

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23

---

Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. xxx, 20xx

# Miljøfarlige forurenende stoffer 2023

NOVANA

Pia Lassen, Martin Mørk Larsen, Christian Kjær, Liselotte Sander Johansson, Jakob Strand, Zhanna Tairova, Peter Borgen Sørensen, Christian Frølund Damgaard

Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab og Institut for Ecoscience

Udkast

Revision:

## Datablad

25	Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. xxx
26		
27	Kategori:	Rådgivningsrapporter
28		
29	Titel:	Miljøfarlige forurenende stoffer 2023
30	Undertitel:	NOVANA
31	Forfatter(e):	Pia Lassen, Martin Mørk Larsen, Christian Kjær, Liselotte Sander Johansson, Jakob Strand, Zhanna Tairova, Peter Borgen Sørensen, Christian Frølund Damgaard
32		
33	Institution(er):	Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab og Institut for Ecoscience
34	Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
35	URL:	<a href="http://dce.au.dk">http://dce.au.dk</a>
36	Udgivelsesår:	Måned 20xx
37	Redaktion afsluttet:	x
38		
39	Faglig kommentering:	Rossana Bossi, Hans Sanderson, Kai Bester samt medforfattere
40	Kvalitetssikring, DCE:	Iben Boutrup Kongsfelt
41	Sproglig kvalitetssikring:	Medforfattere
42	Ekstern kommentering:	xxxxxxx. Kommentarerne findes her: <a href="http://dce2.au.dk/pub/komm/N2020_xxx_komm.pdf">http://dce2.au.dk/pub/komm/N2020_xxx_komm.pdf</a>
43		
44	Finansiell støtte:	Ingen ekstern finansiering
45	Bedes citeret:	Forfattere. 20xx. Titel. Undertitel. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 181 s. - Videnskabelig rapport nr. xxx <a href="http://dce2.au.dk/pub/SRxxx.pdf">http://dce2.au.dk/pub/SRxxx.pdf</a>
46		
47		
48		Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
49	Sammenfatning:	x
50	Emneord:	NOVANA, miljøfarlige forurenende stoffer, MFS
51	Layout:	Majbritt Pedersen-Ulrich
52	Illustrationer:	x
53	Foto forside:	x
54	ISBN:	978-87-7156-xxx-x
55	ISSN (elektronisk):	2244-9981
56	Sideantal:	181
57		
58		

# Indhold

60	<b>Forord</b>	<b>5</b>
61	<b>Sammenfatning</b>	<b>7</b>
62	<b>Summary</b>	<b>11</b>
63	<b>1 Overvågningsprogrammet</b>	<b>15</b>
64	<b>2 Miljøfarlige forurenende stoffer i NOVANA</b>	<b>19</b>
65	2.1 Metaller	19
66	2.2 PAHer	21
67	2.3 Aromatiske kulbrinter og kulbrinter	23
68	2.4 Organotin forbindelser	25
69	2.5 Polychlorerede biphenyler, PCB	26
70	2.6 Dioxiner og furaner	28
71	2.7 Bromerede flammehæmmere	29
72	2.8 Perfluorerede stoffer	31
73	2.9 Pesticider	33
74	2.10 Blødgørere	34
75	2.11 Phenoler	35
76	2.12 Halogerede alifatiske kulbrinter	37
77	2.13 Anioniske detergenter	38
78	2.14 Phosphor triestre	39
79	2.15 Halogenerede syrer	41
80	2.16 Ethere	42
81	2.17 Farmaceutiske stoffer	43
82	2.18 Østrogener	44
83	2.19 Biologiske effektmålinger	45
84	<b>3 Data for de enkelte medier 2023</b>	<b>48</b>
85	3.1 Marint miljø herunder biologiske effekter	48
86	3.2 Søer	60
87	3.3 Vandløb	85
88	3.4 Punktkilder	114
89	<b>4 Gennemgang af data for udvalgte parametergrupper på tværs af medierne.</b>	<b>135</b>
90	4.1 Metaller	136
91	4.2 PAHer	142
92	4.3 Organotin forbindelser	150
94	<b>5 Temaafsnit. Operationelle vandløbsstationer.</b>	<b>152</b>
95	<b>6 Referencer</b>	<b>158</b>
96	<b>Bilag 1 Oversigt over miljøfarlige forurenende stoffer målt i det nuværende NOVANA program</b>	<b>162</b>
97		
98	<b>Bilag 2 Andre marine vurderingskriterier</b>	<b>169</b>

99	<b>Bilag 3 Oversigt over stoffer med miljøkvalitetskriterier</b>	<b>172</b>
100	<b>Bilag 4 Risikokvotienter opdelt på regioner</b>	<b>175</b>
101		
102		

Udkast

## Forord

Denne rapport udgives af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet (DCE) som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA). NOVANA er fjerde generation af nationale overvågningsprogrammer, som med udgangspunkt i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram blev iværksat i efteråret 1998. Nærværende rapport omfatter data til og med 2023.

Overvågningsprogrammet er målrettet mod at tilvejebringe det nødvendige dokumentations- og vidensgrundlag til at understøtte Danmarks overvågningsbehov og -forpligtelser, bl.a. i forhold til en række EU-direktiver inden for natur- og miljøområdet. Programmet er løbende tilpasset overvågningsbehovene og omfatter overvågning af tilstand og udvikling i vandmiljøet og naturen, herunder den terrestriske natur og luftkvalitet.

DCE har som en væsentlig opgave for Ministeriet for Grøn Trepert og Miljøministeriet, at bidrage med forskningsbaseret rådgivning til styrkelse af det faglige grundlag for miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. Som led heri forestår DCE med bidrag fra Institut for Ecoscience og Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne ferske vande, marine områder, landovervågning, atmosfæren, arter og naturtyper samt miljøfarlige forurenende stoffer.

I overvågningsprogrammet er der en arbejds- og ansvarsdeling mellem fagdatacentrene og Styrelse for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø (SGAV) og Miljøstyrelsen (MST). Fagdatacentret for grundvand og borer er placeret hos De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), fagdatacentret for hydrologiske punktkilder hos SGAV, mens de øvrige fagdatacentre (vandløb, hydrometri og næringsstoftransport, søer, det marine, stofudvaskning fra dyrkede arealer (LOOP), biodiversitet og terrestrisk natur, luftkvalitet og miljøfarlige forurenende stoffer) er placeret hos DCE, Aarhus Universitet.

Denne rapport er udarbejdet af Fagdatacenter for Miljøfarlige forurenende stoffer. SGAV har haft mulighed for at kommentere på udkast til rapporten. Rapporten er baseret på data indsamlet af MST/SGAV og DCE. Rapporten beskriver udviklingen i den overordnede tilstand, men den forholder sig ikke til mål- og tilstandsvurderinger efter EU-direktiverne.

Dette års rapport er den første årlige rapport for miljøfarlige forurenende stoffer i overfladevand. Rapporten dækker data fra vandløb, søer, marine områder samt punktkilder. Gennemgang af MFS data for overfladevand har tidligere været afrapporteret i NOVANA rapporter for de respektive medier. Endvidere, er der tidligere lavet en samlerrapport for MFS over en længere tidsperiode med gennemgang

45 af alle MFS data i NOVANA. Den sidste rapport dækkede perioden  
46 2008-2019 (Boutrup et al. 2021).

47 I dette års rapport gennemgås årets indsamlede MFS data (2023) samt  
48 data for 2018-23 for de enkelte medier: marint, søer og vandløb samt  
49 punktkilder. Endvidere gennemgås data for fire stofgrupper på tværs  
50 af medier og år. Disse stofgrupper er metaller, polycycliske aromatiske  
51 hydrocarboner (PAHer), aromatiske kulbrinter samt organotin. Det er  
52 planen at der hvert år udvælges en række stofgrupper, som gennem-  
53 gås særskilt på tværs af medier. Endvidere indeholder rapporten et te-  
54 maafsnit, som foretager en sammenligning mellem kontrolstationer og  
55 operationelle stationer i vandløb.

56 Konklusionerne i denne rapport sammenfattes med konklusionerne  
57 fra de øvrige fagdatacenter-rapporter i 'Vandmiljø og Natur 2023', som  
58 udgives i et samarbejde mellem DCE, GEUS og SGAV.

## Sammenfatning

I forbindelse med etablering af det nuværende NOVANA program, NOVANA 2023-27, blev bla. miljøfarlige forurenende stoffer (MFS) udskilt i sit eget delprogram. MFS har tidligere været en del af delprogrammerne for de respektive medier, hvor prøverne bliver udtaget, dvs. vandløb, søer, hav og fjord samt punktkilder. I forbindelse med, at MFS fik sit eget delprogram, blev fagdatacenter for miljøfarlige forurenende stoffer etableret i 2024. Dette års rapport er den første årlige rapport for miljøfarlige forurenende stoffer i overfladevand. Rapporten dækker data for vandløb, søer, marine områder samt punktkilder.

Indsamling af data: I denne rapport er anvendt analyseresultater for MFS i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning for 2023 samt i perioden 2018-2023 for Søer, vandløb, marint og punktkilder. Endvidere er der for udvalgte stofgrupper (se afsnit om kapitel 4) hentet data længere tilbage i tiden primært tilbage til 2011/12, men for visse medier helt tilbage til 1998. Data for vandløb, søer og marint er hentet i VanDa/Miljøportalen. For punktkilder har MST stillet data til rådighed fra PULS.

Kapitel 2 omhandler korte beskrivelser af alle de stofgrupper, som indgår i NOVANA for overfladevand. Ved hver stofgruppe er angivet status inden for direktiver, lovgivning og konventioner. Der er under hver stofgruppe angivet eventuelle miljøkvalitetskrav til enkeltstoffer (Miljøministeriet 2023a). Beskrivelserne af de enkelte stofgrupper indeholder en beskrivelse af stoffernes anvendelse, stoffernes kemiske struktur, fysisk kemiske egenskaber, persistens, risiko og effekter i miljøet. Der er endvidere et afsnit om biologiske effektmålinger. Biologiske effektmålinger ligger ikke under delprogrammet MFS, men under det marine program, men da de biologiske effektmålinger er relevante i relation til de øvrige MFS data, sker rapporteringen i denne rapport.

Kapitel 3 præsenterer en gennemgang af analyseresultaterne af MFS i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning for 2023 samt i perioden 2018-2023 for Søer, vandløb, marint og punktkilder. I det omfang, der er tilstrækkeligt datagrundlag for det, er der foretaget en analyse af, om der er forskel på koncentrationerne for 2023 sammenlignet med 2018-2023. For alle data blev der beregnet fundprocent, median og maksimalkoncentration for 2023 datasættet og fundprocent, median, 90% percentil og maksimalkoncentration for 2018-2023 datasættet. For Søer, vandløb og marint blev enkeltmålinger sammenholdt med miljøkvalitetskravene (MKK) for at vurdere om der var tale om høje eller lave koncentrationer (Miljøstyrelsen 2023a). I nedenstående vil det primært være data for 2018-2023 der er gennemgået.

