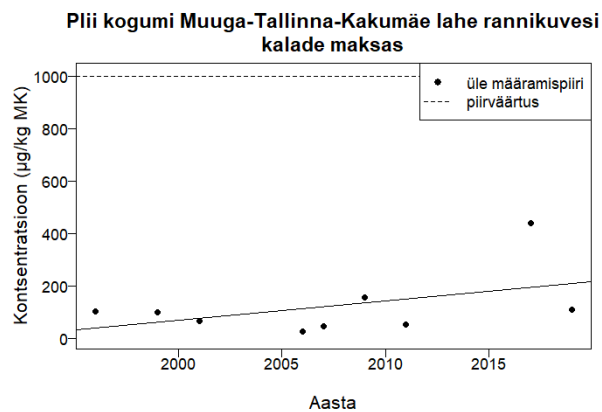
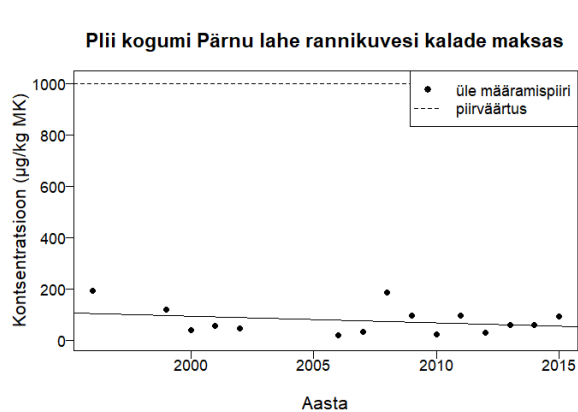
**Tabel 9.** Plii seireandmete statistilise analüüsi tulemused.

| Veekogum                                | Maatriks  | Seire-<br>astate<br>arv | p     | τ     | Võimsus | Suun-<br>dumus |
|-----------------------------------------|-----------|-------------------------|-------|-------|---------|----------------|
| Peipsi järv                             | sete      | 10                      | 0,37  | -0,24 | 0,11    | ei leitud      |
| Peipsi järv (alates 2010)               | sete      | 6                       | 0,71  | 0,20  | 0,07    | ei leitud      |
| Pihkva järv                             | sete      | 8                       | 0,21  | 0,40  | 0,17    | ei leitud      |
| Pihkva järv (alates 2010)               | sete      | 5                       | 0,13  | 0,74  | 0,32    | ei leitud      |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | sete      | 7                       | 1,00  | -0,05 | 0,05    | ei leitud      |
| Emajõgi                                 | sete      | 7                       | 0,55  | -0,24 | 0,08    | ei leitud      |
| Narva Narva veehoidlani                 | sete      | 7                       | 0,55  | -0,24 | 0,08    | ei leitud      |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | sete      | 6                       | 0,45  | -0,33 | 0,10    | ei leitud      |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni        | sete      | 6                       | 1,00  | -0,07 | 0,05    | ei leitud      |
| Narva Narva veehoidlast suudmeni        | sete      | 5                       | 1,00  | 0,00  | 0,05    | ei leitud      |
| Narva veehoidla                         | sete      | 5*                      | 1,00  | 0,11  | 0,06    | ei leitud      |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | molluskid | 10                      | 1,00  | 0,02  | 0,05    | ei leitud      |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | molluskid | 9*                      | 1,00  | 0     | 0,05    | ei leitud      |
| Pakri lahe rannikuvesi                  | molluskid | 5*                      | 1,00  | 0     | 0,05    | ei leitud      |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | kala maks | 15                      | 0,17  | -0,28 | 0,17    | ei leitud      |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi (al. 2010) | kala maks | 7                       | 0,072 | 0,62  | 0,34    | ei leitud      |
| Pärnu lahe rannikuvesi                  | kala maks | 15                      | 0,59  | -0,12 | 0,07    | ei leitud      |
| Pärnu lahe rannikuvesi (al. 2010)       | kala maks | 6                       | 0,45  | 0,33  | 0,10    | ei leitud      |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | kala maks | 9                       | 0,60  | 0,17  | 0,07    | ei leitud      |
| Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi         | kala maks | 5                       | 0,09  | 0,80  | 0,41    | ei leitud      |

\* Neid kogumeid seirati viimati 2006. a või varem.







Plii pikaajalise dünaamika analüüs näitas, et statistiliselt usaldusväärset suundumust ei leitud üheski kogumis, kuigi kogumi Narva-Kunda lahe rannikuvesi kalade maksas oli p tulemus 2010.–2018. aasta andmeid eraldi analüüsidest statistiliselt olulise tõusutrendi näitamisele lähedal ( $p=0,072$ ). Pikema andmerea analüüs samas kogumis siiski tõusutrendi ei näidanud. Suundumuste puudumise põhjus võib olla nii andmete vähesus kui ka saasteaine stabiilne või väga kõikum sisaldus seiremaatriksis eri seireaastatel. Ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal on kaadmiumi kasutamine tootmises vähenenud, kuid kasutusvaldkondi endiselt palju ja kasutuse olulist edasist vähenemist ette näha ei ole.

Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus pliid on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 10. Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal jõuab 94% pliid õhu kaudu keskkonda Ida-Eesti vesikonnast. Ka heit- ja kasutuse kogustelt suuremad ettevõtted jäävad Ida-Eesti vesikonda. Koiva vesikonnas tegutseb üks ettevõtte põletatud savist telliste, kivide ja muude ehitustoodete tootmise valdkonnas ja kaks ettevõtet metallitööstus ja metallpindade katmise valdkonnas.

**Tabel 10.** Veekogumid, kus plii seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses ning kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi Kroodi oja suudmepiirkonna andmed.

| Kogumi nimi                             | Sete | Molluskid | Kala lihas | Kala maks |
|-----------------------------------------|------|-----------|------------|-----------|
| Emajõgi                                 | 7    |           |            |           |
| Erra                                    | 4*   |           |            |           |
| Eru-Käsmu lahe rannikuvesi              |      | 4*        |            | 3*        |
| Haapsalu lahe rannikuvesi               |      |           |            | 4*        |
| Halliste Lüütre oja                     | 3    |           |            |           |
| Hara lahe rannikuvesi                   |      |           |            | 4*        |
| Hiiu madala rannikuvesi                 |      | 3*        |            | 4*        |
| Kasari Vigala jõest suudmeni            | 4    |           |            |           |
| Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi         |      |           |            | 5         |
| Keila Keila joast suudmeni              | 3    |           |            |           |
| Kohtla                                  | 4*   |           |            |           |
| Kolga lahe rannikuvesi                  |      |           |            | 3*        |
| Kroodi                                  | 3*   |           |            |           |
| Kullavere Imukvere oja suudmeni         | 3    |           |            |           |
| Liivi lahe rannikuvesi                  |      |           |            | 3*        |
| Matsalu lahe rannikuvesi                |      |           |            | 4         |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | 3    | 10*       | 3*         | 9         |
| Narva Narva veehoidlani                 | 7*   |           |            |           |
| Narva Narva veehoidlast suudmeni        | 5    |           |            |           |
| Narva veehoidla                         | 5*   |           |            |           |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | 7    | 9*        | 4*         | 15        |
| Pakri lahe rannikuvesi                  |      | 5*        |            | 3*        |
| Peipsi järv                             | 10   |           |            |           |
| Pihkva järv                             | 8    |           |            |           |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | 6    |           |            |           |
| Purtse Püssi paisust Viru HEJ paisuni   | 4*   |           |            |           |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni        | 6    |           |            |           |
| Pärnu Kärü jõest Sindi paisuni          | 4    |           |            |           |
| Pärnu lahe rannikuvesi                  |      |           | 4*         | 15        |
| Pärnu Sindi paisust suudmeni            | 3    |           |            |           |
| Selja Varangu mnt sillast suudmeni      |      |           |            | 3*        |
| Valgejõgi Moest Pikkojani               | 3    |           |            |           |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni         | 3    |           |            |           |
| Väinamere rannikuvesi                   |      |           |            | 4         |
| Vääna Pääsküla jõest suudmeni           | 3    |           |            |           |

\*Kogumid, mida on alates 2010. aastast vähem kui kolmel aastal seiratud.

## 3.2. Tahtmatud põletuse kõrvalsaadused

### 3.2.1. Dioksiinid ja dioksiinisarnased ühendid

**Tabel 11.** Dioksiinide ja dioksiinisarnaste ühendite reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | Jägmiste ainete summa:<br>polüklooritud dibenso-p-dioksiinid ( <b>PCDD</b> ): 1746-01-6, 40321-76-4, 39227-28-6, 57653-85-7, 19408-74-3, 35822-46-9, 3268-87-9;<br>polüklooritud dibensofuraanid ( <b>PCDF</b> ): 51207-31-9, 57117-41-6, 57117-31-4, 70648-26-9, 57117-44-9, 72918-21-9, 60851-34-5, 67562-39-4, 55673-89-7, 39001-02-0;<br>dioksiinisarnased polüklooritud bifenüülid ( <b>DS-PCB</b> ): 32598-13-3, 70362-50-4, 32598-14-4, 74472-37-0, 31508-00-6, 65510-44-3, 57465-28-8, 38380-08-4, 69782-90-7, 52663-72-6, 32774-16-6, 39635-31-9                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Staatuse                                | prioriteetsed ohtlikud ained                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Allikad <sup>9</sup>                    | Dioksiine ega furaane sihipäraselt ei toodeta. Tekivad orgaanilise aine (puit, fossiilkütused, prügi) mittetäielikul põlemisel ning tööstuslikes protsessides. Sisalduvad mittesihipäraselt osas toodetes nagu rehvid, tööstuslikud õlid ja tubakas. Looduslikest protsessidest tekivad vulkaanipursete ja metsatulekahjude käigus.<br>Dioksiinisarnaseid PCB looduslikult ei esine. Praeguseks on tootmine keelatud, kuid toodeti kuni 1970ndateni kasutuseks elektriseadmetes, hüdraulistes süsteemides, plastifikaatorites, pinnakattevahendites, tintides, liimides, leegiaeglustites, värvides, isekopeeruvates paberites, mikroskoopide immersioonõlides ja määrdõlides. Satuvad keskkonda peamiselt jäätmete ebaõige käitlemise tulemusel või trafode, kondensaatorite ning hüdrosüsteemide lekete kaudu. |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | <u>Peamised allikad:</u><br>Polüklooritud dibenso-p-dioksiinid (PCDD) ja polüklooritud dibensofuraanid (PCDF):<br>Elektri- ja kaugküttejaoamad (sh põlevkivist) (855 kg/a)<br>Põlevkivitööstuse jäätmed<br>Tulekahjud<br><br>Dioksiinisarnast polüklooritud bifenüüli (DS-PCB):<br>Põlevkivitööstuse jäätmed (u 267 kg/a)<br>Elektri- ja kaugküttejaoamad (sh põlevkivist) (2,8 kg/a)<br>Töötlev tööstus (metalli-, keemia-, toiduainete-, paberi-) (u 1,1 kg/a)<br>Mittetööstuslikud äri- ja avaliku sektori katlad (u 0,18 kg/a)<br>Reoveesetega pinnasesse (u 0,12 kg/a)<br>Tulekahjud                                                                                                                                                                                                                        |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | PCDD ja PCDF on keskkonnas väga püsivad ja lagunevad aastakümnete kuni aastasadeadega. Oluline levimisviis on kaugkanne.<br>DS-PCB on samuti keskkonnas väga püsivad ja kinnituvad tugevalt tahketele osakestele ja pinnasele. Lagunevad setetes 30–200 aastaga. DS-PCB püsivad välisõhus lühemat aega kui dioksiinid ja furaanid, mistõttu ei levi oluliselt kaugkandega.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Polüklooritud dibenso-p-dioksiine (PCDD) ja polüklooritud dibensofuraane (PCDF) on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 1336 proovis (aastatel 2010–2018) ning kala lihasest 150 proovis (2018–2019), molluskitest ega kala maksast aineid seiratud pole (Lisa 4). Setetes oli PCDD ja PCDF rohkem kui kahel aastal seiratud ainult Haapsalu lahe rannikuvees, kus kolmest

mõõtmisaastast kahe proovid pärinesid reoveepuhasti suublaapiirkonnast (Lisa 4). Kala lihasest ei olnud üheski seirekogumis seireandmeid kogutud rohkem kui kahe aasta kohta (Lisa 4). Andmete vähesuse tõttu on PCDD ja PCDF pikaajalise dünaamika analüüsist välja jäetud.

Dioksiinisarnaseid polüklooritud bifenüüle (DS-PCB) on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 2915 proovis (aastatel 2010–2019), molluskitest 7 proovis (aastatel 1998 ja 2014), kala lihasest 1256 proovis (1995–2019) ja kala maksast 11 proovis (aastal 2011).

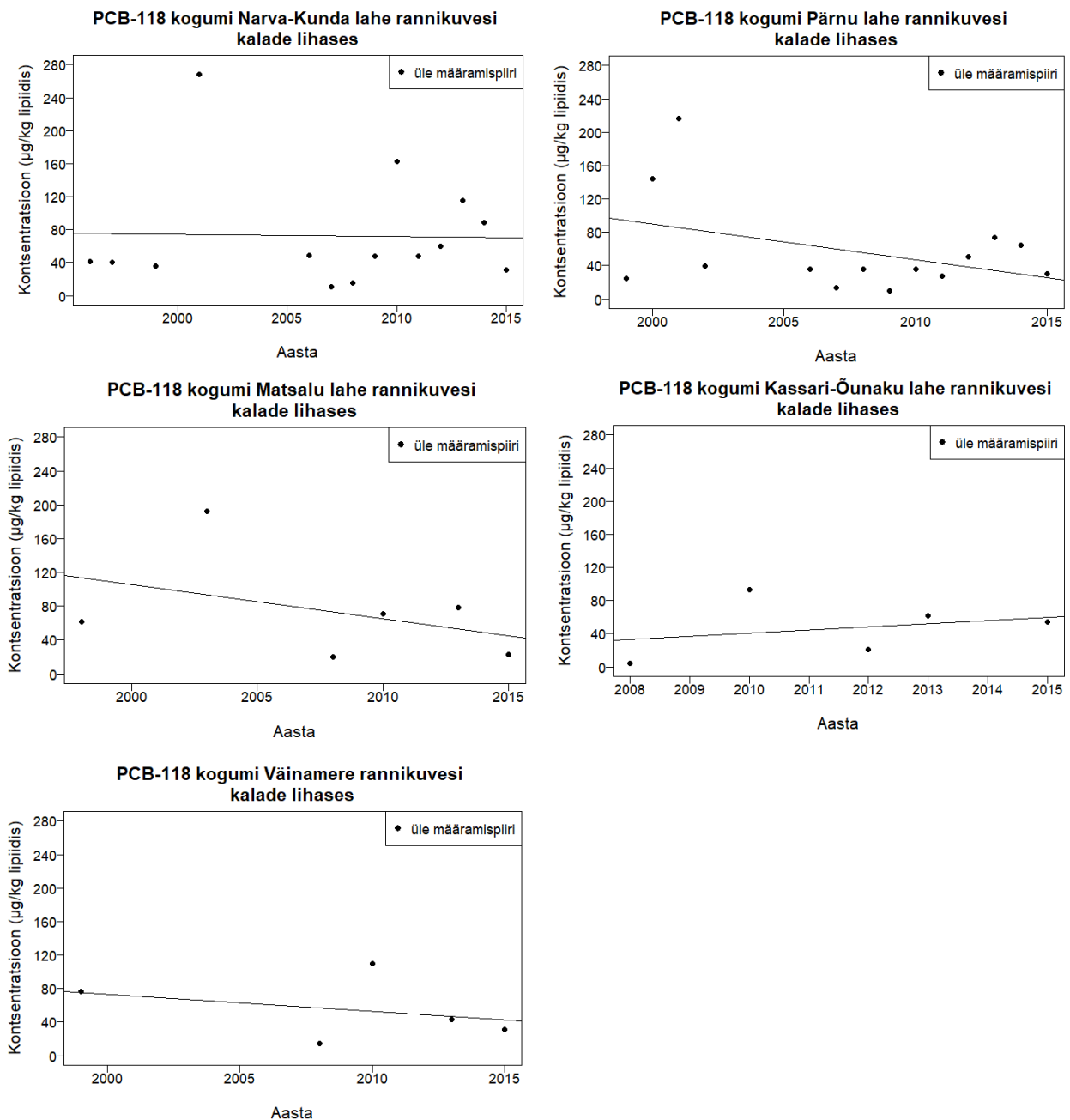
DS-PCB põhjasetete analüüsid olid teostatud 69 pinnaveekogumis, igas kogumis kuni seitsmel aastal (Tabel 12). Pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks valiti kolm kogumit, kus andmeid oli vähemalt 5 seireaasta kohta: Emajõgi, Piusa Kiviojast suudmeni ja Peipsi järv (Tabel 12; Lisa 4). Kogumites Emajõgi ja Piusa Kiviojast suudmeni oli viie või enama aasta seireandmeid ühendite PCB-77, PCB-81, PCB-105, PCB-114, PCB-118, PCB-123, PCB-156, PCB-157, PCB-167, PCB-169 ja PCB-189 kohta ning arvutati nende ühendite summa. Kogumis Peipsi järv oli viie aasta seireandmeid ainult aine PCB-118 kohta. Kogumites Piusa Kiviojast suudmeni ja Peipsi järv jäid kõigi DC-PCBde kõigi aastate mõõtmised alla määramispiiri (0,4–10 µg/kg kuivkaalus), kogumis Emajõgi oli üks mõõtmine 2012. a. üle määramispiiri (1,1 µg/kg kuivkaalus) ja ülejäänud alla määramispiiri (0,4–3 µg/kg kuivkaalus).

DS-PCB kala lihas analüüsid olid teostatud 44 pinnaveekogumis, igas kogumis kuni 15 aastal (Tabel 12). Pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks valiti seitse kogumit, kus andmeid oli vähemalt 5 seireaasta kohta: Narva-Kunda lahe rannikuvesi, Pärnu lahe rannikuvesi, Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi, Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi, Matsalu lahe rannikuvesi, Väinamere rannikuvesi ja Hiiu madala rannikuvesi (Tabel 12; Lisa 4). Ainsa DS-PCBna oli neis kogumites 5 või enama aasta andmeid PCB-118 kohta. Kuna enamik andmeid kuni aastani 2017. on ühikuga µg/kg lipiidis, jäeti analüüsist välja kõik 2017.–2019. a ja osa 2011. a andmed ühikuga µg/kg, mille teisendamine teiste andmetega võrreldava ühikuni polnud võimalik. Pärast andmete eemaldamist oli kogumite Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi ja Hiiu madala rannikuvesi viimased andmed pärit 2011. ja 2009. aastast. Kogumis kaasati siiski analüüsi, kuid graafikuid nende kohta ei koostatud.

**Tabel 12.** Dioksiinide ja dioksiinisarnaste ühendite seireandmete statistilise analüüsi tulemused. Kala lihas analüüsitud ainult PCB-118 ning settes PCB-77, PCB-81, PCB-105, PCB-114, PCB-118, PCB-123, PCB-156, PCB-157, PCB-167, PCB-169 ja PCB-189 summat.

| Veekogum                                | Maatriks   | Seire-aastate arv | p                                                                    | τ     | Võimsus | Suundumus |
|-----------------------------------------|------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|-------|---------|-----------|
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | kala lihas | 14                | 0,44                                                                 | 0,17  | 0,09    | ei leitud |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi (al. 2010) | kala lihas | 6                 | 0,45                                                                 | -0,33 | 0,10    | ei leitud |
| Pärnu lahe rannikuvesi                  | kala lihas | 14                | 0,91                                                                 | -0,03 | 0,05    | ei leitud |
| Pärnu lahe rannikuvesi (al. 2010)       | kala lihas | 6                 | 0,71                                                                 | 0,20  | 0,07    | ei leitud |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | kala lihas | 6*                | 1,00                                                                 | 0,07  | 0,05    | ei leitud |
| Matsalu lahe rannikuvesi                | kala lihas | 6                 | 1,00                                                                 | -0,07 | 0,05    | ei leitud |
| Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi         | kala lihas | 5                 | 0,81                                                                 | 0,20  | 0,07    | ei leitud |
| Väinamere rannikuvesi                   | kala lihas | 5                 | 0,81                                                                 | -0,20 | 0,07    | ei leitud |
| Hiiu madala rannikuvesi                 | kala lihas | 5*                | 0,81                                                                 | -0,20 | 0,07    | ei leitud |
| Emajõgi                                 | sete       | 5–6               | Kõik tulemused peale ühe alla määramispiiri (0,4–3 µg/kg kuivkaalus) |       |         |           |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | sete       | 6                 | Kõik tulemused alla määramispiiri                                    |       |         |           |
| Peipsi järv                             | sete       | 4–5               | (0,4–10 µg/kg kuivkaalus)                                            |       |         |           |

\* Viimased analüüsitud andmed pärinevad 2011. a või varem.