Marint: Der indgår prøver for muslinger, fisk og sedimenter i datasættet. Endvidere er der målt forskellige biologiske effekter. Indenfor det marine område sammenholdes medianværdierne, ud over miljøkvalitetskrav også med en række andre kriterier fra ICES og HELCOM:

104 EAC (Environmental Assessment Criteria), BAC (Background Assessment  
105 Criteria) samt EU fødevarekriterier. For muslinger var få værdier  
106 højere end MKK for kviksølv (2%), og for cadmium og bly var 7%  
107 af de målte koncentrationer højere end MKK. For alle tre metaller var  
108 koncentrationerne højere end BAC på mellem 21-100% af prøverne.  
109 For PAHer blev målt enkelte værdier højere end MKK for flourathen  
110 og benzo(b+j+k)flouranthen. For marine fisk sås højere koncentrationer  
111 end MKK for kviksølv (90%) samt for dioxiner/furaner, WHO TEQ  
112 PCDD/F (77%). Generelt sås ingen koncentrationsforskel ved sammenligning  
113 mellem 2023 og 2018-2023. For biologiske effektmålinger:  
114 PAH-specifikke effektindikatorer var over BAC. Biologiske effekter i  
115 blåmuslinger: Niveaulet af lysosomal membranstabilitet tydede ikke på  
116 væsentlig MFS-påvirkning af muslingerne. For undersøgelse af åle-  
117 kvabbeunger, viste en station (Kalboløbet) væsentlig miljøpåvirkning  
118 på fiskenes udvikling.

119 Søer: Der er målt på sediment og fisk fra søer under kontrol overvågning  
120 og den operationelle overvågning. Sedimentdata: For bly sås enkelte søer  
121 med koncentrationer højere end MKK, for vanadium var det 22% af søerne.  
122 For PAHerne er der enkelte søer med koncentrationer højere end MKK for  
123 anthracen, som er den eneste PAH med et sediment MKK. For summen af  
124 methylnaphthalener har ca. 72-73% af søerne koncentrationer højere end  
125 MKK. For nonylphenol var der kun en enkelt sø med højere koncentrationer  
126 end MKK. Fisk: for Kviksølv lå ca. halvdelen af søerne med koncentrationer  
127 højere end MKK og for PFOS var det ca. 10% af søerne. Der var generelt  
128 ikke forskel på koncentrationsniveauerne for prøver fra den operationelle  
129 overvågning og kontrolovervågningen. Bortset fra WHO PCB i fisk sås  
130 ingen signifikant forskel i niveauerne for 2023 sammenlignet med 2018-2023.  
131 For WHO PCB sås en klar stigning i koncentrationerne for 2023. En mulig  
132 teori er, at det kan skyldes langtransport af PCBer som følge af den  
133 kraftige stigning i skovbrande globalt.  
134

135 Vandløb: Der er målt på vand, sediment og biota. Der var ingen data  
136 for sedimentprøver i 2023, da alle analyseresultater var angivet til under  
137 detektionsgrænsen. For PAHerne var det angivet, at detektionsgrænsen  
138 var hævet på grund af interferens, om dette også er tilfældet for de andre  
139 stofgrupper, vides ikke. For vand sås koncentrationer højere end MKK  
140 for en række enkeltstationer for zink, kobber og bly. Barium havde median-  
141 koncentrationer højere end MKK. Der var ingen mediankoncentrationer over  
142 MKK for resten af stofferne i vand. For sediment (2018-2022) sås højere  
143 koncentrationer end MKK af antracen i 20-22% af stationerne. For aromatiske  
144 kulbrinter var der højere koncentrationer end MKK i 31% af prøverne for  
145 naphthalen og 67% af prøverne for de methylerede naphthalener på kontrol-  
146 stationer, men kun enkelte (17%) for de methylerede naphthalener på de  
147 operationelle stationer. For octylphenolerne var der i alt to stationer med  
148 værdier højere end MKK. For biota lå mediankoncentrationerne for kviksølv  
149 højere end MKK. Der var generelt ikke forskel på koncentrationsniveauerne  
150 for stationer fra den operationelle overvågning og kontrolovervågningen.  
151 Der sås ingen signifikant forskel i niveauerne for 2023, i det omfang  
152 der var data, sammenlignet med 2018-2023.  
153



154 Punktkilder: Der var prøver fra avanceret og mekanisk renseanlæg (til-  
155 og afløb), fra regnvandsbetinget udløb (RBU) separat kloak, spildevand  
156 og sediment for regnvandsbassin. For RBU fælleskloak var der  
157 ingen data for 2023. Generelt ses god tilbageholdelse og lave koncen-  
158 trationer ved udløb af langt de fleste stoffer ved renseanlæg. Effektivitet  
159 er forventelig lavere for mekaniske men her er indløbskoncentrationer  
160 også betydelig lavere. Enkelte stofgrupper giver dog udfordring, specielt  
161 de pharmaceutiske stoffer og de perfluorerede stoffer (PFAS). For begge  
162 stofgrupper er tilbageholdelsen ikke god, dvs. fundprocent og koncentrationer  
163 bliver ikke reduceret specielt meget i anlæggene. For avanceret anlæg ses  
164 dog en høj tilbageholdelse af de pharmaceutiske stoffer, 2-hydroxiibofen,  
165 ibuprofen, paracetamol og salicylsyre, baseret på både fundprocent og  
166 mediankoncentrationer (ved afløb 0,05-0,2 µg/l). Disse fire stoffer har også  
167 de højeste mediankoncentrationer for tilløb i avancerede renseanlæg med  
168 værdier på 11-46 µg/l, hvor resten af de målte farmaceutiske stoffer ligger  
169 mellem 0,04-0,8 µg/l. Samme tilbageholdelse ses ikke i de mekaniske anlæg.  
170 For flere PFAS er fundprocenten og koncentrationerne højere ved afløb  
171 end ved tilløb, hvilket kan skyldes en omdannelse i anlæggene af andre  
172 PFAS til de målte stoffer.  
173

174 I kapitel 4 er gennemgået data for fire stofgrupper på tværs af medier  
175 og år. Disse stofgrupper er metaller, polycykliske aromatiske hydrocarboner  
176 (PAHer), aromatiske kulbrinter samt organotin. Som en del af gennemgangen  
177 blev der beregnet risikokvotienter som forholdet mellem medianer og miljøkvalitetskrav/  
178 kriterier og opdelt på regioner med det formål at sammenligne data på tværs af  
179 medier/matricer og landområder. Region Syddanmark blev dog yderligere opdelt  
180 i Fyn og øerne samt Sønderjylland. Det er planen, at der hvert år udvælges  
181 en række stofgrupper indenfor NOVANAs MFS delprogram, som gennemgås  
182 særskilt i dette kapitel  
183

184 For metaller varierer trenden. Kviksølv og cadmium har både stigende  
185 og faldende tendenser, kobber kun faldende og bly kun stigende tendenser.  
186 Der er dog kun en til seks stationer med signifikante tidstrend i det marine  
187 program, men forventningen var at de alle skulle falde pga. indgreb. For  
188 Kviksølv, cadmium, bly og arsen er medianrisikokvotienterne større end 1  
189 eller tæt på i alle regioner, højest for arsen (50-180x) og Kviksølv (2-12x).  
190 Spildevand var generelt højere end vandløbsvand med en faktor 2-10, undtagen  
191 for arsen, hvor koncentrationen i spildevand er tilsvarende den i vandløbsvand.  
192 Dette indikerer, at der sandsynligvis er tale om naturlige koncentrationer af  
193 arsen, og at risikovurderingen for muslinger ikke tager hensyn til et højt  
194 baggrundsniveau, samt at det meste arsen i muslinger er organiske forbindelser  
195 der er meget mindre skadelige end uorganisk arsen, men metoderne viser  
196 total arsen.  
197

198 For PAH ses sammensætning og koncentrationsniveauer at være konstante  
199 for ferskvand og punktkilder, hvilket tyder på rimelig konstante diffuse  
200 kilder. For marine muslinger ses et fald gennem årene. Her er koncentrationerne  
201 ca. reduceret med 50% siden 1998. Tilsvarende sammenligning som for metaller  
202 på risikokvotienter blev også foretaget for

203 PAHerne. Her ses generelt en tendens til højere koncentrationer i Ho-  
204 vedstadsområdet specielt af de mindre PAHer, hvorimod de tungere  
205 PAHer er mere jævnt fordelt på landsplan. Værdierne er dog generelt  
206 langt under 1 for de fleste medianer bortset fra enkelte PAHer i mus-  
207 llinger og i spildevand afløb fra renseanlæg.

208 For organotin ses et fald i koncentrationen i det marine miljø. Det  
209 samme kraftige fald ses ikke for ferskvand. Imidlertid starter tidseri-  
210 erne i søer og vandløb reelt først omkring 2011/12 og på det tidspunkt  
211 er der allerede set en kraftig reduktion i organotin i miljøet baseret på  
212 målingerne i det marine miljø. Koncentrationerne af organotin i fersk-  
213 vand er dog generelt lave og under MKK.

214 Kapitel 5 indeholder et temaafsnit med sammenligning mellem kon-  
215 trolstationer og operationelle stationer i vandløb, baseret på biota data.  
216 Generelt ses der ikke en forskel mellem kontrolstationer og operatio-  
217 nelle stationer. Når der vurderes overfor oplandstyper, er der lavere  
218 værdier ved landbrugsoplande, hvilket nok hænger sammen med, at  
219 der primært er data for kviksølv for disse stationer, og landbrugsdrift  
220 ikke er en væsentlig kilde til kviksølv. Temaet for kapitel 5 vil hvert år  
221 blive fastlagt i samråd med SGAV.

222

223

## Summary

225 In connection with the establishment of the current NOVANA pro-  
226 gram, NOVANA 2023-27, environmentally hazardous pollutants  
227 (MFS) were separated into their own sub-program. MFS was previ-  
228 ously part of the sub-programs for the respective media where samples  
229 are taken, i.e., streams, lakes, sea and fjords as well as point sources.  
230 With MFS getting its own sub-program, the topic centre for environ-  
231 mentally hazardous pollutants was established in 2024. This year's re-  
232 port is the first annual report for environmentally hazardous pollu-  
233 tants in surface water. The report covers data for streams, lakes, marine  
234 areas, and point sources.

235 Data collection: This report uses analytical results for MFS from the  
236 control monitoring and the operational monitoring for 2023 and the  
237 period 2018-2023 for lakes, streams, marine, and point sources. Addi-  
238 tionally, for selected substance groups (see the section on chapter 4),  
239 data has been retrieved further back in time, primarily back to 2011/12,  
240 but for some media all the way back to 1998. Data for streams, lakes,  
241 and marine were retrieved from VanDa/Miljøportalen. For point  
242 sources, the Danish EPA provided data from PULS.

243 Chapter 2 contains brief descriptions of all the substance groups in-  
244 cluded in NOVANA for surface water. For each substance group the  
245 status within directives, legislation, and conventions is indicated. En-  
246 vironmental quality standards for individual substances are also indi-  
247 cated under each substance group (Miljøministeriet 2023a). The de-  
248 scriptions of the individual substance groups include a description of  
249 the substances' use, chemical structure, physical-chemical properties,  
250 persistence, risk, and effects in the environment. There is also a section  
251 on biological effect measurements. Biological effect measurements are  
252 not part of the MFS sub-program but are under the marine program.  
253 However, since the biological effect measurements are relevant in re-  
254 lation to the other MFS data, the reporting is included in this report.

255 Chapter 3 presents a review of the analytical results of MFS in the con-  
256 trol monitoring and operational monitoring for 2023 and the period  
257 2018-2023 for lakes, streams, marine, and point sources. Where there is  
258 sufficient data, an analysis has been made to see if there is a difference  
259 in concentrations for 2023 compared to 2018-2023. For all data were the  
260 following calculated: the detection percentage, median, and maximum  
261 concentration for the 2023 dataset and detection percentage, median,  
262 90% percentile, and maximum concentration for the 2018-2023 dataset.  
263 For lakes, streams, and marine, individual measurements were com-  
264 pared with environmental quality standards (EQS) to assess whether  
265 there were high or low concentrations (Miljøministeriet 2023a). In the  
266 following review of the data, the primary focus will be on data for  
267 2018-2023.

268 Marine areas: The dataset includes samples for mussels, fish, and sed-  
269 iments. Various biological effects were also measured. For the marine  
270 data, median values are compared, in addition to environmental qual-  
271 ity standards, with several other criteria from ICES and HELCOM:  
272 EAC (Environmental Assessment Criteria), BAC (Background Assess-  
273 ment Criteria), and EU food criteria. For mussels, few values were  
274 higher than EQS for mercury (2%), and for cadmium and lead, 7% of  
275 the measured concentrations were higher than EQS. For all three met-  
276 als, concentrations were higher than BAC in 21-100% of the samples.  
277 For PAHs, individual values higher than EQS were measured for fluo-  
278 ranthene and benzo(b+j+k)fluoranthene. For marine fish, higher con-  
279 centrations than EQS were found for mercury (90%) and for diox-  
280 ins/furans, WHO TEQ PCDD/F (77%). Generally, no concentration  
281 difference was seen when comparing 2023 to 2018-2023. For biological  
282 effect measurements: PAH-specific effect indicators were above BAC.  
283 Biological effects in blue mussels: The level of lysosomal membrane  
284 stability did not indicate significant MFS impact on the mussels. For  
285 the study of eel pout offspring, one station (Kalboløbet) showed signif-  
286 icant environmental impact on the fish's development.

287 Lakes: Sediment and fish from lakes were measured under the control  
288 monitoring and the operational monitoring. Sediment data: For lead,  
289 some lakes had concentrations higher than EQS, for vanadium it was  
290 22% of the lakes. For PAHs, some lakes had concentrations higher than  
291 EQS for anthracene, which is the only PAH with a sediment EQS. For  
292 the sum of methylnaphthalenes, about 72-73% of the lakes had concen-  
293 trations higher than EQS. For nonylphenol, only one lake had higher  
294 concentrations than EQS. Fish: for mercury, about half of the lakes had  
295 concentrations higher than EQS, and for PFOS, it was about 10% of the  
296 lakes. There was generally no difference in concentration levels for  
297 samples from the operational monitoring and the control monitoring.  
298 Except for WHO PCB in fish, no significant difference in levels was  
299 seen for 2023 compared to 2018-2023. For WHO PCB, a clear increase  
300 in concentrations was seen for 2023. A possible theory is that it may be  
301 due to long-range transport of PCBs as a result of the high increase  
302 globally in forest fires.

303 Streams: Water, sediment, and biota were measured. There were no  
304 data for sediment samples in 2023, as all analysis results were below  
305 the detection limit. For PAHs, it was indicated that the detection limit  
306 was raised due to interference, whether this is also the case for the  
307 other substance groups is unknown. For water, concentrations higher  
308 than EQS were found for several individual stations for zinc, copper,  
309 and lead. Barium had median concentrations higher than EQS. There  
310 were no concentrations above EQS for the rest of the substances in wa-  
311 ter. For sediment (2018-2022), higher concentrations than EQS were  
312 found for anthracene at 20-22% of the stations. For aromatic hydrocar-  
313 bons, higher concentrations than EQS were found in 31% of the sam-  
314 ples for naphthalene and 67% of the samples for methylated naphtha-  
315 lenes at control stations, but only a few (17%) for methylated naphtha-  
316 lenes at operational stations. For octylphenols, there were a only two  
317 stations with values higher than EQS. For biota, median concentrations

318 for mercury were higher than EQS. There was generally no difference  
319 in concentration levels for stations from operational monitoring and  
320 control monitoring. No significant difference in levels was seen for  
321 2023, where data were available, compared to 2018-2023.

322 Point Sources: Samples were taken from advanced and mechanical  
323 treatment plants (inlet and outlet), from rainwater runoff (RBU) sepa-  
324 rate sewer, wastewater, and sediment for rainwater basin. For RBU  
325 combined sewer, there were no data for 2023. Generally, good reten-  
326 tion and low concentrations are seen at the outlet of most substances  
327 at treatment plants. Efficiency is expected to be lower for mechanical  
328 plants, but here the inlet concentrations are also significantly lower.  
329 Some substance groups, however, pose challenges, especially pharma-  
330 ceutical substances and perfluorinated substances (PFAS). For both  
331 substance groups, retention is not good, i.e., detection percentage and  
332 concentrations are not significantly reduced in the plants. For ad-  
333 vanced plants, however, high retention of pharmaceutical substances,  
334 2-hydroxyibuprofen, ibuprofen, paracetamol, and salicylic acid, is seen  
335 based on both detection percentage and median concentrations (at out-  
336 let 0.05-0.2 µg/l). These four substances also have the highest median  
337 concentrations among the pharmaceutical substances for inlet in ad-  
338 vanced treatment plants with values of 11-46 µg/l, where the rest of  
339 the measured pharmaceutical substances range between 0.04-0.8 µg/l.  
340 The same retention is not seen in mechanical plants. For several PFAS,  
341 the detection percentage and concentrations are higher at the outlet  
342 than at the inlet, which may be due to transformation in the plants of  
343 other PFAS into the measured substances.

344 Chapter 4 reviews data for four substance groups across media and  
345 years. These substance groups are metals, polycyclic aromatic hydro-  
346 carbons (PAHs), aromatic hydrocarbons, and organotin. As part of the  
347 review, risk quotients were calculated as the ratio between medians  
348 and environmental quality standards/criteria and divided by regions  
349 with the aim of comparing data across media/matrices and regions.  
350 Region of Southern Denmark was further divided into Fyn and the is-  
351 lands, and Southern Jutland for this evaluation. The plan is that se-  
352 lected substance groups within NOVANA's MFS sub-program which  
353 will be reviewed separately each year in this chapter.

354 For metals, the trend varies. Mercury and cadmium have both increas-  
355 ing and decreasing trends, copper only decreasing, and lead only in-  
356 creasing trends. However, there are only 1-6 stations with significant  
357 time trends in the marine program, but the expectation was that they  
358 should all decrease due to interventions. For mercury, cadmium, lead,  
359 and arsenic, the median risk quotients are greater than 1 or close to in  
360 all regions, highest for arsenic (50-180x) and mercury (2-12x).  
361 Wastewater was generally higher than stream water by a factor of 2-  
362 10, except for arsenic, where the concentration in wastewater is similar  
363 to that in stream water. This indicates that there are likely natural con-  
364 centrations of arsenic, and the risk assessment for mussels does not  
365 take into account a high background level, and that most arsenic in

366  
367

mussels is organic compounds that are much less harmful than inorganic arsenic, but the methods show total arsenic.

368  
369  
370  
371  
372  
373  
374  
375  
376  
377

For PAHs, the composition and concentration levels are constant for freshwater and point sources, indicating reasonably constant diffuse sources. For marine mussels, a decrease is seen over the years. Here, concentrations have been reduced by about 50% since 1998. The risk quotients were also calculated for PAHs. Here, a general trend towards higher concentrations is seen in the Capital Region, especially for the smaller PAHs, whereas the heavier PAHs are more evenly distributed nationwide. However, the values of the median risk quotients are generally well below 1 for most medians, except for a few PAHs in wastewater effluent from treatment plants.

378  
379  
380  
381  
382  
383  
384

For organotin, a decrease in concentration is seen in the marine environment. The same significant decrease was not found for freshwater. However, the time series in lakes and streams effectively start around 2011/12, and by that time, a significant reduction in organotin in the environment had already been observed based on measurements in the marine environment. The concentrations of organotin in freshwater are generally low and below EQS.

385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392

Chapter 5 contains a thematic section comparing control stations and operational stations in streams, based on biota data. Generally, no difference is seen between control stations and operational stations. When assessed against catchment types, lower values are seen in agricultural catchments, which is likely related to the fact that there is primarily data for mercury for these stations, and agricultural activities are not a significant source of mercury. The theme for Chapter 5 will be determined annually in coordination with SGAV.

393

394

# 1 Overvågningsprogrammet

396 Overvågningen af miljøfarlige forurenende stoffer (MFS) i overflade-  
397 vand har været en del af det danske overvågningsprogram siden det  
398 første landsdækkende overvågningsprogram, NOVA 2003, blev igang-  
399 sat i 1998. Prøvetagningen sker i marine miljøer og i ferskvandsmiljøer  
400 samt ved punktkilder. Der foreligger også målinger af MFS fra før 1998.  
401 Disse blev udført som en del af amternes regionale tilsyn. I 2004 blev  
402 overvågningsprogrammet udvidet til også at omfatte overvågning af  
403 arter og naturtyper og skiftede navn til NOVANA. NOVANA pro-  
404 grammet er blevet opdateret ca. hver femte år og er pt. navngivet NO-  
405 VANA 2023-27 og kan findes her: [https://www2.mst.dk/Udgiv/pub-  
406 likationer/2023/09/978-87-7038-556-5.pdf](https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-556-5.pdf).

407 I den nuværende programbeskrivelse, NOVANA 2023-27, blev bla.  
408 MFS udskilt i et særskilt delprogram. MFS har tidligere været en del af  
409 delprogrammerne for de respektive medier, hvor prøverne bliver ud-  
410 taget, dvs. vandløb, søer, hav og fjord samt punktkilder.

411 Det nuværende program er opdelt i en række delprogrammer: Hav og  
412 fjorde, søer, vandløb, stoftransport og landovervågning, MFS og  
413 punktkilder, grundvand, terrestriske naturtyper og arter, samt luft.

414 Formålet med NOVANA programmet er (NOVANA 2023-27):NO-  
415 VANA skal understøtte nationale prioriterede behov for overvågnings-  
416 data om påvirkning, tilstand og udvikling i naturen og miljøet i  
417 Danmark.

418 Programmet skal bidrage til opfyldelse af forpligtelser i EU-regulering,  
419 dansk lov og internationale konventioner om overvågning af natur,  
420 vandmiljø og luft samt behovet for viden i forbindelse med de natio-  
421 nale vandområde- og Natura 2000-planer. Hertil kommer andre natio-  
422 nale forvaltningsmæssige behov på bl.a. drikkevands- og pesticidom-  
423 rådet. I prioriteret rækkefølge er disse:

- 424 1. Danmarks forpligtelser i henhold til EU-lovgivningen
- 425 2. National lovgivning og forvaltningsmæssige behov
- 426 3. Internationale konventioner.