Dioksiinide ja dioksiinisarnaste ühendite pikaajalise dünaamika analüüs näitas, et PCB-118 sisalduse statistiliselt usaldusväärset suundumust ei leitud üheski kogumis. Suundumuste puudumise põhjus võib olla nii andmete vähesus kui ka saasteaine stabiilne või väga kõikuv sisaldus seiremaatriksis eri seireaastatel. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal ei ole dioksiinide ja dioksiinisarnaste ühendite keskkonda sattumise vähenemist ette näha.

Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus dioksiine ja dioksiinisarnaseid ühendeid on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 13. Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal tekib koguseliselt 64% dioksiine ja dioksiinisarnaseid ühendeid Ida-Eesti vesikonnast.

**Tabel 13.** Veekogumid, kus dioksiinide ja dioksiinisarnaste ühendite seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses ning kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi Kroodi oja suudmepiirkonna andmeid.

| Kogumi nimi                             | Aine                                                                                            | Sete | Kala lihas |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|
| Emajõgi                                 | PCB-77, PCB-81, PCB-105, PCB-114, PCB-118, PCB-123, PCB-156, PCB-157, PCB-167, PCB-169 PCB-189  | 5–6  |            |
| Eru-Käsmu lahe rannikuvesi              | PCB-118                                                                                         |      | 3*         |
| Haapsalu lahe rannikuvesi               | PCB-118                                                                                         |      | 4          |
| Hara lahe rannikuvesi                   | PCB-118                                                                                         |      | 3*         |
| Hiiu madala rannikuvesi                 | PCB-118                                                                                         |      | 5*         |
| Kasari Vigala jõest suudmeni            | PCB-77, PCB-81, PCB-105, PCB-114, PCB-118, PCB-123, PCB-156, PCB-157, PCB-167, PCB-169          | 3    |            |
| Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi         | PCB-118                                                                                         |      | 5          |
| Kihelkonna lahe rannikuvesi             | PCB-118                                                                                         |      | 3*         |
| Kolga lahe rannikuvesi                  | PCB-118                                                                                         |      | 3*         |
| Kullavere Imukvere ojust suudmeni       | PCB-77, PCB-81, PCB-105, PCB-114, PCB-118, PCB-123, PCB-156, PCB-157, PCB-167, PCB-169, PCB-189 | 3    |            |
| Liivi lahe rannikuvesi                  | PCB-118                                                                                         |      | 3*         |
| Matsalu lahe rannikuvesi                | PCB-118                                                                                         |      | 6          |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | PCB-118                                                                                         |      | 6          |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | PCB-118                                                                                         |      | 14         |
| Peipsi järv                             | PCB-118                                                                                         | 5    |            |
| Peipsi järv                             | PCB-77, PCB-81, PCB-105, PCB-114, PCB-118, PCB-123, PCB-156, PCB-157, PCB-167, PCB-169, PCB-189 | 4–5  |            |
| Pihkva järv                             | PCB-77, PCB-81, PCB-105, PCB-114, PCB-118, PCB-123, PCB-156, PCB-157, PCB-167, PCB-169, PCB-189 | 3    |            |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | PCB-77, PCB-81, PCB-105, PCB-114, PCB-118, PCB-123, PCB-156, PCB-157, PCB-167, PCB-169 PCB-189  | 6    |            |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni        | PCB-77, PCB-81, PCB-105, PCB-114, PCB-118, PCB-123, PCB-156, PCB-157, PCB-167, PCB-169, PCB-189 | 3    |            |
| Pärnu Kärü jõest Sindi paisuni          | PCB-77, PCB-81, PCB-105, PCB-114, PCB-118, PCB-123, PCB-156, PCB-157, PCB-167, PCB-169          | 3    |            |
| Pärnu lahe rannikuvesi                  | PCB-118                                                                                         |      | 14         |
| Soela väina rannikuvesi                 | PCB-118                                                                                         |      | 4*         |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni         | PCB-77, PCB-81, PCB-105, PCB-114, PCB-118, PCB-123, PCB-156, PCB-157, PCB-167, PCB-169, PCB-189 | 3    |            |
| Väikse väina rannikuvesi                | PCB-118                                                                                         |      | 3*         |
| Väinamere rannikuvesi                   | PCB-118                                                                                         |      | 5          |

\* Kogumid, mida on alates 2010. aastast vähem kui kolmel aastal seiratud.

Tulevikus oleks võimalik parema kvaliteediga pikaajalise dünaamika analüüsi teha, kui uutele seiretulemustele kala lihases lisataks ka vanemate andmetega võrreldavad ühikud (µg/kg lipiidis).

## Polüaromaatsed süsivesinikud (PAH)

### 3.2.2. Antratseen

**Tabel 14.** Antratseeni reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 120-12-7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Staatuse                                | prioriteetne ohtlik aine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Allikad <sup>9</sup>                    | Värvide, puidukaitsevahendite, pürotehnika ja tõrjemürkide tootmine, orgaanilise aine (puit, fossiilkütused) mittetäielik põlemine, vähesel määral looduslikest allikatest (vulkaanid, äike, metsatulekahjud)                                                                                                                                                                                               |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | Eestis ei toodeta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                         | <u>Peamised allikad:</u><br>Põlevkivitööstuse jäätmed (üle 1103 kg/a)<br>Elektri- ja kaugküttejaamad (sh tavajäätmete põletus)<br>Eramajade puuküte (üle 170 kg/a)<br>Maanteetransport (kütuse põletamine u 63 kg/a, rehvide kulumine kuni üle 78 kg/a)<br>Kreosoodiga töödeldud puit (töötlemine lubatud ainult kutselistele kasutajatele)<br>Tulekahjud (üle 9 kg/a)<br>Jäätmepõletustehased (üle 2 kg/a) |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | Antratseen võib atmosfääris esineda nii auruna kui ka osakestena. Aurufaasis antratseen laguneb atmosfääris 25°C juures u 9,6 tundi. Osakeste faasis antratseen eemaldub atmosfäärist nii märg- kui kuivdepositsiooni kaudu.                                                                                                                                                                                |

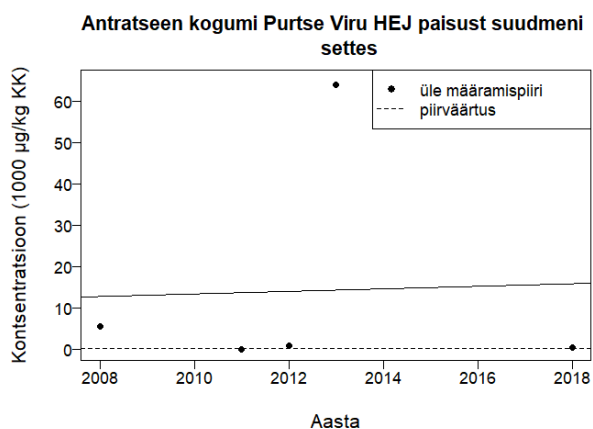
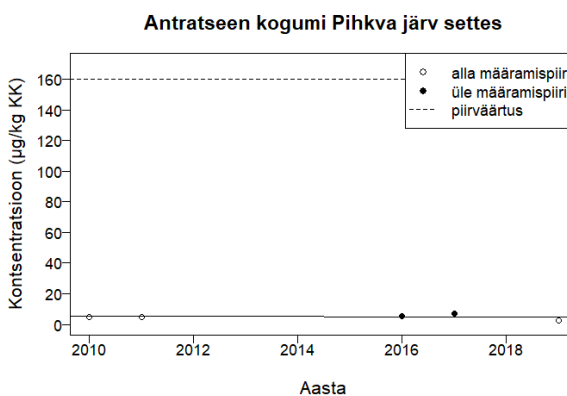
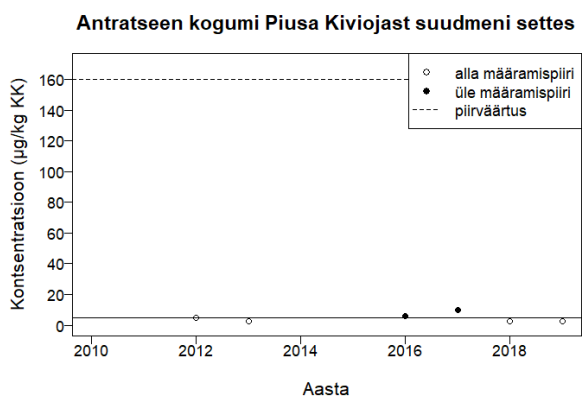
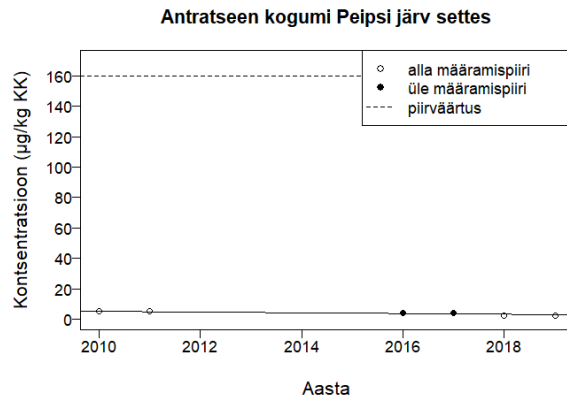
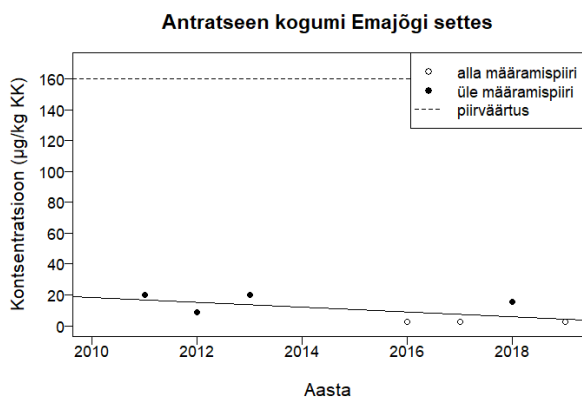
Antratseeni on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 758 proovis (aastatel 2008–2019), molluskitest 90 proovis (aastatel 2016–2019), kala lihasest 140 proovis (aastatel 2010–2019) ning kala maksast 31 proovis (aastal 2011) (Lisa 5). Kala kudetest ega molluskitest polnud üheski seirekogumis seireandmeid kogutud rohkem kui kahe aasta kohta, mistõttu pikaajalise dünaamika analüüsi teostada ei saanud (Lisa 5).

Põhjasetete mõõtmised olid teostatud 75 pinnaveekogumis, igas kogumis ühel kuni seitsmel aastal (Tabel 15). Pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks valiti 5 kogumit, kus andmeid oli vähemalt 5 seireaasta kohta: Emajõgi, Peipsi järv, Piusa Kiviojast suudmeni, Pihkva järv ja Purtse Viru HEJ paisust suudmeni (Tabel 15; Lisa 5).

**Tabel 15.** Antratseeni seireandmete statistilise analüüsi tulemused.

| Veekogum                         | Maatriks | Seireaastate arv | p     | τ     | Võimsus | Suundumus       |
|----------------------------------|----------|------------------|-------|-------|---------|-----------------|
| Emajõgi                          | sete     | 7                | 0,20  | -0,48 | 0,20    | ei leitud       |
| Peipsi järv                      | sete     | 6                | 0,051 | -0,79 | 0,51    | <b>väheneb*</b> |
| Piusa Kiviojast suudmeni         | sete     | 6                | 0,84  | -0,15 | 0,06    | ei leitud       |
| Pihkva järv                      | sete     | 5                | 1,00  | 0,11  | 0,06    | ei leitud       |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni | sete     | 5                | 1,00  | 0     | 0,05    | ei leitud       |

\* Langustrendi põhjus on määramispiiri alanemine.



Antratseeni pikaajalise dünaamika analüüs näitas, et statistiliselt usaldusväärne suundumus leiti kogumi Peipsi järv settes, kuid kuna kõik tulemused jäid kas alla määramispiiri või määramispiiri lähedale, oli langustrendi põhjus määramispiiri alanemine: 2010.–2011. a oli määramispiir 10 µg/kg kuivkaalus ja 2016.–2019. a 5 µg/kg kuivkaalus. Ülejäänud kogumites statistiliselt usaldusväärselt suundumust ei leitud. Suundumuste puudumise põhjus võib olla nii andmete vähesus kui ka saasteaine stabiilne või väga kõikum sisaldus seiremaatriksis eri seireaastatel. Ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal on antratseeni palju heite tekkekohti ja nende vähenemist ette näha ei ole.

Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus antratseeni on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 16. Praeguste seireandmete põhjal sai analüüsi teostada ainult Ida-Eesti vesikonna ja valdavalt Peipsi alamvesikonna kogumite kohta, mistõttu võiks esmajärjekorras seiresse lisada siiski teiste (alam)vesikondade kogumeid. Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Ohtlike ainete allikate

inventuuri<sup>9</sup> põhjal jõuab tuleks antratseeni seiret teha veekogumitel, mis jäävad suurte tööstusettevõtete ning tiheasustusalade mõjupiirkonda.

**Tabel 16.** Veekogumid, kus antratseeni seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses ning kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi Kroodi oja suudmepiirkonna andmed.

| Kogumi nimi                             | Sete |
|-----------------------------------------|------|
| Emajõgi                                 | 7    |
| Erra                                    | 3*   |
| Halliste Lüütre ojani                   | 3    |
| Kasari Vigala jõest suudmeni            | 4    |
| Keila Keila joast suudmeni              | 3    |
| Kohtla                                  | 3*   |
| Kullavere Imukvere ojust suudmeni       | 3    |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | 3    |
| Narva Narva veehoidlast suudmeni        | 4    |
| Peipsi järv                             | 6    |
| Pihkva järv                             | 5    |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | 6    |
| Purtse Püssi paisust Viru HEJ paisuni   | 3    |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni        | 5*   |
| Pärnu Kärü jõest Sindi paisuni          | 4    |
| Pärnu Sindi paisust suudmeni            | 3    |
| Valgejõgi Moest Pikkojani               | 3    |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni         | 3    |
| Vääna Pääsküla jõest suudmeni           | 3    |

\* Kogumid, mida on alates 2010. aastast vähem kui kolmel aastal seiratud.

### 3.2.3. Fluoranteen

**Tabel 17.** Fluoranteeni reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

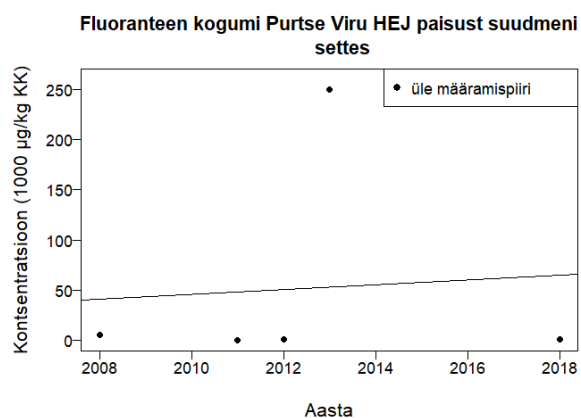
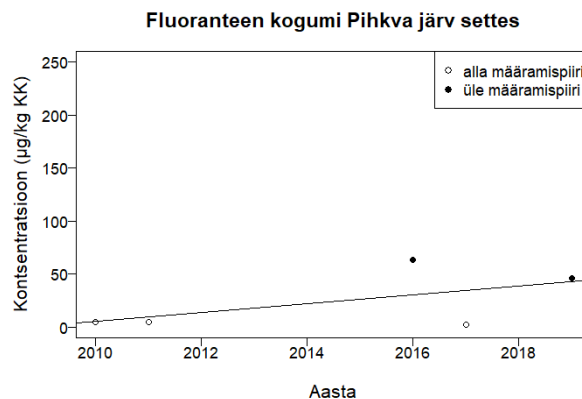
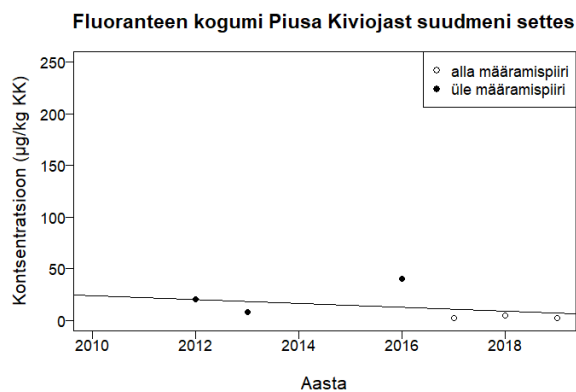
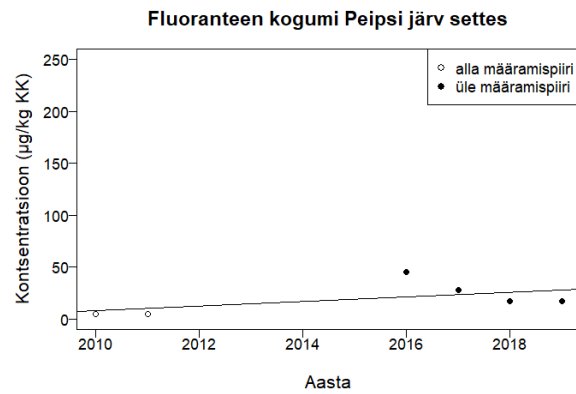
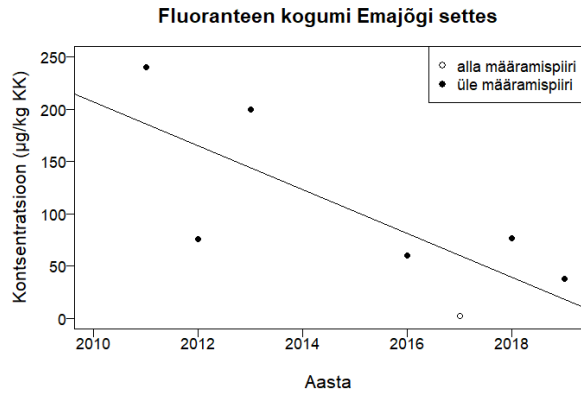
|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 206-44-0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Staatus                                 | prioriteetne aine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Allikad <sup>9</sup>                    | Tööstuslikult ei toodeta ja tootmises ei kasutata.<br>Tekib orgaanilise aine (puit, fossiilkütused) mittetäielikul põlemisel.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | <u>Peamised allikad:</u><br>Põlevkivitööstuse jäätmed (üle 778 kg/a arvestades)<br>Maanteetransport (kütuse põletamine u 84 kg/a, rehvide kulumine kuni üle 412 kg/a)<br>Elektri- ja kaugküttejaamad<br>Eramajade puuküte (u 242 kg/a)<br>Puidu töötlemine kreosoodiga (lubatud ainult kutselistele kasutajatele; jäätmevoos 84 kg/a)<br>Jäätmepõletustehased (u 37 kg/a)<br>Tulekahjud (üle 24 kg/a)<br>Olmejäätmete lahtine põletamine (u 12 kg/a) |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | Fluoranteen võib esineda atmosfääris nii auru- kui osakeste faasis. Aurufaasis olev fluoranteen lagunab atmosfääris kuni 20 tunniga. Osakestefaasis oleva fluoranteeni puhul võib toimuda kaugkanne. Vees kinnitub fluoranteen tahkete osakeste ning setete pinnale.                                                                                                                                                                                 |

Fluoranteeni on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 337 proovis (aastatel 2008–2019), molluskitest 30 proovis (aastatel 2016–2019), kala lihasest 58 proovis (2010–2019) ja kala maksast 10 proovis (aastal 2011) (Lisa 6). Kala kudedest ega molluskitest polnud üheski seirekogumis seireandmeid kogutud rohkem kui kahe aasta kohta, mistõttu pikaajalise dünaamika analüüsi teostada ei saanud (Lisa 6).