427 For MFS kan dette oplistes til følgende:

- 428 • Vandrammedirektivet (2000/60/EF), som er implementeret i  
429 den danske lovgivning i Miljømålsloven og Lov om vandplan-  
430 lægning (Miljøministeriet 2023b; Miljø- og Fødevarerministe-  
431 riet 2021).
- 432 • Direktiv om miljøkvalitetskrav inden for vandpolitikken  
433 (2008/105/EF). Dette er udmøntet i Bekendtgørelse om fast-  
434 læggelse af miljøkvalitetskrav (Miljøministeriet 2023a)

- 435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451  
452  
453  
454
- Europa-Kommissionens gennemførelsesafgørelse (EU) 2022/1307 (observationslisten) om "nye" miljøfarlige forurenende stoffer. Her skal de enkelte lande indsamle data med henblik på at danne et vidensgrundlag for, om stofferne skal tilføjes listen over prioriterede stoffer. Listen skal ajourføres hvert andet år (EU 2022a).
  - Tillægsaftale til Pesticidstrategi 2017-2021, fortsat gældende i 2024
  - Forordning om persistente organiske miljøgifte (POP) (EU) 2019/1021, Stockholm konventionen (EU 2019)
  - HELCOM-konventionen (1992). Omhandler overvågning af det baltiske område
  - OSPAR-konventionen (1992). Omhandler overvågning i Nordsø-området
  - Byspildevandsdirektivet 91/271/EØF (kun punktkilder). Dette er udmøntet i bekendtgørelse om spildevandtilladelser. (Miljø- og ligestillingsministeriet 2024)
  - Bekendtgørelse om kvalitetskrav for skaldyrvande, nr. 794 af 13/06/2023 (Miljø- og Ligestillingsministeriet 2023c). Også kaldet Skaldyrvandebekendtgørelsen.

455  
456  
457  
458  
459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467

Mere konkret skal overvågningen af MFS tilvejebringe viden om forekomsten af MFS i marine områder, søer og vandløb samt i udledningen fra punktkilder. Overvågningsdata skal hermed bidrage til at beskrive den kemiske og økologiske tilstand samt udvikling i marine og ferske vandområder for at opfylde forpligtigelser i vandrammedirektivet m.m. Desuden skal overvågningen af MFS i overfladevand og punktkilder danne grundlag for forvaltningsmæssige tiltag i forbindelse med vandområdeplanlægningen og øvrige nationale handlingsplaner, samt dokumentere effekterne heraf. Overvågningen af MFS fra punktkilder skal også klarlægge hvilke MFS, der udledes i betydende mængder til marine og ferske vandområder. Resultaterne af overvågning ved punktkilder skal bidrage til at justere overvågningen af MFS i disse områder. Desuden anvendes resultaterne til kildeopsporing.

468  
469  
470

Data fra overvågningen af MFS i overfladevand indgår i udviklingen af modeller, der på sigt kan muliggøre vurderingen af miljøtilstanden i vandområder, der ikke er inkluderet i overvågningen.

471  
472  
473  
474  
475  
476  
477  
478  
479  
480  
481

Selve overvågningen af MFS omfatter organiske stoffer og metaller (uorganiske stoffer), som ikke er naturligt forekommende, eller som er til stede i koncentrationer, der er højere end de naturligt forekommende koncentrationer, og som kan være skadelige for natur, miljø og menneskers sundhed. Alle miljøfarlige forurenende stoffer i overvågningsprogrammet er udvalgt på baggrund af viden om deres forekomst og potentiale for at blive ophobet i fødekæden og risikoen for at forårsage skadelige effekter i miljøet. Overvågningen foretages ved analyse af prøver fra vandfasen, sedimentfasen og biota. Vandopløselige stoffer måles i vandfasen, og stoffer som primært er partikelbundne måles i sedimentprøver. I fisk (biota) måles stoffer som



482 bioakkumuleres. Enkelte stofgrupper måles i marine muslinger, bla.  
483 PAHer, som nedbrydes i fisk men ikke i muslinger. Der indgår 18 stof-  
484 grupper og ca. 200 forskellige stoffer i delprogrammet for MFS, se bilag  
485 1. Den samlede liste over analyserede parametre kan også findes i pro-  
486 grambeskrivelsen for NOVANA 2023-2027  
487 ([https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-](https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-556-5.pdf)  
488 [556-5.pdf](https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-556-5.pdf)).

489 Overvågningen af miljøfarlige forurenende stoffer i overfladevand i  
490 det nuværende program inkluderer følgende matricer i de forskellige  
491 medier:

- 492 • Punktkilder – spildevand (tilløb, afløb) regnbetingede udlednin-  
493 ger samt sediment fra bassiner til regnbetingede udledninger.
- 494 • Vandløb – vand, sediment og fisk
- 495 • Søer – sediment og fisk
- 496 • Marine områder – sediment, muslinger og fisk

497 Ved overvågningen af MFS i overfladevand opdeles prøvetagningssta-  
498 tionerne efter formål. Det omfatter kontrolovervågning, operationel  
499 overvågning og anden overvågning. En tilsvarende opdeling kan dog  
500 ikke bruges i forbindelse med overvågningen ved punktkilder.

501 Kontrolovervågning skal give et generelt overblik over vandområdets  
502 miljøtilstand og udvikling i forhold til påvirkningen fra MFS. Kontrol-  
503 overvågningen kan dermed beskrive eventuelle langtidsændringer,  
504 som skyldes naturlige og/eller menneskeskabte forhold.

505 Den operationelle overvågning skal primært levere data, der beskriver  
506 tilstanden i vandområder, der er i risiko for at overskride de fastsatte  
507 miljømål på grund af en mulig MFS-påvirkning. Desuden skal den  
508 operationelle overvågning undersøge vandområder hvor tilstanden er  
509 ukendt. Endelig skal den operationelle overvågning danne grundlag  
510 for en vurdering og beregning af indsatsbehovet, og den skal kunne  
511 eftervise effekten af forvaltningsmæssige tiltag (indsatsprogrammer).

512 Anden overvågning omfatter øvrige undersøgelser af MFS herunder  
513 screeningsundersøgelser, som blandt andet skal levere data om stof-  
514 ferne på EU's observationsliste.

515 Overvågningen er fastlagt på geografisk definerede stationer, som  
516 samlet set skal søge at dække vandområderne i Danmark. Der udtages  
517 ikke prøver fra alle stationerne hvert år. Kontrolovervågningsstatio-  
518 nerne bliver udtaget med en fastlagt frekvens, således at alle stationer  
519 har fået udtaget prøver i løbet af en 5-årig periode. For det marine er  
520 der dog tre stationer, som bliver udtaget hvert år. For de operationelle  
521 stationer afhænger prøvetagningsfrekvensen af det specifikke formål,  
522 men der bliver udtaget en række stationer hvert år. Der er fastlagt må-  
523 leprogrammer for hvilke stoffer, der bliver målt for på henholdsvis  
524 kontrolovervågningsstationer og operationelle stationer. Der er i det  
525 nuværende program udpeget 72 kontrolovervågningsstationer og 271

526 operationelle stationer i det marine miljø. For søer er der udpeget 70  
527 kontrolovervågningsstationer og 64 operationelle stationer og for  
528 vandløb er der 25 kontrolovervågningsstationer og 195 operationelle  
529 stationer.

530 Punktkilder er opbygget efter en anden struktur. Her er opdelingen  
531 under NOVANA ud fra punktkildetypen. Det omfatter større avance-  
532 rede renseanlæg, mekaniske renseanlæg, som er mindre renseanlæg  
533 uden væsentlig tilledning af spildevand fra industri, og regnbetingede  
534 anlæg (RBU), som opdeles i RBU fælleskloak (overløb), separate  
535 regnvandsudledninger samt sediment i regnvandsbassin. I delpro-  
536 grammet for punktkilde er der også fastlagt stationer (anlæg) ud fra  
537 ovennævnte opdeling, hvorfra der udtages prøver årligt.

## 2 Miljøfarlige forurenende stoffer i NOVANA

538  
539

540 *Pia Lassen, Jakob Stand og Zhanna Tairova*

541 Dette kapitel indeholder korte beskrivelser af de stofgrupper, som  
542 indgår i NOVANA for overfladevand. Ved hver stofgruppe er angivet  
543 status inden for direktiver, lovgivning og konventioner. Der er under  
544 hver stofgruppe angivet eventuelle miljøkvalitetskrav til enkeltstoffer  
545 (Miljøministeriet 2023a). Andre internationale vurderingskriterier for  
546 det marine område er angivet i bilag 2. Det drejer sig især om OSPAR  
547 og HELCOM vurderingskriterier.

548 Beskrivelserne af de enkelte stofgrupper indeholder et overblik over  
549 stoffernes anvendelse, stoffernes kemiske struktur, fysisk kemiske  
550 egenskaber, persistens, dvs. hvor let stoffet bliver nedbrudt i miljøet,  
551 samt risiko og effekter i miljøet. De fysisk kemiske egenskaber er pri-  
552 mært angivet som vandopløselighed og  $\text{LogK}_{ow}$ .  $\text{LogK}_{ow}$  er er logarit-  
553 men af vand-octanol forholdet, som siger noget om, hvor let stoffet op-  
554 løses i organisk solvent. Jo højere  $\text{LogK}_{ow}$  desto højere fedtopløselig-  
555 hed. Begge egenskaber kan give en indikation om stoffets skæbne. Høj  
556 vandopløselighed betyder, at stoffet er mere mobilt og har højere risiko  
557 for transport til eksempelvis grundvandet. Høj vandopløselighed og  
558 en  $\text{LogK}_{ow}$  på 1-3 betyder, at stoffet har større biotilgængelighed. Ved  
559  $\text{LogK}_{ow}$  større end 3, er der risiko for bioakkumulering.

560 I denne rapport indgår også biologiske effektmålinger. Disse er ligele-  
561 des beskrevet i dette kapitel. Biologiske effektmålinger ligger ikke un-  
562 der delprogrammet MFS, men under det marine program. Det er dog  
563 besluttet, at data skal rapporteres i denne rapport.

### 2.1 Metaller

564 Metaller findes naturligt i jordens geologiske udgangsmateriale og fri-  
565 gives herfra ved kemiske, fysiske og biologiske nedbrydningsproces-  
566 ser. Siden midten af det forrige århundrede har menneskets industri-  
567 elle aktiviteter resulteret i, at metaller bundet i fossile brændstoffer og  
568 andre geologiske materialer er frigivet til miljøet. Dette har medført en  
569 global spredning af metaller via atmosfærisk nedfald eller lokal foru-  
570 rening, såsom anvendelse af restprodukter som slagge og flyveaske  
571 fra kraftvarmeværker og affaldsforbrændingsanlæg. Metaller indgår  
572 også i handelsgødning, både som kontaminering og mikronærings-  
573 stoffer. Kobber og zink kan frigives til miljøet via husdyrgødning da  
574 disse anvendes som fodertilskud. Sænkning af grundvandsspejlet kan  
575 betyde, at der frigives tungmetaller og andre uorganiske sporstoffer til  
576 grundvand og overfladevand.  
577

578 Den menneskeskabte forurening stammer således både fra diffus for-  
579 urening og fra punktkilder. De koncentrationer, der måles ved over-  
580 vågningen, er således en sum af de naturlige baggrunds-

581 koncentrationer og de koncentrationer, der er tilført som følge af men-  
582 neskelige aktiviteter.

583 Med tungmetaller menes i denne sammenhæng bly, cadmium, krom,  
584 kobber, nikkel og zink. Der er ikke en entydig definition af tungmetal-  
585 ler, men oprindeligt blev det brugt som betegnelse for metaller, der har  
586 større massefylde end jern. I daglig tale anvendes tungmetaller som  
587 samlebetegnelse for miljøfarlige forurenende metaller og halvmetaller  
588 (arsen).

589 Metallerne kan inddeles i tre grupper:

- 590 • De toksiske, der har sundheds- og miljømæssigt skadelige ef-  
591 fecter, selv ved små indtag (bl.a. arsen, bly, cadmium, kvik-  
592 sølv)
- 593 • De essentielle, der omfatter stoffer, som er nødvendige for alle  
594 levende organismer i små mængder, men som er sundheds-  
595 skadelige og økotoksiske i større koncentrationer (bl.a. nikkel,  
596 krom, kobber, zink)
- 597 • Stoffer, som normalt ikke optræder i så høje koncentrationer,  
598 at de udgør et problem, men som under særlige omstændighe-  
599 der kan have både human-og økotoksikologiske effekter  
600 (GEUS 2004).

601 Ved forhøjede niveauer er alle tungmetaller skadelige for organismer i  
602 vandmiljøet. Kviksølv og cadmium er begge giftige i meget lave kon-  
603 centrationer for de fleste former af liv og opkoncentreres bl.a. i leveren.  
604 Hverken cadmium, kviksølv eller bly har nogen kendt nyttevirkning i  
605 organismer. Nikkel, kobber og zink er nødvendige mikronæringsstof-  
606 fer, dog med snævre grænser mellem nytte- og skadevirkning.

607 Metaller bliver målt i muslinger og sediment i det marine miljø, sedi-  
608 ment i søer, vand i vandløb samt i spildevand og slam for punktkilder.

### 609 **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**

610 Overvågning af metaller indgår i følgende direktiver, lovgivning og  
611 konventioner:

612 Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter føl-  
613 gende metaller: Bly, cadmium, kviksølv og nikkel.

614 OSPAR's liste over "chemicals for priority action" (OSPAR 2019) om-  
615 fatter bly, cadmium og kviksølv i marint sediment og biota.

616 HELCOM's liste over prioriterede stoffer omfatter kviksølv og cad-  
617 mium. HELCOM opgør tilførslen af kviksølv, cadmium, og bly til det  
618 baltiske havområde (HELCOM, 2018).

619 I tabel 2.1 er angivet miljøkvalitetskrav for metaller. For andre vurde-  
620 ringskriterier henvises til bilag 2.

**Tabel 2.1.** Miljøkvalitetskrav for metaller i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand (µg/l)				Sediment		Biota	
	Generelt miljøkvalitetskrav		Maksimumkoncentration		mg/kg TS		µg/kg VV	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin
Antimon (Sb)	113	11,3	177	177				
Arsen (As)	4,3	0,6 <sup>3</sup>	43	1,1 <sup>3</sup>				
Barium (Ba)	19 <sup>3</sup>	5,8 <sup>3</sup>	145	145				
Bly (Pb)	1,2 <sup>4</sup>	1,3	14	14	163	163	110	110
Bor (B)	94 <sup>3</sup> (20.000) <sup>2</sup>	94 <sup>3</sup> (20.000) <sup>2</sup>	2.080 <sup>3</sup>	2.080 <sup>3</sup>			5.480	5.480
Cadmium (Cd)	≤ 0,08-0,25 <sup>1,3</sup>	0,2 <sup>3</sup>	≤ 0,45-1,5 <sup>1,3</sup>	≤ 0,45-1,5 <sup>1,3</sup>	3,8 <sup>3,4</sup>	3,8 <sup>3,4</sup>	160	160
Kobber (Cu)	1 <sup>3,4</sup> (4,9) <sup>2</sup>	1 <sup>3</sup> (4,9) <sup>2</sup>	2 <sup>3</sup> (4,9) <sup>2</sup>	2 <sup>3</sup> (4,9) <sup>2</sup>				
Krom (Cr)	Cr VI: 3,4 Cr III: 4,9	Cr VI: 3,4 Cr III: 3,4	Cr VI: 17 Cr III: 124	Cr VI: 17 Cr III: 124				
Kviksølv (Hg)			0,07	0,07			20	20
Molybdæn (Mo)	67	6,7 <sup>3</sup>	587	587				
Nikkel (Ni)	4 <sup>4</sup>	8,6	34	34				
Selen (Se)	0,1 <sup>3</sup>	0,08 <sup>3</sup>	31 <sup>3</sup>	31 <sup>3</sup>				
Sølv (Ag)	0,017 <sup>3</sup>	0,2 <sup>3</sup>	0,36 <sup>3</sup>	1,2 <sup>3</sup>	30*foc	260*foc		
Tin (Sn)	2	0,2	20	20				
Vanadium (V)	4,1 <sup>3</sup>	4,1 <sup>3</sup>	57,8	57,8	23,6 <sup>3</sup>	23,6 <sup>3</sup>	122	122
Zink (Zn)	7,8 <sup>3,4</sup> (3,1) <sup>3,5</sup>	7,8 <sup>3</sup>	8,4 <sup>3</sup>	8,4 <sup>3</sup>				

1: Kvalitetskravene er graderede afhængig af vandets hårdhed

2: Højest tilladte koncentration

3: Kvalitetskravet er værdien tilføjet den naturlige baggrundskoncentration

4: Gælder for den biotilgængelige koncentration, men ikke i kombination med 3).

621  
622  
623  
624  
625  
626  
627  
628  
629

For miljøkvalitetskrav for metaller i overfladevand, som er vist i tabel 2.1 gælder det, at kvalitetskravene i vandfasen er gældende for den opløste fraktion (Miljøministeriet 2023a). Der er under tabellen angivet, om der tages hensyn til den naturlige baggrundskoncentration samt om kravet gælder for den bioopløselige fraktion ved vurdering af overholdelse af miljøkvalitetskravet. foc er fraktion af organisk kulstof i sedimentet. Hvis indholdet af organisk kulstof i det givne sediment er ukendt, kan en EU-standardværdi for sedimentets indhold af organisk kulstof på 5 % anvendes.

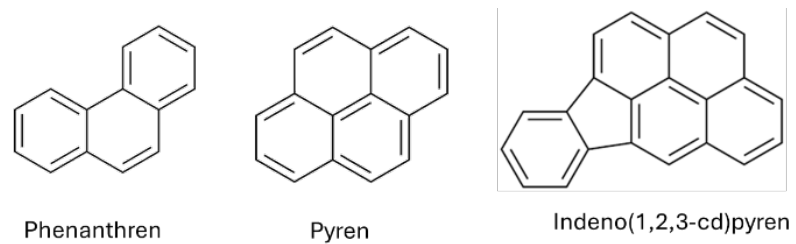
630  
631  
632  
633  
634  
635  
636  
637  
638  
639  
640  
641  
642  
643

## 2.2 PAHer

Polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH) kaldes også tjærestoffer. Det er en stofgruppe, der, som navnet antyder, er opbygget af flere aromatiske ringe. Det drejer sig primært om 6-leddet ringe, svarende til benzen, men 5-leddet kan også forekomme. Dette giver en stabil og samtidig flad struktur af molekylerne. (eksempler kan ses i figur 2.1). Udover den sammensatte ringstruktur kan også andre stofgrupper, typisk alkylgrupper såsom metyl, være bundet til ringene. Der findes flere hundrede PAHer i stofgruppen. Stofgruppen har generelt høj LogK<sub>ow</sub> og LogK<sub>oc</sub> (affinitet for organisk materiale), hvilket betyder lav vandopløselighed, grænsende til ikke-opløselig og høj affinitet til at binde til organisk materiale i sediment og jord. Værdierne er korreleret til størrelsen af molekylerne, jo flere ringe der er bundet sammen, desto lavere vandopløselighed og desto højere affinitet for organisk

644  
645  
646

materiale.  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  ligger fra ca. 4 for de tre-ringede op til ca. 7 for de 6-7 ringede PAHer. Vandopløselighed ligger fra ca. 4 mg/L for de tre-ringede og ned til 0,0002 mg/L for de syv-ringede PAHer.



**Figur 2.1.** Eksempler på kemiske strukturer af PAHer

647  
648  
649  
650  
651  
652  
653  
654  
655  
656  
657  
658

PAHer findes naturligt i råolie. Ved raffinering af olien, stiger koncentrationen af PAHer, jo tungere olien er. Tjære har således et højt indhold af PAHer. PAHer dannes også ved afbrænding, det gælder både menneskeskabte afbrændinger af fossile brændstoffer, såsom kul, olie og trafikrelateret forurening, men også naturlige afbrændinger såsom skovbrænde, er kilder. Forureningen kan deles i en diffus forurening, stammende fra deposition fra luften, samt i forurening fra olieholdige produkter. Lokale hotspots kan også forekomme, såsom forurening fra gasværksgrunde, nedgravede olietanke osv. Primære kilder til vandmiljøet stammer fra veje herunder dækslid, spildevand, oliespild i forbindelse med skibstrafik samt diffus forurening stammende fra luftforurening (trafik og afbrænding).

659  
660  
661

PAHer er langsomt nedbrydelige, men kan nedbrydes mikrobiologisk. Persistensen stiger med stigende antal ringe. PAHer bliver klassificeret som POP stoffer.

662  
663

PAHer er som sådan ikke biomagnificerbare, da vertebrater, såsom fisk, kan omdanne PAHerne. Invertebrater kan ikke omdanne PAHer.

664

En række af PAHerne er genotoksiske og kræftfremkaldende.

665  
666  
667

Regulering /prioritering: PAH er prioriteret under vandrammedirektivet, i dansk lovgivning og under ICES og Helcom. Der er miljøkvalitetskrav på 11 PAHer.

668  
669  
670  
671  
672

I NOVANA programmet måles 22 PAHer, inklusiv flere methylerede PAHer. PAH måles i muslinger i det marine miljø, da muslinger ikke kan omdanne PAHer, samt i sediment for ferskvand (søer og vandløb). For punkilder måles der i spildevand fra regnbetingede anlæg, separat kloak samt sediment i regnvandsbassiner.

673

### Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

674  
675

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter PAHerne anthracen og fluoranthen. Desuden er PAH anført som en sum

676  
677

baseret på benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranthener, benzo(k)fluoranthener, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren.

678

Miljøkvalitetskrav for PAH i overfladevand er oplyst i tabel 2.2.

**Tabel 2.2.** Miljøkvalitetskrav for PAHer i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand (µg/l)				Sediment		Biota	
	Generelt kvalitetskrav		Maksimum-koncentration		(mg/kg TS)		(µg/kg VV)	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin
Acenaphthen	3,8	0,38	3,8	3,8				
Acenaphthylen	1,3	0,13	3,6	3,6				
Anthracen	0,1	0,1	0,1	0,1	0,48*foc	0,096*foc	2.400	2.400
Benz(a)anthracen	0,012	0,0012	0,018	0,018				
Benz(a)pyren	0,00017	0,00017	0,27	0,027			5 <sup>1)</sup>	
Crysen	0,014	0,0014	0,014	0,014				
Dibenz(a,h)anthracen	0,0014	0,00014	0,018	0,018				
Fluoranthen	0,0063	0,0063	0,12	0,12			30	
Fluoren	2,3	0,23	21,2	21,2				
Phenanthren	1,3	1,3	4,1	4,1				
Pyren	0,0046	0,0017	0,023	0,023				

1) benz(a)pyren betragtes som markør for benz(b)fluoranthen, benz(k)fluoranthen, benz(g,h,i)perylene og indeno(1,2,3-cd)-pyren

679  
680  
681

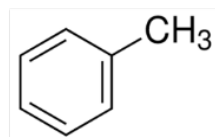
foc er fraktion af organisk kulstof i sedimentet. Hvis indholdet af organisk kulstof i det givne sediment er ukendt, kan en EU-standardværdi for sedimentets indhold af organisk kulstof på 5 % anvendes.