Põhjasetete analüüsid olid teostatud 75 pinnaveekogumis, igas kogumis ühel kuni seitsmel aastal (Tabel 18). Pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks valiti 5 kogumit, kus andmeid oli vähemalt 5 seireaasta kohta: Emajõgi, Peipsi järv, Piusa Kiviojast suudmeni, Pihkva järv ja Purtse Viru HEJ paisust suudmeni (Tabel 18; Lisa 6).

**Tabel 18.** Fluoranteeni seireandmete statistilise analüüsi tulemused.

| Veekogum                         | Maatriks | Seireaastate arv | p    | τ     | Võimsus | Suundumus |
|----------------------------------|----------|------------------|------|-------|---------|-----------|
| Emajõgi                          | sete     | 7                | 0,13 | -0,52 | 0,24    | ei leitud |
| Peipsi järv                      | sete     | 6                | 0,85 | 0,14  | 0,06    | ei leitud |
| Piusa Kiviojast suudmeni         | sete     | 6                | 0,18 | -0,55 | 0,22    | ei leitud |
| Pihkva järv                      | sete     | 5                | 1,00 | 0,11  | 0,06    | ei leitud |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni | sete     | 5                | 1,00 | 0     | 0,05    | ei leitud |



Fluoranteeni pikaajalise dünaamika analüüs näitas, et usaldusväärset suundumust ei leitud üheski kogumis. Suundumuste puudumise põhjus võib olla nii andmete vähesus kui ka saasteaine stabiilne või väga kõikuv sisaldus seiremaatriksis eri seireaastatel. Ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal on fluoranteeni tekkekohti palju ja heidete vähenemist ei ole ette näha, kuna fluoranteen tekib termiliste protsesside käigus. Jätkuvad vood ka jäätmeringluses.

Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus fluoranteeni on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 19. Praeguste seireandmete põhjal sai analüüsi teostada ainult Ida-Eesti vesikonna ja valdavalt Peipsi alamvesikonna kogumite kohta, mistõttu võiks esmajärjekorras seiresse lisada siiski teiste (alam)vesikondade kogumeid. Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal tuleks fluoranteeni seiret teha veekogumitel, mis jäävad suurte tööstusettevõtete ning tiheasustusalade mõjupiirkonda (kodumajapidamiste kütmine).

**Tabel 19.** Veekogumid, kus fluoranteeni seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses ning kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi Kroodi oja suudmepiirkonna andmed.

| Kogumi nimi                             | Sete |
|-----------------------------------------|------|
| Emajõgi                                 | 7    |
| Erra                                    | 3*   |
| Halliste Lüütre oja                     | 3    |
| Kasari Vigala jõest suudmeni            | 4    |
| Keila Keila joast suudmeni              | 3    |
| Kohtla                                  | 3*   |
| Kullavere Imukvere oja suudmeni         | 3    |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | 3    |
| Narva Narva veehoidlast suudmeni        | 4    |
| Peipsi järv                             | 6    |
| Pihkva järv                             | 5    |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | 6    |
| Purtse Püssi paisust Viru HEJ paisuni   | 3*   |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni        | 5    |
| Pärnu Kärü jõest Sindi paisuni          | 4    |
| Pärnu Sindi paisust suudmeni            | 3    |
| Valgejõgi Moest Pikkojani               | 3    |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni         | 3    |
| Vääna Pääsküla jõest suudmeni           | 3    |

\* Kogumid, mida on alates 2010. aastast vähem kui kolmel aastal seiratud.

### 3.2.4. Muud polüaromaatsed süsivesinikud (PAH)

**Tabel 20.** Muude PAHide reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 50-32-8 (benso(a)püreen), 205-99-2 (benso(b)fluoranteen), 191-24-2 (benso(g,h,i)perüleen), 207-08-9 (benso(k)fluoranteen), 193-39-5 (indeno(1,2,3-cd)püreen)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Staatus                                 | prioriteetsed ohtlikud ained                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Allikad <sup>9</sup>                    | Peamine allikas on orgaanilise aine (puit, fossiilkütused, prügi) mittetäielik põlemine. Mõned tooted võivad PAHe mittesihipäraselt sisaldada (rehvid, tööstuslikud õlid, tubakas). Benso(g,h,i)perüleeni kasutatakse värvainetes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | <p><u>Peamised allikad:</u></p> <p>Kodumajapidamiste ahjud ja katlad (u 3012* kg/a)</p> <p>Elektri- ja kaugküttegaamad (sh põlevkivist) (2584* kg/a)</p> <p>Põlevkivitööstuse jäätmed (üle 2619 kg/a)</p> <p>Töötlev tööstus (metalli-, keemia-, toiduainete-) (u 1170* kg/a)</p> <p>Maanteetransport (kütuse põletamine u 70,7 kg/a, rehvide kulumine kuni üle 1001 kg/a)</p> <p>Tulekahjud (üle 120 kg/a)</p> <p>Kreosoodiga töödeldud puit (töötlemine lubatud ainult kutselistele kasutajatele; jäätmevoos 64** kg/a)</p> <p>Tubaka põletamine (kuni 45* kg/a)</p> <p>Põllumajandusmasinad ja -katlamajad (34* kg/a)</p> |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | Atmosfääris lagunevad vabad ühendid 15 minuti kuni 7,5 päevaga, kuid valdav osa absorbeerub peenosakestele ning laguneb kauem või sadestub vette ja maismaale. Ka vees kinnituvad tahketele osakestele ja setetele. Lagunevad pinnavees 125–250 päevaga, settes 196–293 päevaga, anaeroobsetes tingimustes 6,5–8 aastaga.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

\* ei sisalda benso(g,h,i)perüleeni koguseid

\*\* ei sisalda benso(k)fluoranteeni koguseid

Polüaromaatseid süsivesinikke (PAH) on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 1770 proovis (aastatel 2008–2019), molluskitest 150 proovis (aastatel 2016–2019), kala lihasest 290 proovis (2010–2019) ja kala maksast 50 proovis (aastal 2011) (Lisa 7). Kala kudedest ega molluskitest polnud üheski seirekogumis seireandmeid kogutud rohkem kui kahe aasta kohta, mistõttu pikaajalise dünaamika analüüsi teostada ei saanud (Lisa 7).

Põhjasetete analüüsid olid teostatud 75 pinnaveekogumis, igas kogumis ühel kuni seitsmel aastal (Tabel 21). Pikaajalise dünaamika analüüsi jaoks valiti 5 kogumit, kus andmeid oli vähemalt 5 seireaasta kohta: Emajõgi, Peipsi järv, Piusa Kiviojast suudmeni, Pihkva järv ja Purtse Viru HEJ paisust suudmeni (Tabel 21, Lisa 7). Pikaajalise dünaamika analüüs teostati PAHide summale ja eraldi ka benso(a)püreenile, mis on määrus 28<sup>3</sup> alusel PAHide indikaatorühend.

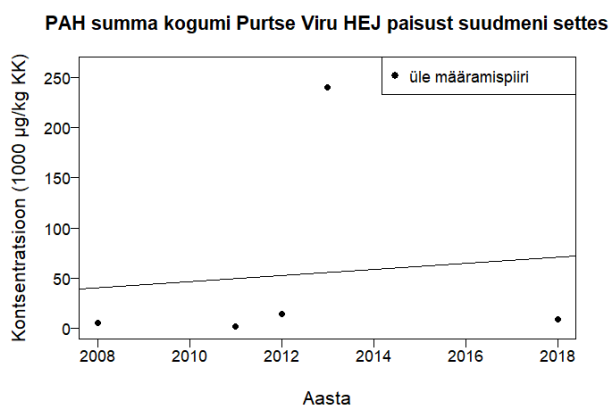
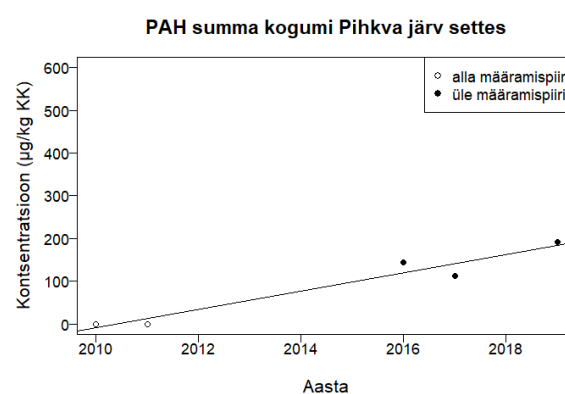
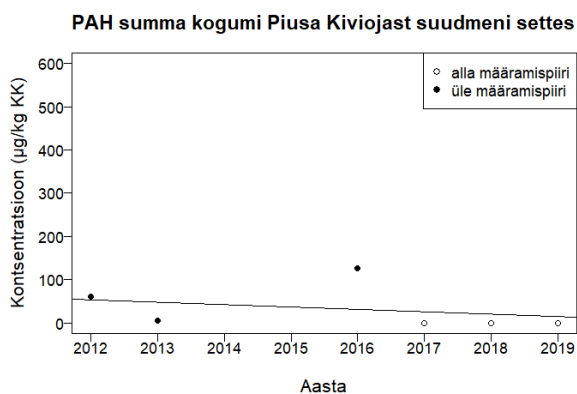
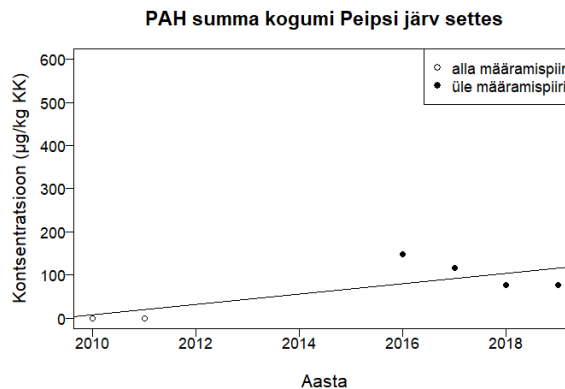
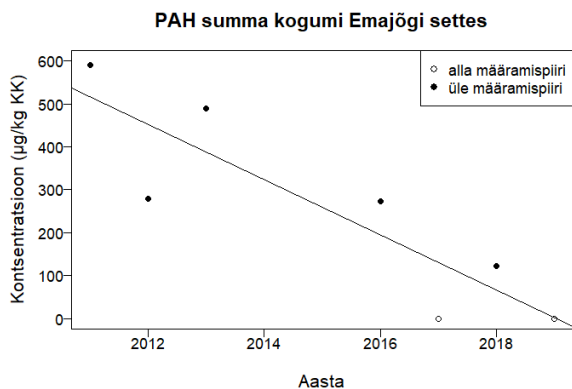
**Tabel 21.** PAH (benso(a)püreen, benso(b)fluoranteen, benso(g,h,i)perüleen, benso(k)fluoranteen, indeno(1,2,3-cd)püreen) summa seireandmete statistilise analüüsi tulemused.

| Veekogum                         | Maatriks | Seireaastate arv | p    | τ     | Võimsus | Suundumus      |
|----------------------------------|----------|------------------|------|-------|---------|----------------|
| Emajõgi                          | sete     | 7                | 0,02 | -0,78 | 0,60    | <b>väheneb</b> |
| Peipsi järv                      | sete     | 6                | 0,85 | 0,14  | 0,06    | ei leitud      |
| Piusa Kiviojast suudmeni         | sete     | 6                | 0,16 | -0,60 | 0,25    | ei leitud      |
| Pihkva järv                      | sete     | 5                | 0,13 | 0,74  | 0,32    | ei leitud*     |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni | sete     | 5                | 0,46 | 0,40  | 0,11    | ei leitud      |

\* Benso(b)fluoranteeni, benso(g,h,i)perüleeni ja benso(k)fluoranteeni sisaldus suurenes.

**Tabel 22.** Benso(a)püreeeni seireandmete statistilise analüüsi tulemused.

| Veekogum                         | Maatriks | Seireaastate arv | p    | $\tau$ | Võimsus | Suundumus      |
|----------------------------------|----------|------------------|------|--------|---------|----------------|
| Emajõgi                          | sete     | 7                | 0,05 | -0,68  | 0,43    | <b>väheneb</b> |
| Peipsi järv                      | sete     | 6                | 1,00 | 0      | 0,05    | ei leitud      |
| Piusa Kiviojast suudmeni         | sete     | 6                | 0,37 | -0,43  | 0,14    | ei leitud      |
| Pihkva järv                      | sete     | 5                | 1,00 | 0,11   | 0,06    | ei leitud      |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni | sete     | 5                | 0,46 | 0,40   | 0,11    | ei leitud      |



PAH pikaajalise dünaamika analüüs näitas, et statistiliselt usaldusväärne suundumus leiti ühes kogumis: sisaldused vähenesid kogumi Emajõgi settes aastatel 2011.–2019. Ülejäänud kogumites PAHide summa ega benso(a)püreeeni puhul statistiliselt usaldusväärseid suundumusi ei leitud, kuid kogumi Pihkva järv setetes leiti statistiliselt oluline benso(b)fluoranteeni, benso(g,h,i)perüleeni ja

benso(k)fluoranteeni sisalduse suurenemine aastatel 2010.–2019. Ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal ei ole muude PAHide heidete vähenemist ega lakkamist ette näha.

Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus PAH on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 23. Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal tekib 61% PAHide heitkogusest Ida-Eesti vesikonnast. Samas sai praeguste seireandmete põhjal analüüsi teostada ainult Ida-Eesti vesikonna ja valdavalt Peipsi alamvesikonna kogumite kohta, mistõttu võiks esmajärjekorras seiresse lisada siiski teiste (alam)vesikondade kogumeid. PAHide seiret tuleks teha veekogumitel, mis jäävad reoveekogumisalade ja suurte termiliste tööstustega seotud tööstusettevõtete mõjupiirkonda ning tiheasustusalade mõjupiirkonda (kohtküte).

**Tabel 23.** Veekogumid, kus muude PAHide seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses ning kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi Kroodi oja suudmepiirkonna andmed.

| Kogumi nimi                             | Sete |
|-----------------------------------------|------|
| Emajõgi                                 | 7    |
| Erra                                    | 3*   |
| Halliste Lüütre oja                     | 3    |
| Kasari Vigala jõest suudmeni            | 4    |
| Keila Keila joast suudmeni              | 3    |
| Kohtla                                  | 3*   |
| Kullavere Imukvere oja suudmeni         | 3    |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | 3    |
| Narva Narva veehoidlast suudmeni        | 4    |
| Peipsi järv                             | 6    |
| Pihkva järv                             | 5    |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | 6    |
| Purtse Püssi paisust Viru HEJ paisuni   | 3*   |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni        | 5    |
| Pärnu Kärü jõest Sindi paisuni          | 4    |
| Pärnu Sindi paisust suudmeni            | 3    |
| Valgejõgi Moest Pikkojani               | 3    |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni         | 3    |
| Vääna Pääsküla jõest suudmeni           | 3    |

\* Kogumid, mida on alates 2010. aastast vähem kui kolmel aastal seiratud.

## Kloororgaanilised ained

### 3.2.5. Heksaklorobenseen (HCB)

**Tabel 24.** Heksaklorobenseeni reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 118-74-1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Staatus                                 | prioriteetne ohtlik aine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Allikad <sup>9</sup>                    | Ajalooliselt seenetõrjevahendite toimeaine (kasutus lubatud aastatel 1945–1981 Euroopas ja 1945–2004 maailmas), siiani kasutatakse tööstusliku kemikaalina väljaspool Euroopat.<br>Tekib ka termilistel protsessidel kõrvalproduktina, Euroopas peamiselt orgaaniliste kemikaalide tootmise käigus. Olulised allikad on ka jäätmete põletamine ja puidu, õli, turba, põlevkivi, kivisöe ning põlevkiviõli kasutamine kütusena nii elamute küttekolletes kui ka muudes põletusseadmetes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | Eestis kasutai seenetõrjevahendina aastatel 1970 kuni 1982, kokku 4 tonni. Eestis heksaklorobenseeni ei toodeta, kuid võib tekkida tööstuslikes protsessides kõrvalproduktina. Toimeaine sissevedu Eestisse keelustati 1999. aastal. Kaks Eestis turul olevat taimekaitsevahendite toimeainet pikloraam ja klorotaloniil sisaldavad heksaklorobenseeni vähesel hulgal tingituna põhitoimeaine ebapuhtusest.<br><br><u>Peamised allikad:</u><br>Kodumajapidamiste katlad ja ahjud (0,17 kg/a)<br>Põllumajandus (pikloraami kasutamisest) (0,08 kg/a)<br>Elektri- ja kaugküttejaamad (u 0,07 kg/a).<br>Reoveesetega pinnasesse (0,05 kg/a)<br>metalli-, kemikaali-, tselluloosi- kui ka toiduainete tööstustest (0,03 kg/a)<br>Olmejäätmete lahtine põletamine (0,006 kg/a)<br>Ärisektori katlad (0,004 kg/a) |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | Heksaklorobenseen on keskkonnas väga püsiv ning võib oma väga lenduvate omaduste tõttu kanduda suurte vahemaade taha. Õhus laguneb u 80 päevaga. Vesikeskkonnas samuti küllaltki püsiv: toimeaine poolestusaeg pinnavees u 2,7–5,7 aastat ning põhjavees 5,3–11,4 aastat. Kuna toimeaine on võimeline tugevasti osakestele seostuma, võib see ka settes pikka aega püsida.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

Heksaklorobenseeni (HCB) on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 272 proovis (aastatel 2002–2019), kala lihasest 543 proovis (aastatel 2000–2019) ning kala maksast 11 proovis (aastal 2011) (Lisa 8). Molluskitest ainet seiratud pole ning kala maksast ei olnud heksaklorobenseeni üheski kogumis seiratud rohkem kui ühel aastal (Lisa 8).