682

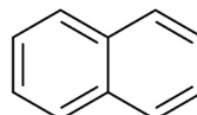
### 2.3 Aromatiske kulbrinter og kulbrinter

683  
684  
685  
686  
687  
688  
689  
690  
691

Aromatiske kulbrinter er i dette afsnit defineret som de aromatiske kulbrinter, der har en til to benzenringe, se figur 2.2. For aromatiske kulbrinter med flere benzenringe end to, henvises der til afsnit 2.2. I overvågningen indgår dels benzen og naphthalen, samt methylerede og ethylerede derivater af disse. Aromatiske kulbrinter med én benzenring er flygtige og findes primært i vandfasen i vandmiljøet, mens de to-ringede (naphthalener) har større affinitet til partikler og derfor i højere grad vil være bundet i sediment. Flere af stofferne dannes naturligt i råolie og resten syntetiseres fra oliestoffer.



Toluen



Naphthalen

**Figur 2.2.** Eksempler på kemiske strukturer af aromatiske kulbrinter.

692

693	De aromatiske kulbrinter indgår i olieholdige produkter, samt nedbrydningsprodukter af olieprodukter. Endvidere anvendes de i stort omfang i den kemiske industri og til fremstilling af farmaceutiske produkter. Flere af stofferne anvendes også som opløsningsmiddel i maling og træbeskyttelse. Ethylbenzen anvendes primært til fremstilling af styren, et plastprodukt. Naphthalen og methylnaphthalenerne forekommer i tjæreprodukter og benzin.
694	
695	
696	
697	
698	
699	
700	Stoffer med en benzenring er generelt rimelig let bionedbrydelige og har lav bioakkumulering. Stoffer med to benzenringe er generelt mindre bionedbrydelige, men bliver ikke betragtet som persistente. Disse har også lav bioakkumulering.
701	
702	
703	
704	Stoffernes anvendelse samt deres fysiske kemiske egenskaber betyder, at de primært tilføres miljøet via luft og spildevand. Aromatiske kulbrinter har i højere grad tendens til at blive bundet til partikler end til at være opløst i vand.
705	
706	
707	
708	Stofferne er toksiske i det akvatiske miljø, primært over for alger, krebsdyr og fiske- og skaldyrsyngel. Benzen er klassificeret som kræftfremkaldende.
709	
710	
711	Kulbrinter i overvågningsprogrammet er en betegnelse for måling af olie, som opdeles i faktorer afhængig af kædelængden af alkanerne. Metoden kan anvendes til måling af alt fra benzin til tunge fuelolier. Olie består af mange hundrede forskellige komponenter, og indeholder både alkaner og forskellige aromatiske forbindelser. Flere af stofferne måles også som enkeltstoffer i overvågningsprogrammet. Olie dannes naturligt og kan afhængig af raffinering variere i sammensætning afhængig hvor tung olien er. Olie bliver som produkt primært anvendt til forbrænding. Olie er som enkeltparameter ikke reguleret under Vandrammedirektivet.
712	
713	
714	
715	
716	
717	
718	
719	
720	
721	Aromatiske kulbrinter bliver målt i muslinger og sediment i det marine miljø, samt i sediment i søer, og vandløb. For punkilder måles der i spildevand fra renseanlæg, regnbetingede anlæg samt sediment i regnvandsbassiner.
722	
723	
724	
725	Kulbrinter bliver målt i sediment i regnvandsbassiner under punktilder.
726	
727	<b>Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status</b>
728	Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter to aromatiske kulbrinter, benzen og naphthalen.
729	
730	Miljøkvalitetskrav for aromatiske kulbrinter i overfladevand er angivet i tabel 2.3 i det omfang, de er fastsat.
731	
732	



**Tabel 2.3.** Miljøkvalitetskrav for aromatiske kulbrinter i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

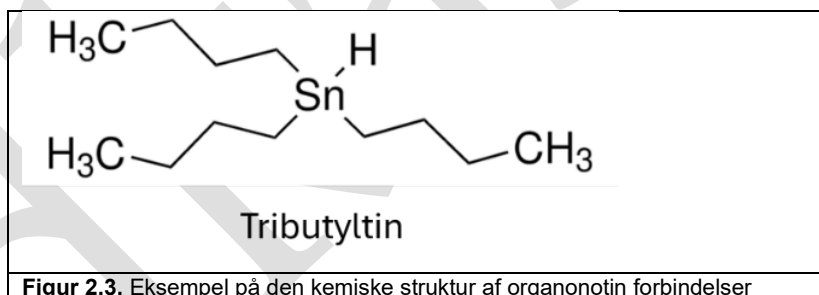
	Vand (µg/l)				Sediment (mg/kg TS)		Biota (µg/kg VV)	
	Generelt kvalitetskrav		Maksimum-koncentration		Fersk	Marin	Fersk	Marin
	Fersk	Marin	Fersk	Marin				
Benzen	10	8	50	50				
Methylnaphthalener, sum <sup>1</sup>	0,12	0,12	2	2	0,478*foc	0,478*foc	2.400	2.400
Naphthalen	2	2	130	130	2,76*foc	2,76*foc	2.400	2.400
Toluen	74	7,4	380	380				
Xylener (o-, p- og m)	Σ=10	Σ=1	Σ=100	Σ=100				

1: Sum af methylnaphthalener, herunder 1-methylnaphthalen, 2-methylnaphthalen, dimethylnaphthalen og trimethylnaphthalen.

733 foc er fraktionen af organisk kulstof i sedimentet. Hvis indholdet af  
734 organisk kulstof i det givne sediment er ukendt, kan en EU-standard-  
735 værdi for sedimentets indhold af organisk kulstof på 5 % anvendes.

## 736 2.4 Organotin forbindelser

737 Organotin forbindelser er karakteriseret ved, at organiske kulstof  
738 grupper er bundet til metallet tin, se figur 2.3



**Figur 2.3.** Eksempel på den kemiske struktur af organotin forbindelser

739  
740 I forbindelse med NOVANA og havstrategidirektivet måles på stof-  
741 ferne tributyltin (TBT), dibutyltin (DBT), monobutyltin (MBT) og  
742 triphenyltin (TPhT).

743 Anvendelsen af TBT og TPhT er i dag ulovlig, men de har tidligere  
744 været udbredt som biocider. Den mest kendte anvendelse var som an-  
745 tibegroningsmiddel i skibes bundmaling, hvilket blev forbudt i 2003.  
746 Derudover blev de også brugt som antiseptiske midler samt som fun-  
747 gicider i træimprægning og i landbruget. MBT og DBT anvendes  
748 bl.a. i forbindelse med produktionen og som additiv i forskellige typer  
749 af plastmaterialer (fx PVC og PUR), men de dannes også ifm. fysisk-  
750 kemisk og biologisk nedbrydning af TBT i miljøet.

751 Især TBT og TPhT vurderes at være særligt miljøskadelige pga. deres  
752 egenskaber med højt potentiale for bioakkumulering, persistens og  
753 toksicitet for vandlevende organismer. Blandt de toksiske egenskaber  
754 er hormonforstyrrende effekter på bl.a. havsnegle, som kan medføre  
755 synlige kønsændringer i form af de såkaldte imposex og intersex fæ-  
756 nomener, der i de mest fremskredne stadier kan forårsage sterilitet. I

757 NOVANA-programmet indgår forekomsten af imposex og intersex i  
758 udvalgte arter af havsnegle også i den biologiske effektovervågning  
759 som TBT-specifikke miljøindikatorer.

760 Der er udviklet miljøkvalitetskrav og-kriterier for TBT, og biologiske  
761 effekter med specifik kobling til denne. Det beslægtede stof TPhT er  
762 tilsvarende særdeles miljøskadeligt, mens stoffer DBT og MBT betrag-  
763 tes ikke at være miljøskadelige i samme grad.

764 Organotin forbindelser bliver målt i muslinger i det marine miljø, samt  
765 i det ferske miljø i sediment i søer og vandløb. For punkilder måles der  
766 i spildevand fra renseanlæg og regnbetingede anlæg, RBU, separat  
767 kloak.

### 768 **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**

769 Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter TBT-for-  
770 bindelser.

771 TBT og TPhT samt biologiske effekter er på HELCOM's og OSPAR's  
772 lister over primære overvågningsindikatorer for væsentlige presfakto-  
773 rer i det marine miljø.

774 Udover miljøkvalitetskrav er der også udviklet andre forskellige mil-  
775 jøkvalitetskriterier for TBT og effekter i det marine miljø, se Bilag 2.

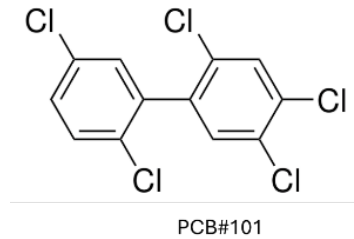
776 Miljøkvalitetskrav for organotin forbindelser i overfladevand er angi-  
777 vet i tabel 2.4 i det omfang, de er fastsat.

**Tabel 2.4.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for organotin forbindelser i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand ( $\mu\text{g/l}$ )			
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin
Tributyltin (TBT)	0,0002	0,0002	0,0015	0,0015

### 778 **2.5 Polychlorerede biphenyler, PCB**

779 Polychlorerede biphenyler (PCB) består kemisk af to phenyl-ringe  
780 bundet sammen (en biphenyl), og med et varierende antal chlor-ato-  
781 mer bundet til de to ringe (se figur 2.4). Antallet af chlor-atomer og  
782 deres placering på de to phenyl grupper, giver en del kombinationer,  
783 og gruppen af PCB'er omfatter således 209 forskellige isomer forbindel-  
784 ser, også kaldet congenere, som er navngivet med hver sit nummer. Jo  
785 højere antal chlor-atomer der er bundet på phenyl-ringene, desto hø-  
786 jere nummer. PCB forekommer typisk i en blanding af forskellige PCB  
787 congenere. PCB har høje  $\text{LogK}_{ow}$  værdier, fra 4,6 for PCB#28 til 5,6 for  
788 PCB#108. Dette betyder, at de er uopløselige i vand og vil akkumulere  
789 i fedtvæv.



**Figur 2.4.** Eksempel på den kemiske struktur af PCB.

790 PCB har haft udbredt anvendelse på grund af deres kemiske og termi-  
 791 ske stabilitet, varmeledning, elektrisk isolationsevne og generelle hold-  
 792 barhed. De er anvendt i hydrauliske væsker, varmeoverførselsvæsker,  
 793 smøremidler og blødgørere. De er blevet anvendt i byggematerialer  
 794 som fx fugemasse og termoruder samt i maling. En anden udbredt an-  
 795 vendelse har været i kondensatorer, transformatorer og andre elektri-  
 796 ske apparater. PCBer blev desuden tilsat PVC som flammehæmmer.  
 797 Brugen af PCB i byggematerialer har været forbudt siden 1977 og i an-  
 798 dre typer produkter og apparatur siden 1986.

799 PCBer er bioakkumulerbare, langtransporterbare og meget svært ned-  
 800 brydelige i miljøet. PCB#180 er som eksempel estimeret til en halve-  
 801 ringstid på ca. 27,5 år i vand og 38 år i sediment. PCBer er således klas-  
 802 siske POP stoffer, og PCB forekommer stadig i miljøet. PCB dannes  
 803 desuden i mindre omfang naturligt ved skovbrande.