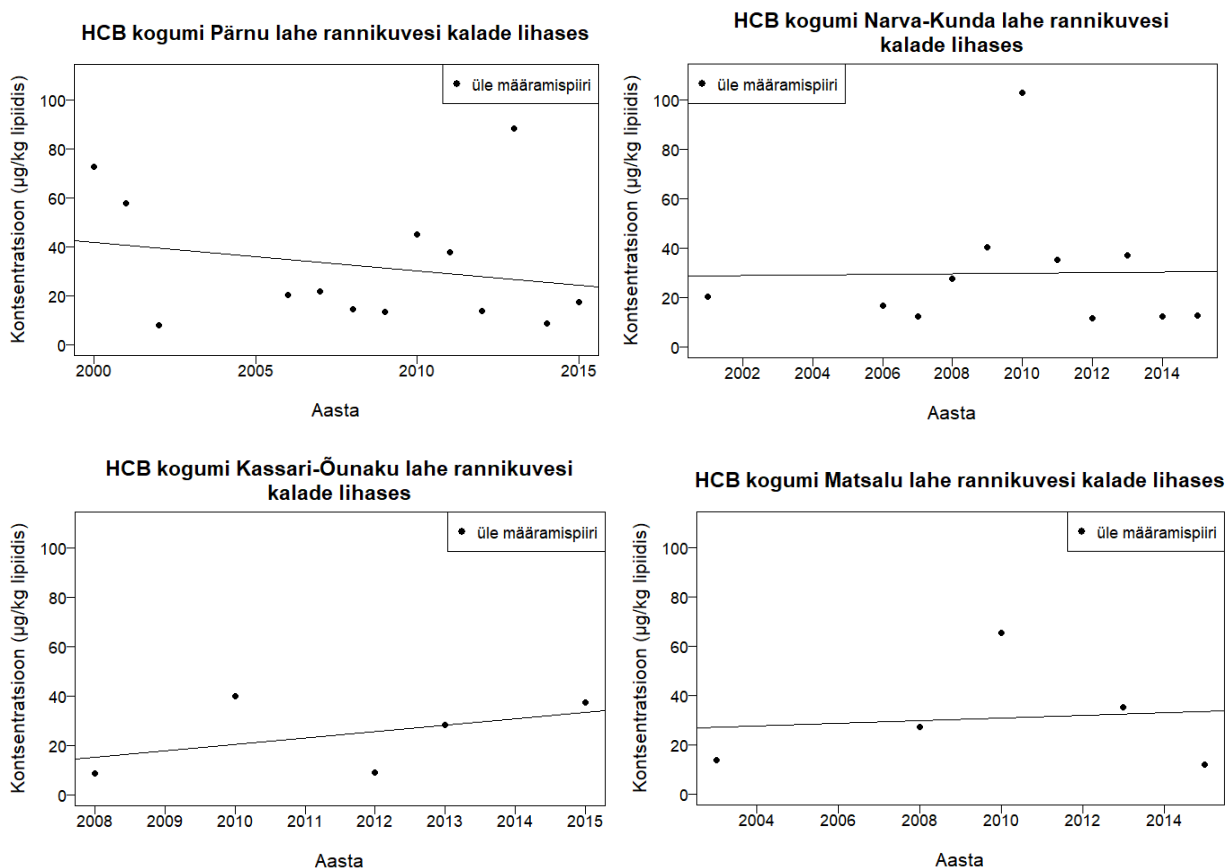
Settest oli heksaklorobenseeni seiratud 74 kogumis, igas kogumis kuni 8 aastal (Tabel 25). Pikaajalise dünaamika analüüsiks valiti neli kogumit, kus seireandmeid oli vähemalt viie aasta kohta: Emajõgi, Piusa Kiviojast suudmeni, Peipsi järv ja Purtse Viru HEJ paisust suudmeni (Tabel 25; Lisa 8). Kõigis kogumites olid kõik mõõtmised alla määramispiiri (1–10 µg/kg kuivkaalus).

Kala lihasest oli heksaklorobenseeni seiratud 44 kogumis, igas kogumis kuni 13 aastal (Tabel 25). Pikaajalise dünaamika analüüsiks valiti viis kogumit, kus seireandmeid oli vähemalt viie aasta kohta. Analüüsist jäeti välja osa 2011. ja kõik 2017.–2018. a andmeid, sest nende ühikut (µg/kg) ei olnud võimalik teisendada võrreldavaks ülejäänud andmetega (µg/kg lipiidis). Pärast sobimatute ühikutega andmete ja sobimatute seirekohtade (Kroodi oja suue) väljajätmist jäi analüüsiks piisavalt andmeid

alles neljas kogumis: Pärnu lahe rannikuvesi, Narva-Kunda lahe rannikuvesi, Matsalu lahe rannikuvesi ja Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi (Tabel 25; Lisa 8). Kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi analüüsimiseks ei olnud enam piisavalt andmeid.

**Tabel 25.** Heksaklorobenseeni seireandmete statistilise analüüsi tulemused.

| Veekogum                                | Maatriks   | Seireaastate arv | p                                                         | $\tau$ | Võimsus | Suundumus |
|-----------------------------------------|------------|------------------|-----------------------------------------------------------|--------|---------|-----------|
| Pärnu lahe rannikuvesi                  | kala lihas | 13               | 0,50                                                      | -0,15  | 0,08    | ei leitud |
| Pärnu lahe rannikuvesi (al. 2010)       | kala lihas | 6                | 0,45                                                      | -0,33  | 0,10    | ei leitud |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | kala lihas | 11               | 1,00                                                      | -0,02  | 0,05    | ei leitud |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi (al. 2010) | kala lihas | 6                | 0,45                                                      | -0,33  | 0,10    | ei leitud |
| Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi         | kala lihas | 5                | 0,46                                                      | 0,40   | 0,11    | ei leitud |
| Matsalu lahe rannikuvesi                | kala lihas | 5                | 1,00                                                      | 0      | 0,05    | ei leitud |
| Emajõgi                                 | sete       | 8                | Kõik tulemused alla määramispiiri (1–10 µg/kg kuivkaalus) |        |         |           |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | sete       | 6                |                                                           |        |         |           |
| Peipsi järv                             | sete       | 5                |                                                           |        |         |           |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni        | sete       | 5                |                                                           |        |         |           |



Heksaklorobenseeni pikaajalise dünaamika analüüs näitas, et statistiliselt usaldusväärset suundumust ei leitud üheski kogumis. Suundumuste puudumise põhjus võib olla nii andmete vähesus kui ka saasteaine stabiilne või väga kõikuv sisaldus seiremaatriksis eri seireaastatel. Ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal jätkuvad HCB heited vaatamata sellele, et seda ei kasutata enam ainena, sest

tegemist on põletusprotsesside tahtmatu kõrvalsaadusega ning väikestes kogustes ka keemiatööstuse sünteesisprotsessides kõrvalsaadusega.

Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus HCB on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 26. Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Veekeskonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal tuleks heksaklorobenseeni seiret teha veekogumitel, mis jäävad suurte tööstusettevõtete ning tiheasustusalade mõjupiirkonda (kohtküte). Seirekogumite valikul tuleb arvestada laialdaste välisõhu kaudu levivate hajuheidetega. Olulisimad heited on seotud mittetäieliku põlemisega ja tekivad peamiselt reoveekogumisaladel, kus paikneb suurem osa kohtkütteseadmeid nii tööstuslikud kui ka olme. Suurimad heitkogused tulevad Ida-Eesti vesikonnast (55% kogu heitkogusest).

**Tabel 26.** Veekogumid, kus heksaklorobenseeni seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punkt-reostusallikate vahetus läheduses ning kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi Kroodi oja suudmepiirkonna andmed.

| Kogumi nimi                             | Sete | Kala lihas |
|-----------------------------------------|------|------------|
| Emajõgi                                 | 8    |            |
| Eru-Käsmu lahe rannikuvesi              |      | 3*         |
| Haapsalu lahe rannikuvesi               |      | 4          |
| Halliste Lüütre oja                     | 3    |            |
| Hara lahe rannikuvesi                   |      | 3*         |
| Hiiu madala rannikuvesi                 |      | 4*         |
| Kasari Vigala jõest suudmeni            | 4    |            |
| Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi         |      | 5          |
| Keila Keila joast suudmeni              | 3    |            |
| Kihelkonna lahe rannikuvesi             |      | 3*         |
| Kohtla                                  | 3*   |            |
| Kolga lahe rannikuvesi                  |      | 3*         |
| Kullavere Imukvere oja suudmeni         | 3    |            |
| Liivi lahe rannikuvesi                  |      | 3*         |
| Matsalu lahe rannikuvesi                |      | 5          |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | 3    | 3          |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            |      | 11         |
| Narva Narva veehoidlast suudmeni        | 4    |            |
| Peipsi järv                             | 5    |            |
| Pihkva järv                             | 4    |            |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | 6    |            |
| Purtse Püssi paisust Viru HEJ paisuni   | 3*   | 5          |
| Pärnu lahe rannikuvesi                  |      | 13         |
| Pärnu Kärvi jõest Sindi paisuni         | 4    |            |
| Soela väina rannikuvesi                 |      | 3*         |
| Valgejõgi Moest Pikkojani               | 3    |            |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni         | 3    |            |
| Väikse väina rannikuvesi                |      | 3*         |
| Väinamere rannikuvesi                   |      | 4          |
| Vääna Pääsküla jõest suudmeni           | 3    |            |

\* Kogumid, mida on alates 2010. aastast vähem kui kolmel aastal seiratud.

Tulevikus oleks võimalik pikemate andmeridadega dünaamika analüüsi teha, kui uutele seiretulemustele kala lihases lisataks ka vanemate andmetega võrreldavad ühikud ( $\mu\text{g/kg}$  lipiidis).

### 3.2.6. Heksaklorobutadieen (HCBd)

**Tabel 27.** Heksaklorobutadieeni reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 87-68-3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Staatus                                 | prioriteetne ohtlik aine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Allikad <sup>9</sup>                    | Kõik kasutused Euroopa Liidus keelati 2013. aastal.<br>Heksaklorobutadieen esineb kõrvalsaadusena butaani derivaatide klorolüüsil tootmaks süsiniktetrakloriidi ning tetrakloroeteeni. Kuna nimetatud aineid toodetakse suurel hulgal jääb piisavalt palju HCBd üle, et katta tööstuslik vajadus.<br>On kasutatud taime-, vetika-, putuka- ja seenetõrjevahendites, teiste klooriühendite lahustina, kummi ja teistele polümeeride tootmisel, soojusülekandevedelikes, hüdraulilistes vedelikes ja pesuvedelikes süsivesinike eemaldamiseks, alumiinium- ja grafiitvarraste tootmisel, infrapuna spektroskoopias, güroskoopides vedelikuna ja magneesiumi tootmisel. |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | Eestis heksaklorobutadieeni ei toodeta.<br><br><u>Peamised allikad:</u><br>Kütuse põletamine transpordis<br>Tulekahjud<br>Jäätmete põletamine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | Heksaklorobutadieen laguneb välisõhus 60 päevast kuni 3 aastani või kinnitub tahketele osakestele ja sadestub vette või pinnasele. Vesikeskkonnas sõltub toimeaine lagunemine orgaaniliste osakeste hulgast, looduslikes vetes on HCBd poolestusajaks hinnanguliselt 4–52 nädalat. Anaeroobsetes tingimustes on lagunemine väga aeglane. Suure kaugkande potentsiaaliga.                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

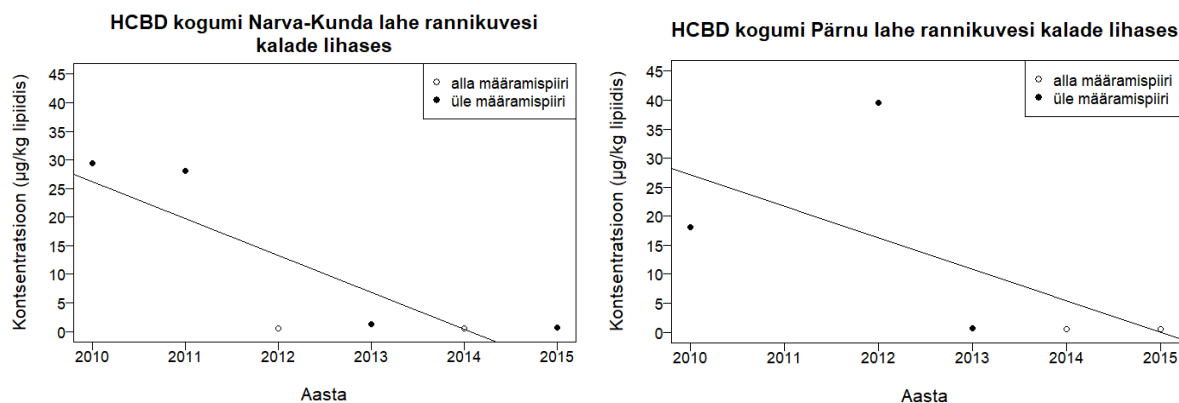
Heksaklorobutadieeni (HCBd) on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 195 proovis (aastatel 2011–2019), molluskitest 1 proovis (aastal 2014), kala lihasest 202 proovis (aastatel 2010–2019) ning kala maksast 11 proovis (aastal 2011) (Lisa 9). Molluskitest ja kala maksast ei olnud HCBd üheski kogumis seiratud rohkem kui ühel aastal (Lisa 9).

Settest oli HCBd seiratud 67 kogumis, igas kogumis kuni kuuel aastal (Tabel 28). Pikaajalise dünaamika analüüsiks valiti kaks kogumit, kus seireandmeid oli vähemalt viie aasta kohta: Emajõgi ja Peipsi järv (Tabel 28; Lisa 9). Mõlemas kogumis olid kõik mõõtmised settes alla määramispiiri (1–10 µg/kg kuivkaalus).

Kala lihasest oli HCBd seiratud 42 kogumis, igas kogumis kuni 7 aastal (Tabel 28). Pikaajalise dünaamika analüüsiks valiti kaks kogumit, kus seireandmeid oli vähemalt viie aasta kohta: Pärnu lahe rannikuvesi ja Narva-Kunda lahe rannikuvesi (Tabel 28; Lisa 9). Analüüsist jäeti välja osa 2011. ja kõik 2018. a andmeid, sest nende ühikut (µg/kg) ei olnud võimalik teisendada võrreldavaks ülejäänud andmete ühikuga (µg/kg lipiidis).

**Tabel 28.** Heksaklorobutadieeni seireandmete statistilise analüüsi tulemused.

| Veekogum                     | Maatriks   | Seireaastate arv | p                                                         | τ     | Võimsus | Suundumus |
|------------------------------|------------|------------------|-----------------------------------------------------------|-------|---------|-----------|
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi | kala lihas | 6                | 0,18                                                      | -0,55 | 0,22    | ei leitud |
| Pärnu lahe rannikuvesi       | kala lihas | 5                | 0,13                                                      | -0,74 | 0,31    | ei leitud |
| Emajõgi                      | sete       | 6                | Kõik tulemused alla määramispiiri (1–10 µg/kg kuivkaalus) |       |         |           |
| Peipsi järv                  | sete       | 5                |                                                           |       |         |           |



Heksaklorobutadieeni pikaajalise dünaamika analüüs näitas, et statistiliselt usaldusväärset suundumust ei leitud üheski kogumis. Suundumuste puudumise põhjus võib olla nii andmete vähesus kui ka saasteaine stabiilne või väga kõikuv sisaldus seiremaatriksis eri seireaastatel. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal ei ole heidete suurenemist tulevikus ette näha.

Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus HCBD on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 29.

**Tabel 29.** Veekogumid, kus heksaklorobutadieeni seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses.

| Kogumi nimi                       | Sete | Kala lihas |
|-----------------------------------|------|------------|
| Emajõgi                           | 6    |            |
| Haapsalu lahe rannikuvesi         |      | 3          |
| Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi   |      | 4          |
| Keila Keila joast suudmeni        | 3    |            |
| Kullavere Imukvere ojust suudmeni | 3    |            |
| Matsalu lahe rannikuvesi          |      | 3          |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi      |      | 6          |
| Peipsi järv                       | 5    |            |
| Pihkva järv                       | 4    |            |
| Piusa Kiviojast suudmeni          | 4    |            |
| Pärnu lahe rannikuvesi            |      | 5          |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni   | 3    |            |
| Väinamere rannikuvesi             |      | 3          |

Tulevikus oleks võimalik pikemate andmeridade dünaamika analüüsi teha, kui uutele seiretulemustele kala lihases lisataks ka vanemate andmetega võrreldavad ühikud (µg/kg lipiidis).

### 3.2.7. Pentaklorobenseen (PeCB)

**Tabel 30.** Pentaklorobenseeni reostuse tekkimise ja püsimise põhjandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 608-93-5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Staatuse                                | prioriteetne ohtlik aine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Allikad <sup>9</sup>                    | Aine tootmine ja kasutamine on keelustatud, kuid võib tekkida mittetahtlikult. On kasutatud seenetõrjevahendi pentakloronitrobenseen tootmiskemikaalina, toote omaduste parandajana, leegiaeglustina, dielektrilise vedeliku tootmisel ja värvikandjana.<br>Pentaklorobenseen on ka γ-heksaklorotsükloheksaani ja heksaklorobenseeni tootmise kõrvalprodukt. |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | Eestis pentakloronitrobenseeni ei toodeta.<br><br><u>Peamised allikad:</u><br>Olmeprügi lahtine põletamine (0,2 kg/a)<br>Jäätmetest energia tootmine (u 0,025 kg/a)<br>Kloorimine metallitööstuses<br>Tulekahjud                                                                                                                                             |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | Pentaklorobenseeni poolestusaeg välisõhus on 277 kuni 467 päeva. Pinnavees on poolestusaeg hinnanguliselt 194 kuni 1250 päeva, sügavamates veekihtides anaeroobsel lagunemisel 776 kuni 1380 päeva. Pentaklorobenseen levib kaugkandega.                                                                                                                     |

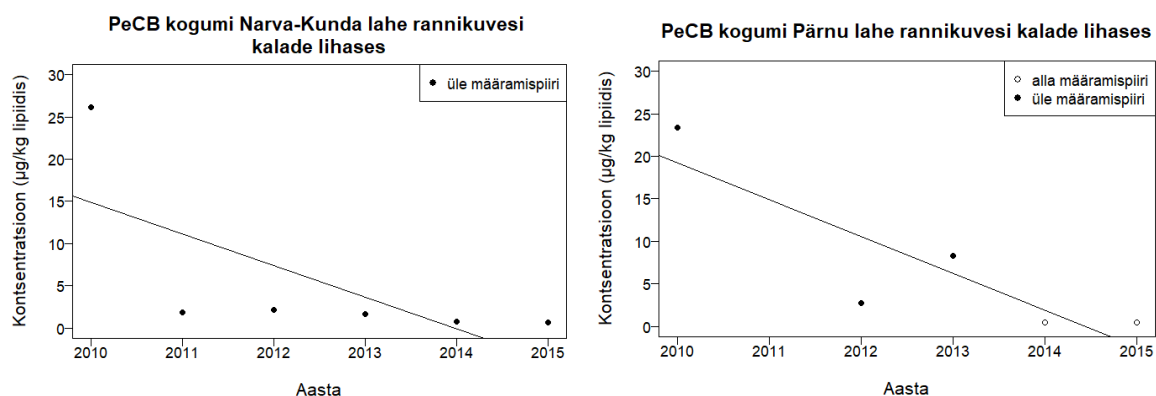
Pentaklorobenseeni (PeCB) on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 255 proovis (aastatel 2011–2019), molluskitest 1 proovis (aastal 2014), kala lihasest 205 proovis (aastatel 2010–2019) ning kala maksast 11 proovis (aastal 2011) (Lisa 10). Molluskitest ja kala maksast ei olnud pentaklorobenseeni üheski kogumis seiratud rohkem kui ühel aastal (Lisa 10).

Settest oli pentaklorobenseeni seiratud 72 kogumis, igas kogumis kuni kaheksal aastal (Tabel 31). Pikaajalise dünaamika analüüsiks valiti kolm kogumit, kus seireandmeid oli vähemalt viie aasta kohta: Emajõgi, Piusa Kiviojast suudmeni ja Peipsi järv. Kõigis kogumites olid kõik mõõtmised alla määramispiiri (1–10 µg/kg kuivkaalus) (Tabel 31; Lisa 10).

Kala lihasest oli pentaklorobenseeni seiratud 42 kogumis, igas kogumis kuni 7 aastal (Tabel 31). Pikaajalise dünaamika analüüsiks valiti kaks kogumit, kus seireandmeid oli vähemalt viie aasta kohta: Narva-Kunda lahe rannikuvesi ja Pärnu lahe rannikuvesi (Tabel 31; Lisa 10). Analüüsist jäeti välja osa 2011. ja kõik 2018. a andmeid, sest nende ühikut (µg/kg) ei olnud võimalik teisendada võrreldavaks ülejäänud andmetega (µg/kg lipiidis).