804 PCBer er toksiske, kræftfremkaldende og skadelige for immunsystemet.  
 805

806 På grund af deres effekter og bioakkumulering er de meget giftige for  
 807 det akvatiske miljø.

808 En række PCB congenere har dioxin-lignende giftighed, de såkaldte  
 809 dioxinlignende-PCBer, der indgår i WHO's toksicitetsækvivalent be-  
 810 regning (WHO-TEQ PCB-DL). Det gælder de såkaldt co-planare PCB  
 811 congenere (PCB #77, #81, #126 og #169) samt PCB kongenerne PCB  
 812 #105, PCB #114, PCB #118, PCB #123, PCB #156, PCB #157, PCB #167  
 813 og PCB #189.

814 Under NOVANA er PCBerne opdelt i de "almindelige" PCB og i  
 815 WHO-PCBer. De almindelige PCBer måles i fisk i det marine miljø.  
 816 WHO PCBer følger dioxinerne og måles derfor i fisk i både det marine  
 817 miljø og i ferskvand.

#### 818 **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**

819 Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer har siden 2018  
 820 omfattet dioxinlignende PCBer som en del af gruppen dioxiner og di-  
 821 oxinlignende forbindelser.

822 PCB er omfattet af Stockholmkonventionens bilag C med stoffer, hvis  
 823 utilsigtede udslip skal reduceres.

824 Der er ikke fastsat miljækvalitetskrav for PCB.

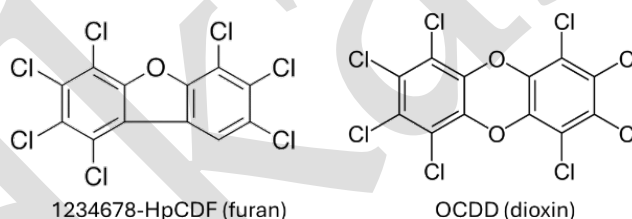
825 Der er fastsat en grænseværdi i fødevarer for summen af PCB #28, #52,  
826 #101, #138, #153 og #180 i fisk (muskel) på 75 ng/g VV (EU, 2011).

827 Dioxinlignende PCBer indgår i miljækvalitetskravet for dioxiner og  
828 furaner. Dette miljækvalitetskrav er fastsat som summen af toksicitets-  
829 ækvivalenter af de tre stofgrupper (se afsnit 2.6).

830 EU Kommissionen 2011: Europa-Parlamentets og rådets forordning  
831 (EU) 1259/2011 af 2. december 2011 om ændring af forordning (EF) nr.  
832 1881/2006 for så vidt angår grænseværdier for dioxiner, dioxinlig-  
833 nende PCBer og ikke-dioxinlignende PCBer i fødevarer (EU 2011).

## 834 2.6 Dioxiner og furaner

835 Dioxiner er en kemisk betegnelse for chlorholdige stoffer, som består  
836 af to benzenringe bundet sammen via en ring med to iltatomer (kaldet  
837 dioxinring) og hvortil der på benzenringen er bundet et antal chlorato-  
838 mer. Furaner er tilsvarende bortset fra at de kun er bundet sammen  
839 med en ring med et iltatom (furanring), se figur 2.5.



840 **Figur 2.5.** Eksempler på kemiske strukturer af dioxiner og furaner. 1234678-  
HpCDF (furan) og OCDD (dioxin)

841 Dioxiner og furaner kan dannes ved forbrænding af chlorholdigt orga-  
842 nisk materiale. Tidligere sås også udslip af dioxin fra industrielle pro-  
843 cesser, som involverer chlor eller brom, men det er i dag betydelig re-  
844 duceret grundet det høje fokus, der har været på dioxiner/furaner.  
845 Dette betyder, at den dominerende kilde for tilførsel til miljøet i dag  
846 stammer fra afbrænding og sker via luften ved atmosfærisk deposition.

847 Dioxiner og furaner dannes også i mindre mængder naturligt ved  
848 skovbrande og vulkanudbrud. Grundet det stigende antal skovbrande,  
849 der ses i disse år, er det muligt at bidraget fra denne form for kilder vil  
850 stige i de kommende år.

851 Stofferne er hydrofobe, dvs. ikke-opløselige i vand, med  $\text{LogK}_{ow}$  vær-  
852 dier på 5-8. Dioxiner og furaner er langsomt nedbrydelige, bioakku-  
853 mulerbare og toksiske, og vil i miljøet, grundet deres fysiske kemiske  
854 egenskaber, være bundet til partikler samt forekomme i biota, hvor de  
855 binder sig til fedtholdigt væv. På grund af stoffernes stabilitet, kan de  
856 transporteres via luften over lange afstande blandt andet bundet til  
857 sodpartikler.

858 Dioxiner og furaner er toksiske stoffer, men med forskellig toksicitet af  
 859 de enkelte stoffer i de to stofgrupper. Koncentrationen af dioxiner og  
 860 furaner i biota angives i toksicitetsækvivalenter beregnet med en om-  
 861 regningsfaktor fastsat af WHO (WHO-TEQ). WHO-PCB-forbindelser  
 862 har tilsvarende toksicitet, og henregnes til gruppen af dioxiner og furan-  
 863 ner som "dioxinlignende forbindelser" og omregnes til toksicitets-  
 864 ækvivalenter, (WHO-TEQ PCB-DL) med egne omregningsfaktorer.  
 865 Der er fastsat faktorer til beregning af WHO-TEQ i 1998 og 2005.

866 I NOVANA måles dioxiner og furaner i fisk i vandløb, søer og marint.

## 867 Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

868 Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter dioxin  
 869 og dioxinlignende forbindelser.

870 Dioxiner og furaner er på Stockholmkonventionens liste over persi-  
 871 stente organiske miljøgifte (POP stoffer), hvis udslip skal reduceres  
 872 med henblik på ophør (Annex C) (EU 2019).

873 EU Kommissionen 2011: Europa-Parlamentets og rådets forordning  
 874 (EU) 1259/2011 af 2. december 2011 om ændring af forordning (EF) nr.  
 875 1881/2006 for så vidt angår grænseværdier for dioxiner, dioxinlig-  
 876 nende PCBer og ikke-dioxinlignende PCBer i fødevarer (EU 2011).

877 Dioxiner og furaner er på HELCOM's liste over prioriterede stoffer  
 878 (HELCOM 2018)

879 Kvalitetskravet for dioxiner og furaner i overfladevand er fastsat som  
 880 summen af toksicitetsækvivalenter af dioxiner, furaner og dioxinlig-  
 881 nende forbindelser i biota, tabel 2.5

**Tabel 2.5.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for dioxin og dioxinlignende forbindelser baseret på toksicitetsækvivalenter i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	<b>Biota</b>
WHO-TEQ, Sum af dioxiner og dioxinlignende forbindelser, PCDD+PCDF+PCB-DL <sup>1</sup>	$\Sigma = 0,0065 \mu\text{g kg}^{-1} \text{TEQ}^2$

1) PCDD: polychlorerede dibenzo-p-dioxiner; PCDF: polychlorerede dibenzofuraner; PCB-DL: dioxinlignende polychlorerede biphenyler

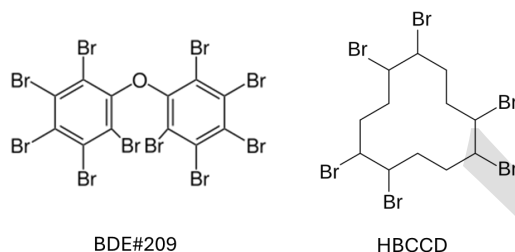
2) TEQ: toksicitetsækvivalenter ifølge Verdenssundhedsorganisationens toksicitetsækvivalensfaktorer fra 2005.

## 882 2.7 Bromerede flammehæmmere

883 I NOVANA programmet måles der to typer af bromerede flamme-  
 884 hæmmere, dels bromerede diphenylethere (BDE) og dels hexabromcy-  
 885 clododecan (HBCDD). BDE består af to phenyl-ringe bundet sammen  
 886 (en biphenyl), og hvortil et varierende antal brom atomer er bundet til  
 887 de to ringe. BDE ligner således PCBer i struktur, blot med brom bundet  
 888 til i stedet for chlor, se figur 2.6. Antallet af brom atomer og deres pla-  
 889 cering på de to phenyl grupper giver en del kombinationer, og grup-  
 890 pen af BDE omfatter således 209 forskellige isomer forbindelser, også  
 891 kaldet congenere, som er navngivet med hver sit nummer. Jo flere

892  
893  
894  
895  
896  
897  
898

brom atomer, der er bundet på phenyl-ringene, desto højere nummer. HBCDD er helt anderledes bygget op og består af en 12 leddet kulstofring hvortil der er bundet seks brom atomer (se figur 2.6). HBCDD-molekylet forekommer i 16 forskellige tredimensionelle strukturer (også kaldet stereoisomerer). De mest almindeligt anvendte, oftest som blanding, hedder  $\alpha$ -,  $\beta$ - og  $\gamma$ -HBCDD, og det er summen af disse tre, der bliver målt i NOVANA programmet.



**Figur 2.6.** Eksempler på kemiske strukturer for bromerede flammehæmmere

899

900  
901  
902  
903  
904  
905  
906  
907

Bromerede flammehæmmere anvendes i elektronik, motorer, plast, skum og tekstiler for at forhindre brand i f.eks. computere, fjernsyn og møbler. De bromerede flammehæmmere går som udgangspunkt ikke i forbindelse med de materialer de påføres, men ligger på overfladen og frigives derfor med tiden fra produkterne. En række bromerede diphenylethere, heriblandt penta-BDE og octa-BDE har været forbudt i EU i alle produkter siden 2004, mens deca-BDE har været forbudt i elektronik siden 2006.

908  
909  
910  
911

Fysisk kemisk er bromerede flammehæmmere hydrofobe, dvs. meget lav vandopløselighed med høje  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  værdier: 6,5-9. De er persistente og bioakkumulerbare og ophobes derfor i miljøet. Stofferne vil derfor primært forekomme i sediment og biota.

912  
913  
914

Bromerede flammehæmmere er hormonforstyrrende og toksiske for dyr, mennesker og det akvatiske miljø og kan medføre biomagnifikation.

915  
916  
917  
918

Tilførslen af bromerede flammehæmmere til miljøet sker primært ved frigivelse fra overflader og dermed tilførelse til spildevand, eksempelvis ved rengøring, men forventes også at kunne frigives via emission til luften.

919  
920

I NOVANA programmet måles bromerede flammehæmmere i marine fisk.

921

### Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

922  
923  
924  
925

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter gruppen af bromerede diphenylethere (BDE) med en præcisering af, at miljøkvalitetskravet gælder for summen af BDE congenere #28, # 47, #99, #100, #153 og #154 samt hexabromcyclododecan (HBCDD).

926 Fire bromerede diphenylethere, BDE#153, #154, #175 og #183 er på  
 927 Stockholmkonventionens liste over POP-stoffer, hvis produktion og  
 928 anvendelse skal udfases (Annex A) (EU 2019).

929 Penta-, octa- og deca-bromdiphenylether er på HELCOM's liste over  
 930 prioriterede stoffer. BDE#85, #99, #100 og #119 hører til gruppen af  
 931 penta-bromdiphenylethere. BDE#196, #197 og #203 hører til gruppen  
 932 af octa-bromdiphenylethere, og BDE#209 er den eneste deca-brom-  
 933 diphenylether (HELCOM, 2009).