**Tabel 31.** Pentaklorobenseeni seireandmete statistilise analüüsi tulemused.

| Veekogum                     | Maatriks   | Seireaastate arv | p                                                         | τ      | Võimsus | Suundumus      |
|------------------------------|------------|------------------|-----------------------------------------------------------|--------|---------|----------------|
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi | kala lihas | 6                | 0,024                                                     | -0,867 | 0,6840  | <b>väheneb</b> |
| Pärnu lahe rannikuvesi       | kala lihas | 5                | 0,13                                                      | -0,738 | 0,3206  | ei leitud      |
| Emajõgi                      | sete       | 8                | Kõik tulemused alla määramispiiri (1–10 µg/kg kuivkaalus) |        |         |                |
| Peipsi järv                  | sete       | 5                |                                                           |        |         |                |



Pentaklorobenseeni pikaajalise dünaamika analüüs näitas kogumi Narva-Kunda lahe rannikuvesi kalade lihases sisalduse olulist vähenemist aastatel 2010 kuni 2015. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal on tegemist ainega millel on vähesed tahtmatud heited.

Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus PeCB on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 32. Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal tuleks pentaklorobenseeni seiret teha veekogumitel, mis jäävad reoveekogumisalade ja suurte tööstusettevõtete mõjupiirkonda.

**Tabel 32.** Veekogumid, kus pentaklorobenseeni seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses ning kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi Kroodi oja suudmepiirkonna andmed.

| Kogumi nimi                             | Sete | Kala lihas |
|-----------------------------------------|------|------------|
| Emajõgi                                 | 8    |            |
| Haapsalu lahe rannikuvesi               |      | 3          |
| Halliste Lüütre ojani                   | 3    |            |
| Kasari Vigala jõest suudmeni            | 4    |            |
| Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi         |      | 4          |
| Keila Keila joast suudmeni              | 3    |            |
| Kullavere Imukvere ojust suudmeni       | 3    |            |
| Matsalu lahe rannikuvesi                |      | 3          |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | 3    |            |
| Narva Narva veehoidlast suudmeni        | 3    |            |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            |      | 6          |
| Peipsi järv                             | 5    |            |
| Pihkva järv                             | 4    |            |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni        | 4    |            |
| Pärnu Kärü jõest Sindi paisuni          | 3    |            |
| Pärnu lahe rannikuvesi                  |      | 5          |
| Valgejõgi Moest Pikkojani               | 3    |            |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni         | 3    |            |
| Väinamere rannikuvesi                   |      | 3          |
| Vääna Pääsküla jõest suudmeni           | 3    |            |

Tulevikus oleks võimalik pikemate andmeridadega dünaamika analüüsi teha, kui uutele seiretulemustele kala lihases lisataks ka vanemate andmetega võrreldavad ühikud (µg/kg lipiidis).

### 3.3. Tööstuskemikaalid

#### 3.3.1. Bromodifenüüleetrid (PBDE)

**Tabel 33.** Bromodifenüüleetrite reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 49690-94-0 ( <b>triBDE</b> ), seiratakse analoogi 41318-75-6 ( <b>PBDE-28</b> ),<br>40088-47-9 ( <b>tetraBDE</b> ), seiratakse analoogi 5436-43-1 ( <b>PBDE-47</b> ),<br>32534-81-9 ( <b>pentaBDE</b> ), seiratakse analooge 60348-60-9 ( <b>PBDE-99</b> ) ja<br>189084-64-8 ( <b>PBDE-100</b> ),<br>36483-60-0 ( <b>heksaBDE</b> ), seiratakse analooge 68631-49-2 ( <b>PBDE-153</b> ) ja<br>207122-15-4 ( ),<br>68928-80-3 ( <b>heptaBDE</b> )                                                            |
| Staatus                                 | prioriteetsed ohtlikud ained: tetraPBDE, pentaPBDE, heksaPBDE, heptaPBDE<br>prioriteetsed ained: triPBDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Allikad <sup>9</sup>                    | PentaBDE tootmine on keelustatud. PentaBDE kasutati leegiaeglustina mööbli, polstrite ja madratsite täitevahtudes (vahtpolüuretaan), ehitusmaterjalides ning elektrooniliste seadmete, kodumasinate ja autode plastikosades. PentaBDE lisatakse väikestes kogustes ka tekstiilile, värvidele, lakkidele, kummitoodetele ning naftatööstuse vedelikesse.                                                                                                                                                     |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | Eestis ei toodeta, kui kuna väikesed sisaldused toodetes on endiselt lubatud, võib neid ka Eestis tööstustes kasutatavates pooltoodetes ja materjalide leiduda.<br><br><u>Peamised allikad:</u><br>Põlevkivitööstuse jäätmed (u 7,5 kg/a)<br>Taristu: liiklusvahendite kulumine<br>Reoveesetega pinnasesse (0,3 kg/a)<br>Vrakkide demonteerimine<br>Jäätmete töötlus ja kõrvaldus<br>Prügilapõlengud ja prügila nõrgvesi<br>Tekstiil- ja karusnahatoodete pesu ja keemiline puhastus                        |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | PentaBDE laguneb õhus 11–19 päevaga, pinnases ja vees 150 päevaga ning settes (aeroobsetes tingimustes) 600 päevaga. TetraBDE derivaadid püsivad õhus enamasti gaasilises olekus, heksaBDE derivaadid on enamasti seotud tahkete osakestega. Vesikeskkonnas seostuvad PBDE tugevalt setteosakestele ja maismaal pinnaseosakestele ning püsivad seal liikumatuna, kuid võivad siiski lenduda. Põlemisprotsesside tagajärjel võib pentaBDE laguneda broomitud ja klorobroomitud dioksiinideks ja furaanideks. |

Bromodifenüüleetreid (sh ka muid analooge lisaks 28, 47, 99, 100, 153 ja 154) on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 693 proovis (aastatel 2010–2019), kala lihasest 604 proovis (aastatel 2012–2019) ja kala maksast 60 proovis (aastal 2011), molluskitest aineid seiratud pole (Lisa 11). Kala lihasest ega kala maksast ei olnud HBCDD üheski kogumis seiratud rohkem kui kahel aastal (Lisa 11).

Settest ei olnud üheski kogumis seireandmeid rohkem kui 3 aasta kohta. Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus PBDE on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 34. Kolme aasta andmed olid neljas kogumis: Emajõgi, Haapsalu lahe rannikuvesi, Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe

rannikuvesi ja Narva Narva veehoidlast suudmeni (Lisa 11). Pärast sobimatute seirekohtade (reoveepuhastite suublaipirkonnad) eemaldamist olid kolme aasta andmed olemas vaid kogumi Emajõgi kohta, kus kõik tulemused analoogide 28, 47, 99, 100, 153 ja 154 kohta olid alla määramispiiri (0,05–16 µg/kg kuivkaalus) (Tabel 34; Lisa 11).

**Tabel 34.** Veekogumid, kus bromodifenüüleetrite seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses.

| Kogumi nimi | Sete |
|-------------|------|
| Emajõgi     | 3    |

Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal tuleks bromodifenüüleetrite seiret teha veekogumitel, mis jäävad jäätmeäitlusettevõtete mõjupiirkonda. Olulised heidete jälgimise ja vähendamise kohad on seotud reoveepuhastitega ja jäätmemajandusega, seda eriti elektroonika ja autoromude osas. Enim PBDE kasutada võivaid ettevõtteid asub Lääne-Eesti vesikonnas, 138, Ida-Eesti vesikonnas asub 47 ettevõtet ja Koiva vesikonnas sellised ettevõtted puuduvad.

### 3.3.2. Di(2-etüülheksüül)ftalaat (DEHP)

**Tabel 35.** Di(2-etüülheksüül)ftalaadi reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 117-81-7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Staatus                                 | prioriteetsed ohtlikud ained                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Allikad <sup>9</sup>                    | <p>Ftalaate kasutatakse peamiselt plasti tootmises plastmassi töödeldavuse ja painduvuse parandamiseks. Peamised kasutatakse järgmistes toodetes: ehitusmaterjalid (tapeedid, juhtmete ja kaablite isolatsioon), autokaubad (polsterdus, istmed), riietus (jalanõud, vihmakeebid), toidupakendid, mänguasjad, meditsiiniseadmed, taimekaitsevahendid, väetised, modelleerimissavi.</p> <p>Kasutamine on rangelt reguleeritud ja teadaolevalt on Euroopas hetkel ainult kolm di-(2-etüülheksüül)ftalaadi tootjat: Arkema, Deza ja Grupa Azoty Zakłady.</p> |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | <p><u>Peamised allikad:</u></p> <p>Reoveesetega pinnasesse (302 kg/a)</p> <p>Reoveepuhastist pinnavette (42 kg/a)</p> <p>Mootorkütused</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

Di(2-etüülheksüül)ftalaat (DEPH) on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 171 proovis (aastatel 2010–2019), kala lihasest 38 proovis (aastatel 2017–2019) ning kala maksast 10 proovis (aastal 2011), molluskitest aineid seiratud pole (Lisa 12). Kala lihasest ega kala maksast ei olnud DEPH üheski kogumis seiratud rohkem kui kahel aastal (Lisa 12).

Settest ei olnud üheski kogumis andmeid rohkem kui 4 aasta kohta (Lisa 12). Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus DEHP on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 36. Nelja aasta andmed leiti kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi kohta ning kolme aasta andmed leiti kaheksa kogumi kohta: Emajõgi, Haapsalu lahe rannikuvesi, Keila Keila joast suudmeni, Narva Narva veehoidlast suudmeni, Peipsi järv, Pihkva järv, Pärnu Kärü jõest Sindi paisuni ja Pärnu Sindi paisust suudmeni (Tabel 36; Lisa 12). Pärast sobimatute seirekohtade (reoveepuhastite suubla piirkonnad) eemaldamist jäid alles kolme aasta andmed kõigi kogumite kohta peale kogumite Haapsalu lahe rannikuvesi ja Narva Narva veehoidlast suudmeni (Tabel 36). Kogumites Peipsi järv ja Pihkva järv jäid kõik tulemused alla määramispiiri (50 µg/kg kuivkaalus). Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal jätkub DEHP kasutus suurtes mahtudes ning aine koguste vähenemist aktiivses ringluses ei ole ette näha.

**Tabel 36.** Veekogumid, kus di(2-etüülheksüül)ftalaadi seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses ning kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi Kroodi oja suudmepiirkonna andmed.

| Kogumi nimi                             | Sete |
|-----------------------------------------|------|
| Emajõgi                                 | 3    |
| Keila Keila joast suudmeni              | 3    |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | 3    |
| Peipsi järv                             | 3    |
| Pihkva järv                             | 3    |
| Pärnu Kärü jõest Sindi paisuni          | 3    |
| Pärnu Sindi paisust suudmeni            | 3    |

Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal tuleks di(2-etüülheksüül)ftalaadi seiret teha veekogumitel, mis jäävad reoveekogumisalade ja suurte tööstusettevõtete mõjupiirkonda. Ainevoogude jälgimine on keerukas kuna ftalaate lisatakse väikestes kogustes väga erinevatele toodetele. Enim võimaliku kasutusega ettevõtteid on Lääne-Eesti vesikonnas, 154 ettevõtet.

### 3.3.3. Heksabromotsüklododekaanid (HBCDD)

**Tabel 37.** Heksabromotsüklododekaanide reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 25637-99-4 (1,3,5,7,9,11-HBCDD), 3194-55-6 (1,2,5,6,9,10-HBCDD), 134237-50-6 ( $\alpha$ -HBCDD), 134237-51-7 ( $\beta$ -HBCDD), 134237-52-8 ( $\gamma$ -HBCDD)                                                                                                                                                                        |
| Staatuse                                | prioriteetsed ohtlikud ained                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Allikad <sup>9</sup>                    | HBCDD on kasutusel leegiaeglustina erinevates plastmaterjalides: soojustusplaatides (EPS, XPS), koduelektroonika löögikindlast polüstüreenist (HIPS), akrülonitiilbutadieenist (ABS) ja polükarbonaadist (PC) osades. Kasutatakse leegiaeglustina ka polümeerdispersioonide koostises peamiselt ärihoonete tekstiilis ja madratsites. |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | <u>Peamised allikad:</u><br>Soojustusplaatide tootmine (kuni 482 kg/a)<br>Koduelektroonika<br>Tekstiilid, madratsid                                                                                                                                                                                                                   |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | Lagunevad õhus üle kahe päeva ja settes 68–113 päeva. Levivad ka kaugkandega kinnitununa tahketele osakestele.                                                                                                                                                                                                                        |

Heksabromotsüklododekaane (HBCDD) on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 52 proovis (aastatel 2010–2019) ning kala lihasest 74 proovis (2012–2019), molluskitest ega kala maksast aineid seiratud pole (Lisa 13). Setetest ega kala lihasest ei olnud HBCDD üheski kogumis seiratud rohkem kui kahel aastal (Lisa 13). Andmete vähesuse tõttu ei olnud võimalik HBCDD pikaajalise dünaamika analüüsi teostada.

Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal tuleks HBCDD seiret teha veekogumitel, mis jäävad reoveekogumisalade ja suurte tööstusettevõtete mõjupiirkonda. Lääne-Eesti vesikonnas tegutseb 35 plastplaatide, -lehtede, -profiilide, -torude, -voolikute, -liitmike jms toodete tootmisega tegelevat ettevõtet ja Ida-Eesti vesikonnas 13 sellist ettevõtet. Koiva vesikonnas valdkonna ettevõtted puuduvad. Riskipiirkonnad veekeskkonnale on seotud ka jäätmekäitlusettevõtetega.

### 3.3.4. Kloroalkaanid, C<sub>10-13</sub>

**Tabel 38.** Kloroalkaanide (C<sub>10-13</sub>) reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 85535-84-8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Staatuse                                | prioriteetsed ohtlikud ained                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Allikad <sup>9</sup>                    | C <sub>10</sub> -C <sub>13</sub> kloroalkaane toodetakse ja/või imporditakse Euroopa majandusruumi 10 000–100 000 tonni aastas. Kasutusvaldkonnad on tule- ja veekindlate ning seenevastaste omadustega tekstiilmaterjalide ja rõivaste tootmine, nahatööstus, metallitööstusõlid, kummirehvid ja muud kummitooted (nt jalatsite tallad), mootoriõlid ja transmissiooniõlid. |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | Eestis ei toodeta.<br>Võimalik, et esineb kasutuses olevates kummitoodetes (sh kolmandatest riikidest imporditud rehvid), plasttoidetes, metallitoidetes ja elektriseadmetes.<br><br><u>Peamised allikad:</u><br>Reoveesetega pinnasesse (13 kg/a)                                                                                                                           |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | Kloroalkaanid lagunevad atmosfääris 1,9 kuni 7,2 päeva. Suurem osa seostub pinnase ja setteosakestega tugevalt ning püsib seal liikumatuna. Lagunevad mereveesettes u 450 päevaga ja mageveesettes u 1630 päevaga. Levivad ka kaugkandega.                                                                                                                                   |

Kloroalkaane on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 91 proovis (aastatel 2010–2019), kala lihasest 25 proovis (2017 ja 2018) ning kala maksast 10 proovis (aastal 2011), molluskitest aineid seiratud pole (Lisa 14). Kala lihasest ega kala maksast ei olnud kloroalkaane üheski kogumis seiratud rohkem kui ühel aastal (Lisa 14).

Settes ei olnud üheski kogumis andmeid rohkem kui 3 aasta kohta (Lisa 14). Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus kloroalkaane on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 39. Kolme aasta andmed olid neljas kogumis: Emajõgi, Haapsalu lahe rannikuvesi, Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi ja Narva Narva veehoidlast suudmeni (Lisa 14). Pärast sobimatute seirekohtade (reoveepuhastite suublapiirkonnad) eemaldamist olid kolme aasta andmed olemas vaid kogumi Emajõgi kohta (Tabel 39).

**Tabel 39.** Veekogumid, kus Kloroalkaanide (C<sub>10-13</sub>) seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses.

| Kogumi nimi | Sete |
|-------------|------|
| Emajõgi     | 3    |

Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal tuleks lühikeseahelaliste kloroalkaanide seiret teha veekogumitel, mis jäävad reoveekogumisalade ja suurte tööstusettevõtete mõjupiirkonda. Neid kasutada võivaid ettevõtteid tegutseb enim Lääne-Eesti vesikonnas, 188, Ida-Eesti vesikonnas on 58 ja Koiva vesikonnas 2 ettevõtet.

### 3.3.5. Perfluorooktaansulfoonhape ja selle derivaadid (PFOS)

**Tabel 40.** Perfluorooktaansulfoonhappe ja selle derivaatide reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 1763-23-1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Staatus                                 | prioriteetsed ohtlikud ained                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Allikad <sup>9</sup>                    | PFOS on pindaktiivne aine, mida toodetakse ja/või imporditakse Euroopa majandusruumis kokku 10000–100000 tonni aastas, kuid aine kasutamine on rangelt reguleeritud ja plaanis lõpetada sobivate alternatiivide leidmisel. PFOS on olnud kasutuses paljudes olmega seotud tegevusvaldkondades nagu elektroonikas, ehitusmaterjalides, autodes, kardinates, vaipades ja teistes sisustustekstiilides, lisaks lennunduse hüdraulilistes õlides, tulekustutussüsteemides ning jäätõrjevahendites. |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | Eestis PFOS ei toodeta.<br><br><u>Peamised allikad:</u><br>Põlevkivi kaevandamine ja põlevkiviõli tootmine (0,26 kg/a)<br>Põlevkivitööstuse jäätmetest pinnavette (0,1 kg/a)<br>Reoveesetega pinnasesse (0,04 kg/a)                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | Perfluorooktaansulfoonhape on keskkonnas äärmiselt püsiv. PFOS laguneb õhus 115 päevaga ja vees üle 41 aastaga. Ühendi neutraalsed vormid võivad pinnaselt lenduda.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

Perfluorooktaansulfoonhape (PFOS) on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 143 proovis (aastatel 2012–2019) ning kala lihasest 41 proovis (aastatel 2017–2019) (Lisa 15). Kala maksast ega molluskitest aineid seiratud pole (Lisa 15). Kala lihasest ei olnud PFOS üheski kogumis seiratud rohkem kui kahel aastal.

Settest ei olnud PFOS üheski kogumis seiratud rohkem kui 4 aastal (Lisa 15). Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus PFOS on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 41. Nelja aasta setete seireandmed olid kogutud ainult kogumist Emajõgi ning kolme aasta andmed neljast kogumist: Kullavere Imukvere ojust suudmeni, Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi, Piusa Kiviojast suudmeni ja Võhandu Räpina paisust suudmeni (Lisa 15). Pärast sobimatu seirekoha (reoveepuhasti suublapiirkond) eemaldamist ei olnud kogumis Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi enam kolme aasta seireandmeid. Kõigis kogumites olid kõik tulemused settes alla määramispiiri (0,01–0,26 µg/kg kuivkaalus). Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal on PFOS kasutus tänaseks oluliselt piiratud, kuid toodete pika kasutusaja tõttu on heited keskkonda olvest veel pikalt aktuaalsed.

**Tabel 41.** Veekogumid, kus perfluorooktaansulfoonhappe seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses.

| Kogumi nimi                       | Sete |
|-----------------------------------|------|
| Emajõgi                           | 4    |
| Kullavere Imukvere ojust suudmeni | 3    |
| Piusa Kiviojast suudmeni          | 3    |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni   | 3    |

Kõik veekogumid, mida on kolmel või enamal aastal seiratud jäävad Peipsi alamvesikonda, mistõttu võiks esmajärjekorras seiresse lisada teiste (alam)vesikondade kogumeid. Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal tuleks PFOSi seiret teha veekogumitel, mis jäävad reoveekogumisalade ja suurte tööstusettevõtete mõjupiirkonda. Enim ettevõtteid (303), kes PFOS kasutada võiksid, tegutseb Lääne-Eesti vesikonnas. Ida-Eesti vesikonnas on selliseid ettevõtteid 79 ja Koiva vesikonnas tegutseb 2 ettevõtet metallitööstluse ja metallpindade katmise valdkonnas.

Proovivõtumaatriksina võiks seniste seiretulemuste põhjal eelistada elustikku, sest kõik põhjasetetes mõõdetud tulemused on jäänud alla määramispiiri, samas kui mõnikord on samast kogumist võetud elustikuproovidest ainet üle määramispiiri leitud.

### 3.3. Tõrjemürgid

#### 3.4.1. Dikofool

**Tabel 42.** Dikofooli reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 115-32-2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Staatus                                 | prioriteetne ohtlik aine                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Allikad <sup>9</sup>                    | Dikofool on püsiv kloororgaaniline aine, mida kasutatakse lestatõrjemürgina. Dikofooli kasutamine taimekaitsevahendites on alates 2008. aastast Euroopa Liidus keelatud. Mujal maailmas mõnel pool (nt Indias) veel toodetakse ja kasutatakse õunte, pirnide, kurkide, tomatite, salati, humala, viinamarja ja ilutaimede kaitseks. |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | Eestis oli dikofool kasutusel aastatel 1968 kuni 1987, mil toimeainet kasutati kokku 5,9 tonni. Tänapäeval võib keskkonda sattuda toiduainetööstusest, mis kasutab dikofooli kasutavatest riikidest sissetoodud toorainet.                                                                                                          |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | Dikofool võib välisõhus pikkade vahemaade taha kanduda. Pinnases laguneb 16–339 päevaga.                                                                                                                                                                                                                                            |

Dikofooli on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 151 proovis (aastatel 2015–2019) ning kala lihasest 42 proovis (aastatel 2017–2019) (Lisa 16). Molluskitest ega kala maksas ainet seiratud pole. Kala lihasest ei olnud dikofooli üheski kogumis seiratud rohkem kui kahel aastal (Lisa 16).

Settest oli dikofooli seiratud 52 kogumis, igas kogumis kuni 5 aastal (Tabel 43). Viie aasta andmed olid kogumi Emajõgi kohta (Tabel 43; Lisa 16). Kõik tulemused jäid alla määramispiiri (5 µg/kg kuivkaalus).

**Tabel 43.** Dikofooli seireandmete statistilise analüüsi tulemused.

| Veekogum | Maatriks | Seireaastate arv | p                                                      | τ | Võimsus | Suundumus |
|----------|----------|------------------|--------------------------------------------------------|---|---------|-----------|
| Emajõgi  | Sete     | 5                | Kõik tulemused alla määramispiiri (5 µg/kg kuivkaalus) |   |         |           |

Dikofooli pikaajalise dünaamika analüüsi ei olnud võimalik teostada alla määramispiiri jäävate tulemuste tõttu. Peaaegu kõik seni läbi viidud dikofooli mõõtmised settes ja kala lihasest on andnud alla määramispiiri jäävaid tulemusi. Vaid ühes proovis on leitud üle määramispiiri jääv sisaldus (16 µg/kg sette kuivkaalus 2017. a Pärnu jões). Seega võib öelda, et aine sisaldus on olnud stabiilselt madal, välistatud ei ole ka sisalduste vähenemine. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal võiksid sisaldused keskkonnas väheneda. Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus dikofooli on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 44.

**Tabel 44.** Veekogumid, kus dikofooli seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses ning kogumi.

| Kogumi nimi                       | Sete |
|-----------------------------------|------|
| Emajõgi                           | 5    |
| Kullavere Imukvere ojust suudmeni | 3    |
| Peipsi järv                       | 4    |
| Pihkva järv                       | 3    |
| Piusa Kiviojast suudmeni          | 4    |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni   | 3    |

Kõik veekogumid, mida on kolmel või enamal aastal seiratud jäävad Peipsi alamvesikonda, mistõttu võiks esmajärjekorras seiresse lisada teiste (alam)vesikondade kogumeid.

### 3.4.2. Heksaklorotsükloheksaan (HCH)

**Tabel 45.** Heksaklorotsükloheksaani reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 608-73-1 ( <b>HCH isomeeride segu</b> ), 319-84-6 ( <b>α-HCH</b> ), 319-85-7 ( <b>β-HCH</b> ), 58-89-9 ( <b>γ-HCH</b> ehk lindaan), 319-86-8 ( <b>δ-HCH</b> )                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Staatus                                 | prioriteetne ohtlik aine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Allikad <sup>9</sup>                    | Heksaklorotsükloheksaanide kasutamine Euroopa Liidus on keelustatud teatavate eranditega. γ-HCH ehk lindaani kasutatakse putukatõrjemürgina puuviljadel, köögiviljadel, metsanduses, tubakataimedel ning loomadel. Lisaks ka täivastastes šampoonides ning sügeliste raviks inimestel. Teadaolevalt ei kasutata tehnilist HCH (HCH isomeeride segu) alates 2000. aastast, kuigi kahtlustatakse, et lindaani tootmisest üle jäävat α- ja β-HCH kasutatakse siiski. |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | Eestis oli HCH isomeeride segu kasutusel 1957.–1969. aastal ning lindaan oli kasutusel kuni 1987. aastani.<br><br><u>Peamised allikad:</u><br>Kaugkanne Lätist (Lätis on γ-HCH kasutamine keelatud alates 1999. aastast, kuid aastatel 1995–1999 imporditi riiki 49 tonni γ-HCH)<br>Sügeliste ja täide ravi inimesel (0,2 kg/a)<br>Kahjurputukate tõrje veterinaarias<br>Toiduainetööstus, mis kasutab HCH kasutavatest riikidest sissetoodud toorainet           |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | γ-HCH laguneb atmosfääris u 84 päeva ja α-HCH u 115 päevaga. Veekeskkonnas laguneb γ-HCH 182–732 päeva. β-HCH peamiseks edasikandumiseteeks pikkade vahemaade taha peetakse ookeanihoovuseid ning α-HCH puhul nii atmosfääri kui ka hoovuseid. Heksaklorotsükloheksaanide laguproduktideks võivad olla tetrakloroheksen, tri-, tetra- ja pentaklorobenseenid, penta- ja tetratsükloheksaanid ning HCH teised isomeerid.                                           |

Heksaklorotsükloheksaane (HCH; eraldi isomeere ja isomeeride segu) on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 1210 proovis (aastatel 2002–2019), molluskitest 7 proovis (aastatel 1998 ja 2014), kala lihasest 1722 proovis (aastatel 1995–2019) ning kala maksast 44 proovis (aastal 2011) (Lisa 17). Molluskitest ega kala maksast ei olnud ainet seiratud rohkem kui ühel aastal.

Settest oli HCH seiratud 74 kogumis, igas kogumis kuni 8 aastal (Tabel 46). Viie või enama seireaasta tulemused olid viie kogumi kohta: Emajõgi, Piusa Kiviojast suudmeni, Kasari Vigala jõest suudmeni, Peipsi järv ja Purtse Viru HEJ paisust suudmeni (Tabel 46; Lisa 17). Kõikides setteproovides jäi tulemus alla määramispiiri (1–40 µg/kg kuivkaalus).

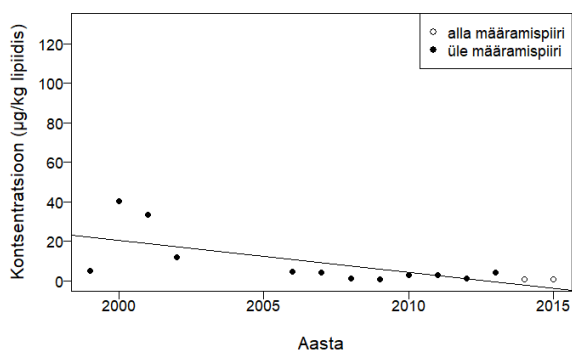
Kala lihasest oli HCH seiratud 44 kogumis, igas kuni 15 seireaasta jooksul (Tabel 46). Pikaajalise dünaamika analüüsiks valiti seitse kogumit, kus seiret oli tehtud viiel või enamal aastal: Narva-Kunda lahe rannikuvesi, Pärnu lahe rannikuvesi, Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi, Matsalu lahe rannikuvesi, Hiiu madala rannikuvesi, Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi ja Väinamere rannikuvesi (Tabel 46; Lisa 17). Analüüsist jäeti välja osa 2011. ja kõik 2017. ja 2018. a andmeid, sest nende ühikut (µg/kg) ei olnud võimalik teisendada võrreldavaks ülejäänud andmetega (µg/kg lipiidis). Pärast andmete eemaldamist olid kogumi Hiiu madala rannikuvesi viimased andmed pärit 2011. aastast. Kogum kaasati siiski analüüsi, kuid graafikut kogumi kohta ei koostatud.

**Tabel 46.** Heksaklorotsükloheksaani seireandmete statistilise analüüsi tulemused.

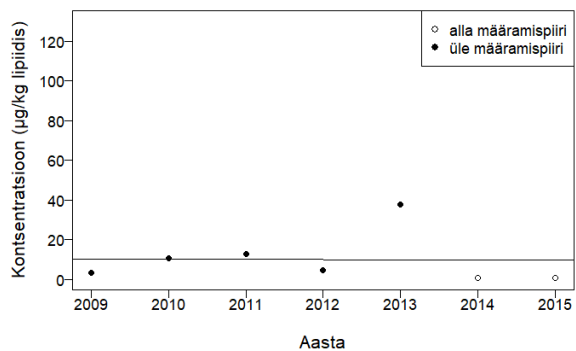
| Veekogum                                | Iso-meer                        | Maatriks   | Seire-aastate arv | p                                                                    | $\tau$ | Võimsus | Suundumus      |
|-----------------------------------------|---------------------------------|------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|--------|---------|----------------|
| Pärnu lahe rannikuvesi                  | $\alpha$                        | kala lihas | 14                | 0,001                                                                | -0,69  | 0,82    | <b>väheneb</b> |
| Pärnu lahe rannikuvesi (al. 2010)       | $\alpha$                        | kala lihas | 6                 | 0,18                                                                 | -0,55  | 0,22    | ei leitud      |
| Pärnu lahe rannikuvesi                  | $\beta$                         | kala lihas | 7                 | 0,45                                                                 | -0,29  | 0,10    | ei leitud      |
| Pärnu lahe rannikuvesi (al. 2010)       | $\beta$                         | kala lihas | 6                 | 0,34                                                                 | -0,41  | 0,13    | ei leitud      |
| Pärnu lahe rannikuvesi                  | $\gamma$                        | kala lihas | 15                | 0,002                                                                | -0,61  | 0,72    | <b>väheneb</b> |
| Pärnu lahe rannikuvesi (al. 2010)       | $\gamma$                        | kala lihas | 6                 | 0,085                                                                | -0,69  | 0,36    | ei leitud      |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | $\alpha$                        | kala lihas | 13                | 0,020                                                                | -0,50  | 0,44    | <b>väheneb</b> |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi (al. 2010) | $\alpha$                        | kala lihas | 6                 | 0,035                                                                | -0,83  | 0,59    | <b>väheneb</b> |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | $\beta$                         | kala lihas | 7                 | 0,23                                                                 | -0,43  | 0,17    | ei leitud      |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi (al. 2010) | $\beta$                         | kala lihas | 6                 | 0,13                                                                 | -0,60  | 0,26    | ei leitud      |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            | $\gamma$                        | kala lihas | 14                | 0,009                                                                | -0,54  | 0,54    | <b>väheneb</b> |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi (al. 2010) | $\gamma$                        | kala lihas | 6                 | 0,009                                                                | -1,00  | 1,00    | <b>väheneb</b> |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | $\gamma$                        | kala lihas | 5                 | 0,46                                                                 | -0,40  | 0,11    | ei leitud      |
| Matsalu lahe rannikuvesi                | $\alpha$                        | kala lihas | 6                 | 0,34                                                                 | -0,41  | 0,13    | ei leitud      |
| Matsalu lahe rannikuvesi                | $\gamma$                        | kala lihas | 6                 | 0,26                                                                 | -0,47  | 0,16    | ei leitud      |
| Hiiu madala rannikuvesi                 | $\alpha$                        | kala lihas | 5*                | 1,00                                                                 | 0      | 0,05    | ei leitud      |
| Hiiu madala rannikuvesi                 | $\gamma$                        | kala lihas | 5*                | 0,81                                                                 | -0,20  | 0,07    | ei leitud      |
| Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi         | $\alpha$                        | kala lihas | 5                 | 0,31                                                                 | -0,53  | 0,16    | ei leitud      |
| Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi         | $\gamma$                        | kala lihas | 5                 | 0,09                                                                 | -0,80  | 0,41    | ei leitud      |
| Väinamere rannikuvesi                   | $\alpha$                        | kala lihas | 5                 | 0,31                                                                 | -0,53  | 0,16    | ei leitud      |
| Väinamere rannikuvesi                   | $\gamma$                        | kala lihas | 5                 | 0,09                                                                 | -0,80  | 0,41    | ei leitud      |
| Emajõgi                                 | $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ | sete       | 8                 | Kõik tulemused alla määramispiiri (1–40 $\mu\text{g/kg}$ kuivkaalus) |        |         |                |
| Kasari Vigala jõest suudmeni            | $\alpha, \beta, \gamma$         | sete       | 5                 |                                                                      |        |         |                |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | $\alpha, \beta, \gamma$         | sete       | 6                 |                                                                      |        |         |                |
| Peipsi järv                             | $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ | sete       | 5                 |                                                                      |        |         |                |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni        | $\gamma$                        | sete       | 5                 |                                                                      |        |         |                |

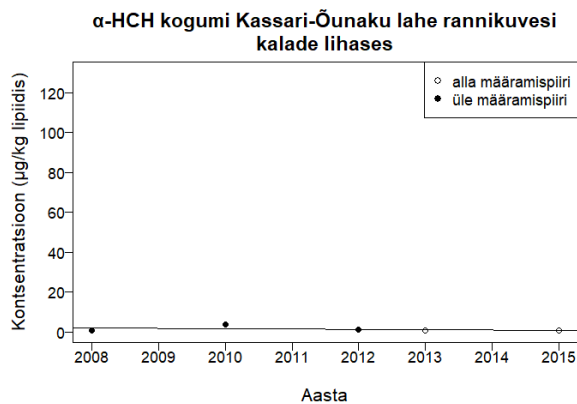
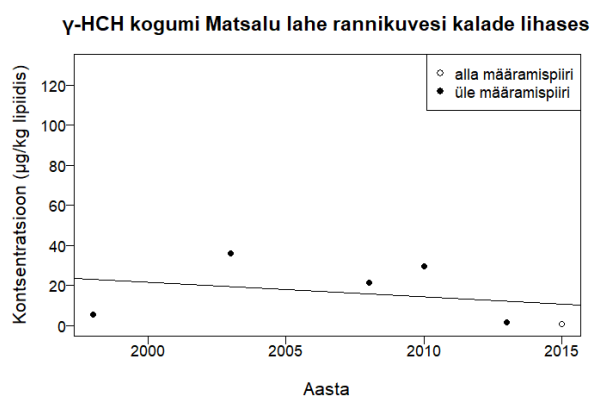
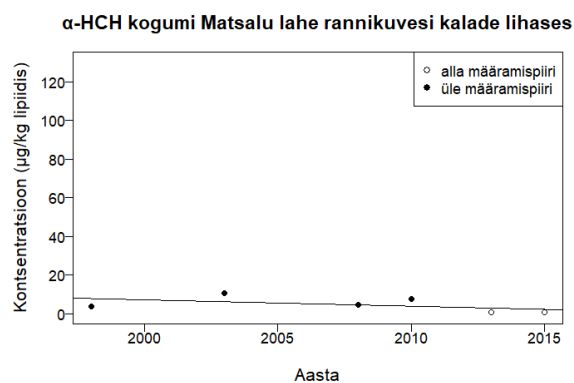
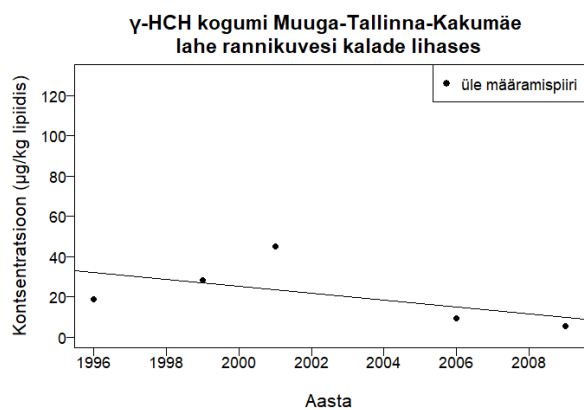
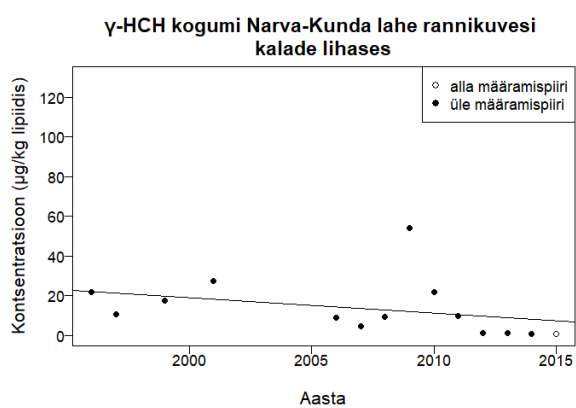
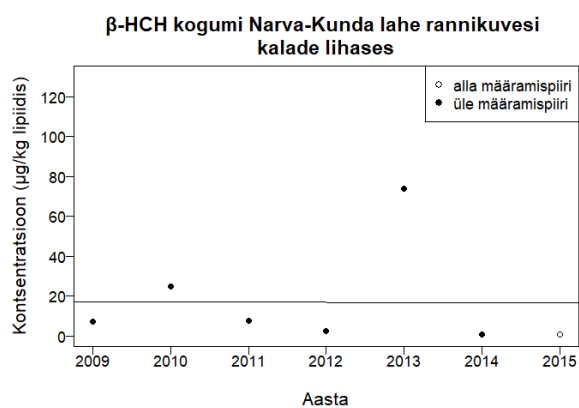
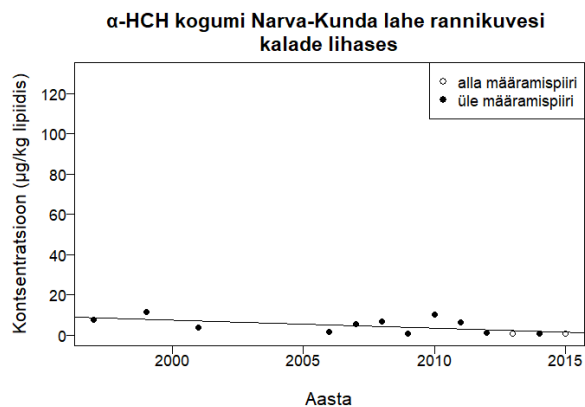
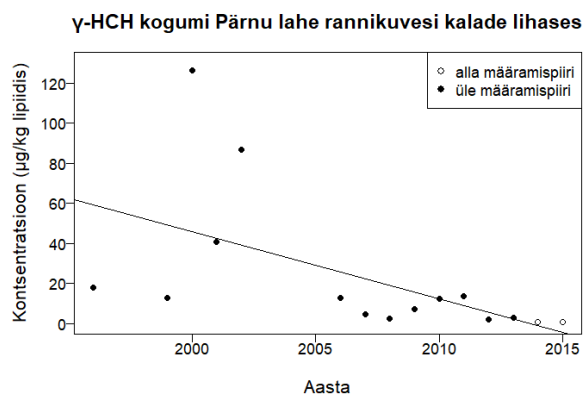
\* Viimased analüüsitud andmed pärinevad 2011. a või varem.

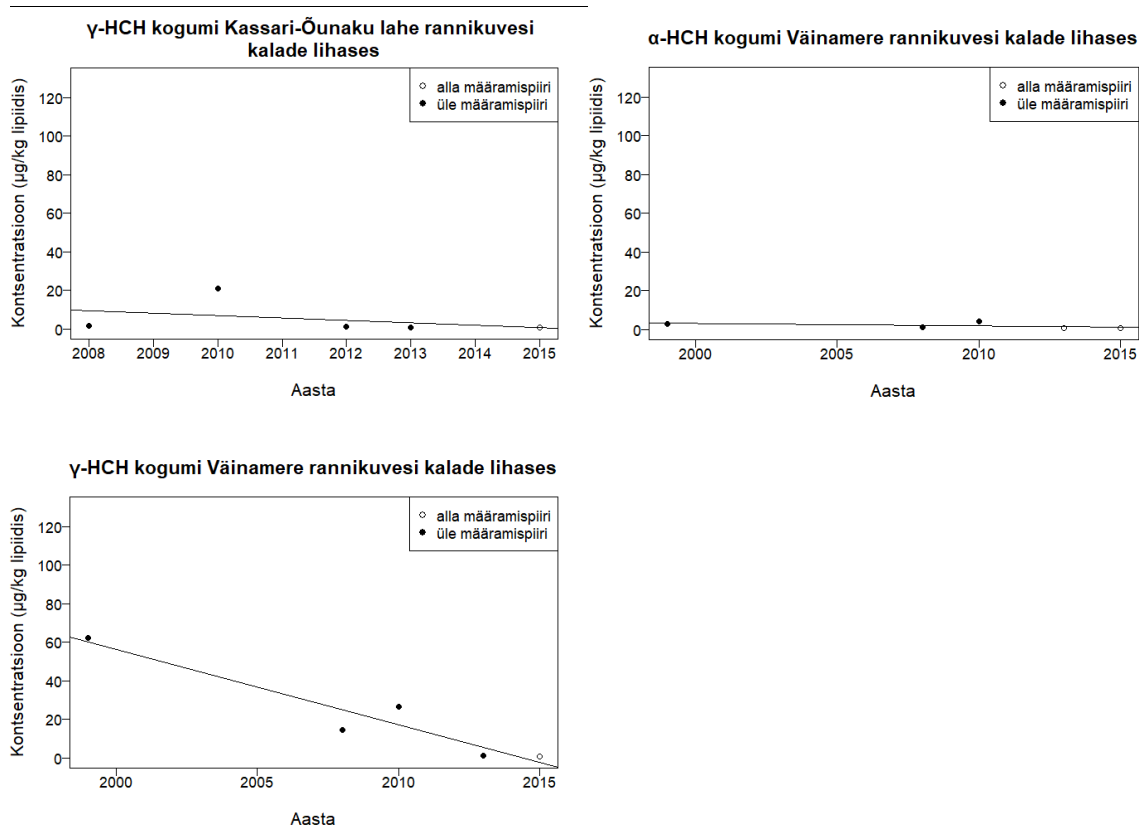
**$\alpha$ -HCH kogumi Pärnu lahe rannikuvesi kalade lihases**



**$\beta$ -HCH kogumi Pärnu lahe rannikuvesi kalade lihases**







Heksaklorotsükloheksaanide (HCH) pikaajalise dünaamika analüüs näitas, et HCH sisalduse statistiliselt usaldusväärne vähenemine leiti kahes kogumis: kogumite Narva-Kunda lahe rannikuvesi ja Pärnu lahe rannikuvesi kalade lihases vähenes  $\alpha$ - ja  $\gamma$ -HCH sisaldus.  $\alpha$ -HCH sisaldus vähenes kogumis Narva-Kunda lahe rannikuvesi ajavahemikus 1997–2015 ning kogumis Pärnu lahe rannikuvesi ajavahemikus 1999–2015.  $\gamma$ -HCH sisaldus vähenes mõlemas kogumis ajavahemikus 1996–2015. Kogumis Narva-Kunda lahe rannikuvesi leiti mõlema isomeeri sisalduse statistiliselt oluline langustrend ka 2010.–2015. a. andmeid eraldi analüüsid, kuid kogumis Pärnu lahe rannikuvesi selle ajavahemiku kohta trendi ei leitud. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal satub HCH vaid vähesel määral ringlusesse importtoodete jääkidest, mistõttu sisalduse vähenemine on pigem ootuspärane.

Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus HCH on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 47. Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal liiguvad HCH jäägid reoveekogumisaladel ja teistel tiheasustusaladel.

**Tabel 47.** Veekogumid, kus heksaklorotsükloheksaani seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses ning kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi Kroodi oja suudmepiirkonna andmed.

| Kogumi nimi                             | Sete | Kala lihas |
|-----------------------------------------|------|------------|
| Emajõgi                                 | 8    |            |
| Eru-Käsmu lahe rannikuvesi              |      | 3*         |
| Haapsalu lahe rannikuvesi               |      | 4          |
| Halliste Lüütre oja                     | 3    |            |
| Hara lahe rannikuvesi                   |      | 4*         |
| Hiiu madala rannikuvesi                 |      | 5*         |
| Kasari Vigala jõest suudmeni            | 5    |            |
| Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi         |      | 5          |
| Keila Atla jõest Keila joani            | 4    |            |
| Kihelkonna lahe rannikuvesi             |      | 3*         |
| Kohtla                                  | 3    |            |
| Kolga lahe rannikuvesi                  |      | 3*         |
| Kullavere Imukvere oja suudmeni         | 3*   |            |
| Liivi lahe rannikuvesi                  |      | 3*         |
| Matsalu lahe rannikuvesi                |      | 6          |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | 3    | 5*         |
| Narva Narva veehoidlast suudmeni        | 4    |            |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi            |      | 14         |
| Peipsi järv                             | 5    |            |
| Pihkva järv                             | 4    |            |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | 6    |            |
| Purtse Püssi paisust Viru HEJ paisuni   | 3*   |            |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni        | 5    |            |
| Pärnu Kärü jõest Sindi paisuni          | 4    |            |
| Pärnu lahe rannikuvesi                  |      | 15         |
| Soela väina rannikuvesi                 |      | 4*         |
| Valgejõgi Moest Pikkojani               | 3    |            |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni         | 3    |            |
| Väikse väina rannikuvesi                |      | 3*         |
| Väinamere rannikuvesi                   |      | 5          |
| Vääna Pääsküla jõest suudmeni           | 3    |            |
| Emajõgi                                 | 8    |            |

\* Kogumid, mida on alates 2010. aastast vähem kui kolmel aastal seiratud.

Tulevikus oleks võimalik pikemate andmeridadega dünaamika analüüsi teha, kui uutele seiretulemustele kala lihases lisataks ka vanemate andmetega võrreldavad ühikud ( $\mu\text{g/kg}$  lipiidis).

### 3.4.3. Heptakloor ja heptakloorepoksiid

**Tabel 48.** Heptakloori ja heptakloorepoksiidi reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 76-44-8 (heptakloor), 1024-57-3 (heptakloori metaboliit heptakloorepoksiid)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Staatus                                 | prioriteetsed ohtlikud ained                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Allikad <sup>9</sup>                    | On kasutatud putukatõrjemürgina termiitide ja sipelgate tõrjumiseks hoonekonstruktsioonides, puidutöötluses ning maa-alustes kaablikarpides. Heptakloori kasutamine on Euroopa Liidus keelatud alates 2004. aastast.                                                                                                                                                                                  |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | Eestis ei ole heptakloori sisaldavaid putukatõrjemürke kunagi kasutatud, heptakloori sissevedu keelati 1999. aastal ning kasutamine 2008. a.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | Heptakloor laguneb pinnaseosakestele seotuna kuni 2 aastat. Lisaks lendub toimeaine pinnaseosakestelt aeglaselt atmosfääri. Levib ka kaugkandega ja akumuleerub kergesti settesse.<br>Keskkonnas laguneb heptakloor heptakloorepoksiidiks, mida peetakse kaks korda rohkem toksilisemaks ning mis on veelgi püsivam ühend. Seetõttu määratakse vesikeskkonnas enamasti heptakloorepoksiidi sisaldust. |

Heptakloori on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 175 proovis (aastatel 2011–2019), molluskitest ühes proovis (aastal 2014), kala lihasest 196 proovis (aastatel 2010–2019) ning kala maksast 11 proovis (aastal 2011) (Lisa 18).

Heptakloorepoksiidi on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 260 proovis (aastatel 2011–2019), molluskitest ühes proovis (aastal 2014), kala lihasest 212 proovis (aastatel 2010–2019) ning kala maksast 11 proovis (aastal 2011) (Lisa 18). Molluskitest ega kala maksast ei olnud kumbagi ainet seiratud rohkem kui ühel aastal.

Settes oli heptakloori ja heptakloorepoksiidi seiratud 71 kogumis, igas kuni kaheksal aastal (Tabel 49). Viie või enama seireaasta tulemused olid kolme kogumi kohta: Emajõgi, Piusa Kiviojast suudmeni ja Peipsi järv. Kõikides setteproovides jäi tulemus alla määramispiiri (1 µg/kg kuivkaalus) (Tabel 49; Lisa 18).

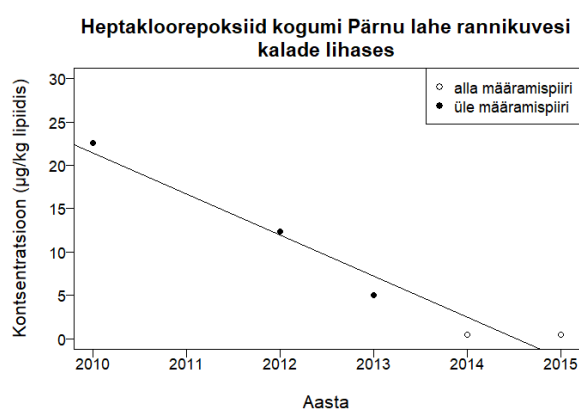
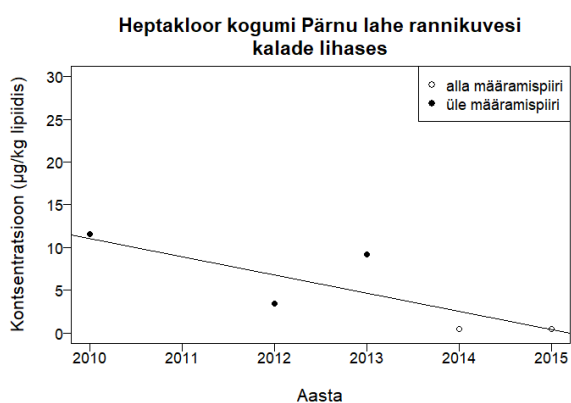
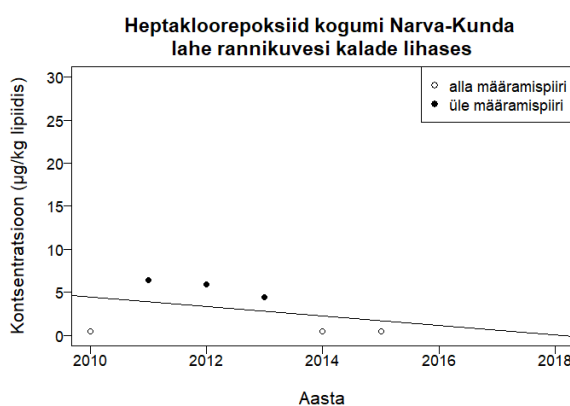
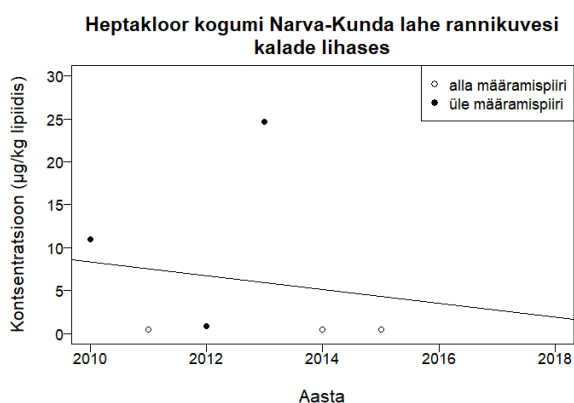
Kala lihasest oli heptakloori ja heptakloorepoksiidi seiratud 42 kogumis, igas kuni 7 seireaasta jooksul (Tabel 49). Pikaajalise dünaamika analüüsiks valiti kaks kogumit, kus seiret oli tehtud viiel või enamal aastal: Narva-Kunda lahe rannikuvesi ja Pärnu lahe rannikuvesi (Tabel 49; Lisa 18). Analüüsist jäeti välja osa 2011. ja kõik 2017. ja 2018. a andmeid, sest nende ühikut (µg/kg) ei olnud võimalik teisendada võrreldavaks ülejäänud andmetega (µg/kg lipiidis).

**Tabel 49.** Heptakloori ja heptakloorepoksiidi seireandmete statistilise analüüsi tulemused.

| Veekogum                     | Aine | Maatriks   | Seirea-<br>astate<br>arv | p                                                         | $\tau$ | Võimsus | Suundumus      |
|------------------------------|------|------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|--------|---------|----------------|
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi | H    | kala lihas | 6                        | 0,55                                                      | -0,30  | 0,09    | ei leitud      |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi | HE   | kala lihas | 6                        | 0,31                                                      | -0,45  | 0,15    | ei leitud      |
| Pärnu lahe rannikuvesi       | H    | kala lihas | 5                        | 0,13                                                      | -0,74  | 0,32    | ei leitud      |
| Pärnu lahe rannikuvesi       | HE   | kala lihas | 5                        | 0,040                                                     | -0,95  | 0,79    | <b>väheneb</b> |
| Emajõgi                      | H    | sete       | 5                        | Kõik tulemused alla määramispiiri (1 µg/kg<br>kuivkaalus) |        |         |                |
| Emajõgi                      | HE   | sete       | 7                        |                                                           |        |         |                |
| Peipsi järv                  | H    | sete       | 5                        |                                                           |        |         |                |
| Peipsi järv                  | HE   | sete       | 5                        |                                                           |        |         |                |
| Piusa Kiviojast suudmeni     | H    | sete       | 6                        |                                                           |        |         |                |

H – heptakloor

HE – heptakloorepoksiid



Heptakloori ja heptakloorepoksiidi pikaajalise dünaamika analüüs näitas, et heptakloorepoksiidi sisalduse statistiliselt usaldusväärne vähenemine leiti kogumi Pärnu lahe rannikuvesi kalade lihases ajavahemikus 2010–2015. põhjal puudub heptaklooril ja heptakloorepoksiidil kasutus ja aktiivsed heited puuduvad, mistõttu sisalduste vähenemine keskkonnas on ootuspärane.

Ülejäänud kogumites statistiliselt usaldusväärseid suundumusi ei leitud. Suundumuste puudumise põhjus võib olla nii andmete vähesus kui ka saasteaine stabiilne või väga kõikuv sisaldus seiremaatriksis eri seireaastatel. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup>

Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus heptakloori ja/või heptakloorepoksiidi on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 50. Heptakloori ja heptakloor epoksiidi jääke ei tohiks enam jäätmevoogudes olla. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal ringlevad keskkonnas kogused, mis võivad olla varasemast ajast, sest ained on väga püsivate omadustega või jõuavad Eestisse kaugkandega.

**Tabel 50.** Veekogumid, kus heptakloori ja heptakloorepoksiidi seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses.

| Kogumi nimi                       | Sete | Kala lihas |
|-----------------------------------|------|------------|
| Emajõgi                           | 7    |            |
| Haapsalu lahe rannikuvesi         |      | 3          |
| Kasari Vigala jõest suudmeni      | 4    |            |
| Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi   |      | 4          |
| Kullavere Imukvere ojast suudmeni | 3    |            |
| Matsalu lahe rannikuvesi          |      | 3          |
| Narva Narva veehoidlast suudmeni  | 3    |            |
| Narva-Kunda lahe rannikuvesi      |      | 6          |
| Peipsi järv                       | 5    |            |
| Pihkva järv                       | 3    |            |
| Piusa Kiviojast suudmeni          | 6    |            |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni  | 3    |            |
| Pärnu Kärü jõest Sindi paisuni    | 4    |            |
| Pärnu lahe rannikuvesi            |      | 5          |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni   | 3    |            |
| Väinamere rannikuvesi             |      | 3          |

Tulevikus oleks võimalik pikemate andmeridadega dünaamika analüüsi teha, kui uutele seiretulemustele kala lihases lisataks ka vanemate andmetega võrreldavad ühikud (µg/kg lipiidis).

### 3.4.4. Kinoksüfeen

**Tabel 51.** Kinoksüfeeni reostuse tekkimise ja püsimise põhjandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 124495-18-7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Staatus                                 | prioriteetne ohtlik aine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Allikad <sup>9</sup>                    | Kinoksüfeeni kasutatakse peamiselt seenetõrjemürgina jahukaste vastu teraviljadel ja viinamarjadel. Peamisteks kasutajateks on Itaalia, Hispaania, Prantsusmaa ja Saksamaa viinamarjaistandused. Lisaks kasutatakse luuviljade, maasikate, meloni, kabatšoki, kõrvitsa, salati, nisu, humala, suhkrupeedi ja maasikate kaitseks. Euroopas müüdi 2010. a. 68000 kg. |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | Kinoksüfeen on keskkonnas ringluses ja selle allikaks on imporditud toiduained. Kinoksüfeeni jääke avastati ühest toiduainete proovist 2015. aastal. Puhastite mõõtmistel leiti ainet ühel korral ka setteproovist, mis kinnitab lokaalse mõju võimalikkust ning heiteid veekeskkonda.                                                                             |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | Kinoksüfeeni laguneb õhus u kahe päeva jooksul. Kaugkanne läbi õhu on ebatõenäoline. Pinnases laguneb kinoksüfeen peamiselt mikroorganismide toimel, mille tagajärjel tekivad keskkonnale ohutud jääkained 2-oksükinoksüfeen ja DCHQ (5,7-dikloro-4-hüdrosükinoksüfeen). Veekeskkonnas seostub tugevalt osakestele.                                                |

Kinoksüfeeni on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 152 proovis (aastatel 2015–2019) ja kala lihasest 42 proovis (aastatel 2017–2019) (Lisa 19). Molluskitest ega kala maksast ainet seiratud pole. Kala lihasest ei olnud kinoksüfeeni üheski kogumis seiratud rohkem kui kahel aastal.

Settest oli kinoksüfeeni seiratud 53 kogumis, igast kuni viiel aastal (Tabel 52). Viie aasta tulemused olid ainult kogumi Emajõgi kohta (Tabel 52; Lisa 19). Kõikides setteproovides jäi tulemus alla määramispiiri (0,75–5 µg/kg kuivkaalus).

**Tabel 52.** Kinoksüfeeni seireandmete statistilise analüüsi tulemused.

| Veekogum | Maatriks | Seireaastate arv | τ                                                           | p | Võimsus | Suundumus |
|----------|----------|------------------|-------------------------------------------------------------|---|---------|-----------|
| Emajõgi  | Sete     | 5                | Kõik tulemused alla määramispiiri (0,75–5 µg/kg kuivkaalus) |   |         |           |

Kinoksüfeeni pikaajalise dünaamika analüüsi ei olnud võimalik teostada alla määramispiiri jäävate tulemuste tõttu. Kõik seni läbi viidud kinoksüfeeni mõõtmised settes ja kala lihasest on andnud alla määramispiiri jäävaid tulemusi, mistõttu võib öelda, et aine sisaldus on olnud stabiilselt madal ning välistatud pole ka sisalduste vähenemine. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal kinoksüfeeni sisaldused keskkonnas ei suurene.

Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus kinoksüfeen on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 53. Kõik veekogumid, mida on kolmel või enamal aastal seiratud jäävad Peipsi alamvesikonda, mistõttu võiks esmajärjekorras seiresse lisada teiste (alam)vesikondade kogumeid. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal kinoksüfeenil olulised allikad puuduvad ning võimalikud heited tulevad jäätmevoogudest ja toodetega sisseveost.

**Tabel 53.** Veekogumid, kus kinoksüfeeni seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses ning kogumi.

| Kogumi nimi                       | Sete |
|-----------------------------------|------|
| Emajõgi                           | 5    |
| Kullavere Imukvere ojust suudmeni | 3    |
| Peipsi järv                       | 4    |
| Pihkva järv                       | 3    |
| Piusa Kiviojast suudmeni          | 4    |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni   | 3    |

### 3.4.5. Tributüültina ja selle ühendid (TBT)

**Tabel 54.** Tributüültina ja selle ühendite reostuse tekkimise ja püsimise põhiandmed veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal.

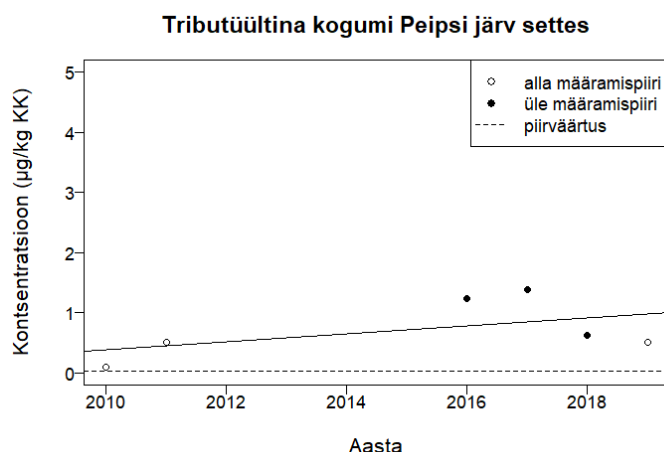
|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAS nr                                  | 36643-28-4 (tributüültina katioon)<br>Kokku on ECHA-s registreeritud 79 erinevat tributüültina ühendit, millel on ka aktiivseid kasutusi. Määratakse keskkonna proovides tributüültina katiooni alusel.                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Staatuse                                | prioriteetne ohtlik aine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Allikad <sup>9</sup>                    | Tributüültina peamine kasutus oli biotsiidina laevavärvides ja teistes välitingimustes kasutatavates värvides, praeguseks on kasutus laevadel keelatud. Lisaks on keelatud kasutus plastide (PVC) omaduste parandamiseks. Kasutatakse endiselt liimides ja tihendites, kattematerjalides (näiteks värvides) ja polümeerides, mänguasjades, põrandakatetes, ehitusmaterjalides, kardinates, jalanõudes, nahatoodetes, paberi ja papitoodetes ja elektroonikas. |
| Keskkonda sattumine Eestis <sup>9</sup> | Eestis tinaorgaanilisi ühendeid ei toodeta.<br><br><u>Peamised allikad:</u><br>Laevade ehitus ja remont, laevatransport<br>Reoveesetega pinnasesse (0,22 kg/a)<br>Reoveest pinnavette (0,14 kg/a)<br>Kodumajapidamised<br>Rehvide kulumine ja käitlus                                                                                                                                                                                                         |
| Keskkonnas käitumine <sup>9</sup>       | Laguneb atmosfääris u 9 tunniga, tahketele osakestele kinnitununa kauem ja sellisel kujul võib levida ka kaugkandega.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

Tributüültina on KESE infosüsteemi andmetel Eestis seiratud põhjasetetest 265 proovis (aastatel 2010–2019), kala lihasest 41 proovis (aastatel 2017–2019) ning kala maksast 11 proovis (aastal 2011) (Lisa 20). Molluskitest aineid seiratud pole. Kala lihasest ega kala maksas ei olnud tributüültina üheski kogumis seiratud rohkem kui kahel aastal.

Settest oli tributüültina seiratud 72 kogumis, igas kogumis kuni 7 aastal (Tabel 55). Pikaajalise dünaamika analüüsiks valiti 7 kogumit, kus seireandmeid oli vähemalt viie aasta kohta. Pärast sobimatute seirekohtade (reoveepuhastite suublapiirkonnad) eemaldamist jäi alles kuus kogumit, kus seireandmeid oli vähemalt viie aasta kohta: Emajõgi, Peipsi järv, Kasari Vigala jõest suudmeni, Pihkva järv, Piusa Kiviojast suudmeni ja Pärnu Kärü jõest Sindi paisuni (Tabel 55; Lisa 20). Kogumi Muuga-Tallinn-Kakumäe lahe rannikuvesi seireandmeid polnud analüüsiks enam piisavalt. Kõigis kogumites peale Peipsi järve jäid kõik mõõtmised alla määramispiiri (0,2–5 µg/kg kuivkaalus). Määramispiir settes (0,2–5 µg/kg kuivkaalus) on suurem, kui ainele kehtestatud piirmäär (0,02 µg/kg kuivkaalus).

**Tabel 55.** Tributüültina ja selle ühendite seireandmete statistilise analüüsi tulemused.

| Veekogum                       | Maatriks | Seireaastate arv | p                                                          | τ    | Võimsus | Suundumus |
|--------------------------------|----------|------------------|------------------------------------------------------------|------|---------|-----------|
| Peipsi järv                    | sete     | 6                | 0,57                                                       | 0,28 | 0,08    | ei leitud |
| Piusa Kiviojast suudmeni       | sete     | 8                | Kõik tulemused alla määramispiiri (0,2–5 µg/kg kuivkaalus) |      |         |           |
| Emajõgi                        | sete     | 7                |                                                            |      |         |           |
| Kasari Vigala jõest suudmeni   | sete     | 5                |                                                            |      |         |           |
| Pihkva järv                    | sete     | 5                |                                                            |      |         |           |
| Pärnu Kärü jõest Sindi paisuni | sete     | 5                |                                                            |      |         |           |



Tributüültina ja selle ühendite (TBT) pikaajalise dünaamika analüüs näitas, et TBT sisalduse statistiliselt usaldusväärset suundumust ainsas analüüsitud kogumis ei leitud. Suundumuste puudumise põhjus võib olla nii andmete vähesus kui ka saasteaine stabiilne või väga kõikum sisaldus seiremaatriksis eri seireaastatel. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal võivad heited keskkonda tulevikus suurened, sest kasutatakse pikaajalistes toodetes, mis püsivad ringluses veel kümneid aastaid.

Tulevase seire planeerimiseks on kõik seirekohad, kus TBT on seiratud vähemalt kolmel aastal, toodud tabelis 56. Seirekogumite valimisel pikaajalise dünaamika analüüsi toetava seirekava koostamiseks tuleks arvestada ka reostuse paiknemise infot. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuuri<sup>9</sup> põhjal tuleks tributüültina ühendite seiret teha veekogumitel, mis jäävad laevaremondi ja laevaehituse ettevõtete piirkonda, samuti ehitusmaterjalide tootjate heitveega mõjutatud veekogudes.

**Tabel 56.** Veekogumid, kus tributüültina ja selle ühendite seireandmeid on kolme või enama aasta kohta. Arvud näitavad, mitmel aastal ajavahemikus 1994–2019 kogumis vastavat maatriksit seirati. Seireaastate arvu puhul on vajadusel välja arvatud seirekohad punktreostusallikate vahetus läheduses ning kogumi Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi Kroodi oja suudmepiirkonna andmed.

| Kogumi nimi                             | Sete |
|-----------------------------------------|------|
| Emajõgi                                 | 7    |
| Kasari Vigala jõest suudmeni            | 5    |
| Keila Keila joast suudmeni              | 4    |
| Kullavere Imukvere ojust suudmeni       | 3    |
| Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi | 3    |
| Narva Narva veehoidlast suudmeni        | 4    |
| Peipsi järv                             | 6    |
| Pihkva järv                             | 5    |
| Piusa Kiviojast suudmeni                | 8    |
| Purtse Viru HEJ paisust suudmeni        | 3    |
| Pärnu Kärü jõest Sindi paisuni          | 5    |
| Pärnu Sindi paisust suudmeni            | 3    |
| Võhandu Räpina paisust suudmeni         | 3    |
| Vääna Pääsküla jõest suudmeni           | 3    |

## Kokkuvõte

Pikaajalise dünaamika analüüsi kaasati riikliku keskkonnaseire ja keskkonnaprojektide seireandmed ajavahemikust 1994–2019, mis olid 4.02.2020 seisuga KESE andmebaasi kantud. Seireandmete vähesuse tõttu ei olnud võimalik kõiki vajalikke saasteineid ega piirkondi pikaajalise dünaamika analüüsi kaasata, kuid analüüsi võimaldavate andmete seas leiti mitmel korral statistiliselt olulisi langustrende. Lisaks jäid paari aine sisaldused stabiilselt alla määramispiiri.

Pikaajalise dünaamika analüüsi sai teostada analüüsitud 20 saasteainest 13 saasteainele, millest igaühe puhul oli võimalik analüüsida ühe kuni 13 veekogumi seireandmeid (Tabel 57). Viie saasteaine (Cd, PAH, PeCB, HCH ja heptakloorepoksiid) sisalduse puhul leiti mõne veekogumi settes või elustikus langustrend. Langustrende leiti kokku vaid kolmes kogumis: Narva-Kunda lahe rannikuvesi (Cd, PeCB, HCH), Pärnu lahe rannikuvesi (HCH, heptakloorepoksiid) ja Emajõgi (PAH), mistõttu ei saa tulemusi terve Eesti peale laiendada. Kahe saasteaine puhul (dikofool ja kinoksüfeen) jäid kõik seni kogutud seireandmed (dikofooli puhul ühe erandiga) alla määramispiiri, mistõttu võib nende ainete sisaldusi keskkonnas pidada stabiilselt madalateks (Tabel 57). Langustrendis ja stabiilsete sisaldustega ainetest enamikku Eestis ei teki, toodeta ega kasutata, erandiks on Cd ja PAH.

Tõusutrend leiti ühes kogumis elavhõbeda ja selle ühendite (Hg) sisalduses kala maksas, kuid viimased andmed selles andmerekas pärinevad 2011. aastast (Tabel 57). Sama kogumi molluskites, milles on ka hiljem Hg seiratud, trendi ei leitud. Lisaks on pärast 2011. a elavhõbeda keskkonda jõudmise vähendamiseks meetmeid rakendatud, mistõttu tõusutrendi jätkumist ei saa eeldada. Lisaks Hg tõusutrendile leiti PAH puhul kogumis Pihkva järv kolme PAH (benzo(b)fluoranteeni, benzo(g,h,i)perülenei ja benzo(k)fluoranteeni) sisalduse suurenemine settes, kuid PAH summa ja PAH indikaatoraine benzo(a)pürenei puhul polnud sisalduste suurenemine statistiliselt oluline. Tõenäoliselt on kogumis siiski PAH kontsentratsioonide suurenemine toimunud.

Seitsme aine puhul (Pb, antratsiin, fluoranteen, HCB, HCBd, dioksiinisarnased ühendid ja TBT) ei leitud trendi üheski kogumis. Põhjus võib olla nii andmete vähesus kui ka saasteaine stabiilne või väga kõikumine sisaldus seiremaatriksis eri seireaastatel.

Viie saasteaine puhul (HBCDD, kloroalkaanid (C<sub>10-13</sub>), PBDE, DEHP, PFOS) ei olnud üheski veekogumis analüüsi teostamiseks piisavalt seireandmeid (Tabel 57). Paljusid saasteaineid on võrdlemisi hiljuti (u 2010. aastast) seirama hakatud ning kuna sette ja elustiku seiresagedus on väiksem kui vee maatriksil, kogunevad seireandmed aeglasemalt.

Selleks, et kõik saasteained ja piirkonnad oleks pikaajalise dünaamika analüüsis edaspidi paremini esindatud, võiks järgida järgmisi soovitusi:

1. Saasteainete seire plaanisel tuleks praegusest rohkem arvestada varasemalt olemasolevate andmete hulga, et tekitada pikki aegridu täpsemate trenditulemuste saamiseks. Analüüsis on iga saasteaine kohta toodud kogumite nimekiri, kus saasteineid on seiratud vähemalt kolmel aastal ja kus võimalusel tuleks seiret jätkata.
2. Pikaajalise dünaamika analüüsiks peaks andmeid koguma ka väikejärvedest, mille puhul ei leitud vähemalt 3 seireaasta andmeid ühegi saasteaine kohta.
3. Võiks kaaluda esinduslike veekogumite kehtestamist pikaajalise dünaamika seire veekogumiteks, kus järjepidev saasteainete seire oleks omaette eesmärk ja tagaks pikkade aegride tekke ja jätkumise.
4. Pikemat aega seiratud kloororgaaniliste saasteainete (HCB, HCBd, PeCB, PCB, HCH, heptakloor ja heptakloor epoksiid) seiramisel kala lihases tuleks tulemused esitada lisaks ühikule µg/kg ka ühikuga µg/kg lipiidi, et andmed oleksid võrreldavad enne 2017. a kogutud andmetega.

5. Tuleks järjepidevalt kasutada madalaima võimaliku määramispiiriga analüüsimeetodeid: kaadmiumi analüüsiti riiklikus seires kuni 2017. aastani meetodiga (ICP-MS) määramispiiriga 20 µg/kg sette kuivkaalus, kuid 2017. ja 2019. a. hakati osa jõgesid ja alates 2018. a. rannikumerd seirama meetodiga (ICP-OES) määramispiiriga 1000 µg/kg sette kuivkaalus. Seetõttu jääb valdav osa uusi mõõtetulemusi alla määramispiiri, mis on varasematest tulemustest oluliselt kõrgem, ning paljud uuemad seireandmed pole enam pikaajalise dünaamika analüüsis kasutamiseks sobivad.
6. Ainete puhul, mille tulemused jäävad sageli alla määramispiiri ja määramispiiri alandada pole võimalik, tuleks eelistatult seirata maatriksit, kus kontsentratsioonid jäävad sagedamini üle määramispiiri (nt PFOS puhul tuleks eelistada elustiku seiret sette seirele).
7. Analüüsi kvaliteedi tõstmiseks võiks ka välja selgitada metallide looduslik taustakontsentratsioon Eesti veekogudes.

**Tabel 57.** Saasteainete pikaajaline suundumus 1994.–2019. a andmete põhjal.

| Aine nimetus                                          | Kogum, kus suundumus leiti                              | Maatriks   | Pikaajaline suundumus<br>(analüüsitud kogumeid) |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------|
| <b>Raskmetallid</b>                                   |                                                         |            |                                                 |
| elavhõbe ja selle ühendid (Hg)                        | Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe<br>rannikuvesi              | kala maks  | <b>suureneb* (12)</b>                           |
| kaadmium ja selle ühendid (Cd)                        | Narva-Kunda lahe rannikuvesi                            | kala maks  | <b>väheneb (13)</b>                             |
| plii ja selle ühendid (Pb)                            |                                                         |            | ei leitud (13)                                  |
| <b>Tahtmatud põletuse kõrvalsaadused</b>              |                                                         |            |                                                 |
| dioksiinid ja dioksiinisarnased ühendid               |                                                         |            | ei leitud (7)                                   |
| dioksiinisarnased polüklooritud bifenüülid (PCB)      |                                                         |            | Pikaajalised andmed puuduvad                    |
| polüklooritud dibenso-p-dioksiinid (PCDD)             |                                                         |            | Pikaajalised andmed puuduvad                    |
| polüklooritud dibensofuraanid (PCDF)                  |                                                         |            | ei leitud (5)                                   |
| antratseen                                            |                                                         |            | ei leitud (5)                                   |
| fluoranteen                                           |                                                         |            | ei leitud (5)                                   |
| muud polüaromaatsed süsivesinikud (PAH)               | Emajõgi                                                 | sete       | <b>väheneb** (5)</b>                            |
| heksaklorobenseen (HCB)                               |                                                         |            | ei leitud (4)                                   |
| heksaklorobutadieen (HCBD)                            |                                                         |            | ei leitud (2)                                   |
| pentaklorobenseen (PeCB)                              | Narva-Kunda lahe rannikuvesi                            | kala lihas | <b>väheneb (2)</b>                              |
| <b>Tööstuskemikaalid</b>                              |                                                         |            |                                                 |
| bromodifenüüleetriite summa (PBDE)                    |                                                         |            | Pikaajalised andmed puuduvad                    |
| di(2-etüülheksüül)ftalaat (DEHP)                      |                                                         |            | Pikaajalised andmed puuduvad                    |
| heksabromotsüklododekaanid (HBCDD)                    |                                                         |            | Pikaajalised andmed puuduvad                    |
| kloroalkaanid, C <sub>10–13</sub>                     |                                                         |            | Pikaajalised andmed puuduvad                    |
| perfluorooktaansulfoonhape ja selle derivaadid (PFOS) |                                                         |            | Pikaajalised andmed puuduvad                    |
| <b>Tõrjemürgid</b>                                    |                                                         |            |                                                 |
| dikofool                                              |                                                         |            | <b>ei muutu***</b>                              |
| heksaklorotsükloheksaan (HCH)                         | Narva-Kunda lahe rannikuvesi,<br>Pärnu lahe rannikuvesi | kala lihas | <b>väheneb (7)</b>                              |
| heptakloor ja heptakloorepoksiid                      | Pärnu lahe rannikuvesi                                  | kala lihas | <b>väheneb (2)</b>                              |
| kinoksüfeen                                           |                                                         |            | <b>ei muutu***</b>                              |
| tributüültina ja selle ühendid (TBT)                  |                                                         |            | ei leitud (1)                                   |

\* Suundumus leiti aastate 1999.–2011. kohta, hiljem sama maatriksit selles kogumis seiratud pole.

\*\* Käib PAH summa ja benso(a)püreeni sisalduste kohta. Benso(b)fluoranteeni, benso(g,h,i)perüleeni ja benso(k)fluoranteeni puhul leiti kogumi Pihkva järv settes sisalduse suurenemine.

\*\*\* Kõik mõõtmised kõigis maatriksites on andnud alla määramispiiri jäävaid tulemusi v.a. üks dikofooli tulemus, mis oli üle määramispiiri.

## Viidatud allikad

- <sup>1</sup> Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2008/105/EÜ, 16. detsember 2008, mis käsitleb keskkonnakvaliteedi standardeid veepoliitika valdkonnas ning millega muudetakse nõukogu direktiive 82/176/EMÜ, 83/513/EMÜ, 84/156/EMÜ, 84/491/EMÜ, 86/280/EMÜ ja tunnistatakse need seejärel kehtetuks ning muudetakse direktiivi 2000/60/EÜ. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0105&from=ET>
- <sup>2</sup> Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2013/39/EL, 12. august 2013, millega muudetakse direktiive 2000/60/EÜ ja 2008/105/EÜ seoses veepoliitika valdkonna prioriteetsete ainetega <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0039&from=ET>
- <sup>3</sup> Määrus 28. 24.07.2019. Prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimekiri, prioriteetsete ainete, prioriteetsete ohtlike ainete ja teatavate muude saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused ning nende kohaldamise meetodid, vesikonnaspetsiifiliste saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused, ainete jälgimisnimekirjaga seotud tegevused. <https://www.riigiteataja.ee/akt/101082019021>
- <sup>4</sup> Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2000/60/EÜ, 23. oktoober 2000, millega kehtestatakse ühenduse veepoliitika alane tegevusraamistik <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0060&from=ET>
- <sup>5</sup> Guidance Document No: 25. Guidance on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive. European Union, 2010. <https://circabc.europa.eu/sd/a/7f47ccd9-ce47-4f4a-b4f0-cc61db518b1c/Guidance%20No%2025%20-%20Chemical%20Monitoring%20of%20Sediment%20and%20Biota.pdf>
- <sup>6</sup> Riiklik keskkonnaseire programm. Pinnavee seire allprogramm. Keskkonnaagentuur, 2019. [https://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/pinnavee\\_seire\\_allprogramm.docx](https://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/pinnavee_seire_allprogramm.docx)
- <sup>7</sup> Komisjoni direktiiv 2009/90/EÜ, 31. juuli 2009, millega sätestatakse vastavalt Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivile 2000/60/EÜ vee seisundi keemilise analüüsi ja seire tehnilised näitajad. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0090&qid=1587552981143&from=ET>
- <sup>8</sup> Ruumiliste loodusandmete statistiline analüüs. K. Remm, J. Remm, A. Kaasik. Tartu Ülikooli Ökoloogia ja Maateaduste Instituut, 2012. <http://hdl.handle.net/10062/26456>
- <sup>9</sup> Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuur. M. Laht, K. Lõhmus, G. Nurk, R. Rebane, M. Paju, K. Normak, V. Kõrgmaa, A. Sikk. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, 2018.