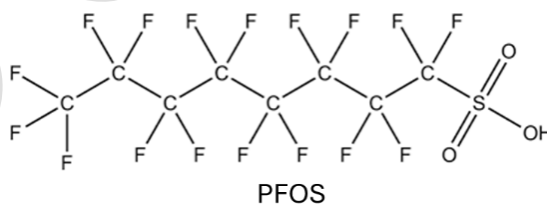
934 Miljøkvalitetskrav for bromerede flammehæmmere i overfladevand er  
 935 oplyst i tabel 2.6.

**Tabel 2.6.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for bromerede flammehæmmere i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Generelt kvalitetskrav		Vand (µg/l)		Biota
	Fersk	Marin	Maksimum-koncentration		(µg/kg)
			Fersk	Marin	
Bromerede diphenylethere (sum af BDE#28, #47, #99, #100, #153, #154)	-	-	0,14	0,014	0,0085
Hexabromcyclodecan (HBCDD)	0,0016	0,0008	0,5	0,05	167

936 **2.8 Perfluorerede stoffer**

937 Per- og polyfluorerede alkylstoffer (PFAS) er en række kemiske orga-  
 938 niske stoffer hvorpå der er organisk fluor på kulstofkæderne, se figur  
 939 2.7. Denne kemiske sammensætning betyder, at stofferne har unikke  
 940 fysisk kemiske egenskaber, som gør, at de har olie-, vand-, og smuds-  
 941 afvisende egenskaber samt er modstandsdygtige overfor høje tempe-  
 942 raturer og aggressive kemikalier. Perfluorerede forbindelser er en  
 943 gruppe på over 10.000 forskellige stoffer. Definitionen på en PFAS i  
 944 henhold til OECD er at der er mindst et kulstofatom med fluoratomer  
 945 (-CF<sub>2</sub>), hvilket er årsagen til det høje antal stoffer, der defineres som  
 946 PFAS.



**Figur 2.7.** Eksempel på kemisk struktur af perfluorerede stoffer.

947

948 I starten var det primært de langkædede PFAS der blev anvendt, men  
 949 efterhånden som de er blevet reguleret, er industrien gået over til de  
 950 kortkædede, som dog også rummer miljømæssige udfordringer. Defi-  
 951 nitionen på langkædede er >7 fluorerede kulstofatomer, mens de kort-  
 952 kædede er defineret ved 4-6 fluorerede kulstofatomer.

953 PFAS har en udbredt anvendelse, dækkende blandt andet brandsluk-  
 954 ningsskum, slip-let metal belægninger, papir- og papemballage,  
 955 cremer, kosmetik, tekstiler, tæpper, maling, pesticider og lægemidler.  
 956 Desuden anvendes PFAS i en lang række fluorplast-materialer og i in-  
 957 dustrielle processer (Braun et al. 2023).

958 Kilder til PFAS i miljøet er derfor meget diverse. Udover spildevand  
 959 og afløb fra marker, forekommer der også flere hotspot kilder såsom  
 960 øvelsesområder for brandbekæmpelse og forurenede industrigrunde.  
 961 Opkoncentrering i havskum, som efterfølgende blæser ind over land  
 962 vurderes i dag også at være en mulig kilde i kystnære områder. De  
 963 kortkædede og langkædede PFAS har lidt forskellig miljømæssig ad-  
 964 færd i det akvatiske miljø. De kortkædede er mere vandopløselige og  
 965 kan optages i planter, men de langkædede, som er mindre vandoplø-  
 966 selige, vil binde sig til sediment.

967 PFAS er persistente, bioakkumulerbare og toksiske stoffer (PBT). I  
 968 modsætning til de fleste PBT-stoffer er PFAS ikke lipofile, hvilket be-  
 969 tyder, at de i højere grad akkumuleres i indre organer som lever end i  
 970 fedtvævet. Deres egenskaber betyder også at de er ret mobile og derfor  
 971 lettere transporteres til eksempelvis grundvand i modsætning til de fle-  
 972 ste andre stoffer inden for PBT gruppen (Persistent, Bioakkumule-  
 973 rende og Toksisk).

974 PFAS bliver målt i alle medier i NOVANA og både kortkædede og  
 975 langkædede PFAS bliver monitoreret. Overvågningen sker for det ma-  
 976 rine miljø, søer og vandløb i fisk, og for punktkilder i spildevand for  
 977 renseanlæg og RBU fælleskloak. Antallet af perfluorerede stoffer som  
 978 bliver målt under NOVANA er steget de seneste år og er nu på 24  
 979 PFAS for flere medier.

## 980 **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**

981 Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter PFOS

982 PFOS og salte af PFOS og perfluoroktansyre (PFOA) er omfattet af  
 983 Stockholmkonventionen (EU 2019).

984 PFOS og PFOA er desuden på HELCOM's liste over prioriterede stof-  
 985 fer (HELCOM 2018).

986 Miljøkvalitetskrav for PFAS i overfladevand er oplyst i tabel 2.7. Der  
 987 er fastsat miljøkvalitetskrav for PFOS som det eneste stof fra gruppen  
 988 af PFAS. Miljøkvalitetskravet er fastsat af hensyn til giftigheden ved  
 989 human konsum af fisk (EU 2022b).

**Tabel 2.7.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for perfluorerede stoffer i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand (µg/l)				Biota (µg/kg)
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration		
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	
PFOS	6,5x10 <sup>-4</sup>	1,3x10 <sup>-4</sup>	36	7,2	9,1



990  
991  
992  
993  
994  
995  
996  
997

## 2.9 Pesticider

Pesticider er midler der anvendes til skadebekæmpelse primært i landbruget, frugtavl og til dels i skovbrug. De er opdelt efter deres funktion: ukrudtsbekæmpelse (herbicider), insektbekæmpelse (insekticider), svampebekæmpelse (fungicider) og til vækstregulering (stråforkortere) m.v. Visse pesticider anvendes også som biocider. Pesticider bliver tilført miljøet ved afstrømning fra sprøjtede marker. Stofferne vil forekomme i både overfladevand og i spildevand.

998  
999  
1000  
1001  
1002  
1003  
1004  
1005  
1006  
1007

Biocider er betegnelsen for kemiske stoffer der er bestemt til at kunne ødelægge, afskrække, uskadeliggøre, hindre virkningen af eller bekæmpe virkningen af skadegørere (EU 2012). Skadegørere kan være skadedyr (fra insekter til rotter), bakterier eller svampe. Biocider anvendes derfor direkte ved udspredning som gift, men også i rengøringsmidler og maling. Anvendelsen af biocider til bl.a. maling udvendigt på bygninger medfører langsom frigivelse ved udsættelse for vind og vejr eller afvaskning fra overfladerne i forbindelse med regn, hvorefter biocider bliver ført til det afstrømmende regnvand (Vollertsen et al. 2017).

1008  
1009  
1010  
1011  
1012  
1013

Da de enkelte pesticider er specifikt designet til en bestemt form for skadebekæmpelse kan der ikke siges noget generelt hverken om deres struktur, skæbne eller effekter i miljøet. Imidlertid, da pesticider er udviklet til at hæmme eller dræbe skadevoldere, kan de have utilsigtede effekter på miljøet såsom påvirkning af nontarget organismer og planter.

1014  
1015  
1016  
1017  
1018  
1019  
1020

For nogle pesticider forekommer nedbrydningsproduktet mere udbredt end selve pesticidet, eksempelvis 2,6-dichlorbezamid (BAM), som er nedbrydningsprodukt af 2,6-dichlobenil og chlorthiamid. Pesticidernes nedbrydelighed, og den hastighed, nedbrydningen sker med, har betydning for, om det er pesticiderne, deres nedbrydningsprodukt eller begge, der kan findes i miljøet. Overvågningen omfatter derfor såvel pesticider som en række nedbrydningsprodukter af pesticider.

1021  
1022  
1023  
1024

Pesticider og deres nedbrydningsprodukter måles i vand for vandløb samt i RBU, separat kloak, både i spildevand og sediment fra regnvandsbassin. De såkaldt gamle chlorerede pesticider bliver målt i fisk i de marine områder.

1025

### Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

1026  
1027

Overvågning af pesticider og deres nedbrydningsprodukter indgår i følgende direktiver, lovgivning og konventioner:

1028  
1029  
1030

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter en række pesticider, som skal indgå i overvågning af den fysisk-kemiske tilstand af overfladevand.

1031  
1032

En række af de gamle chlorerede pesticider bl.a. DDT er omfattet af Stockholmkonventionen (EU 2019).

**Tabel 2.8.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for pesticider i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand (µg/l)			
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin
Atrazin	0,6	0,6	2	2
Bentazon	45	45	450	450
Chlorpyrifos	0,03	0,03	0,1	0,1
Cypermethrin	$8 \times 10^{-5}$	$8 \times 10^{-6}$	$6 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-5}$
2,6- Dichlorbenzamid (BAM)	78	7,8	780	780
Diuron	0,2	0,2	1,8	1,8
Isoproturon	0,3	0,3	1	1
Mechlorprop-P	18	1,8	187	187
DDT (inkl. metabolitter DDD og DDE)	0,025	0,025	anvendes ikke	anvendes ikke
ppDDT	0,01	0,01	anvendes ikke	anvendes ikke
Hexachlorcyclohexan (alle isomerer og lindan)	0,02	0,002	0,04	0,02

1034

## 2.10 Blødgørere

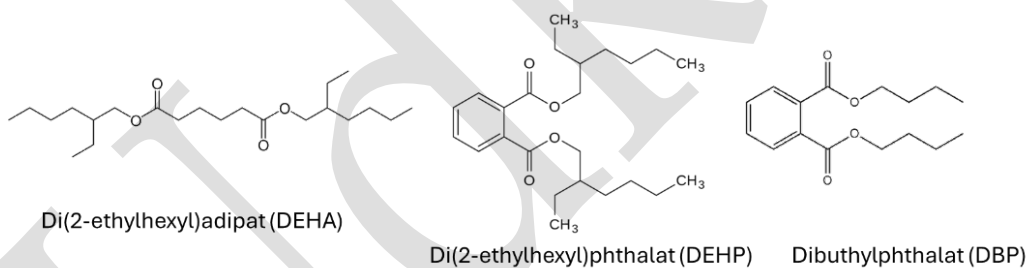
1035

Blødgørerne omfatter stofgruppen phthalater og en enkelt adipat. Bortset fra adipaten består phthalaterne af estre af phthalsyre hvortil der er bundet varierende længde kulstofkæder. Phthalsyre er en aromat ring med to carboxylsyrer på. Se figur 2.8.

1036

1037

1038

**Figur 2.8.** Eksempler på kemiske strukturer for blødgørere.

1039

1040

1041

1042

1043

Blødgørere anvendes i forskellige plasttyper/produkter, gummi, maling, forseglere og klæbemidler m.m. Blødgørerne påvirker fleksibiliteten af bl.a. plastmaterialer, som derved kan anvendes til en lang række produkter, hvor der er behov for meget forskellige egenskaber.

1044

1045

1046

Blandt blødgørerne har di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) tidligere haft størst anvendelse, men stoffet er blevet pålagt reguleringer, og forbruget er derefter faldet markant.

1047

1048

1049

1050

1051

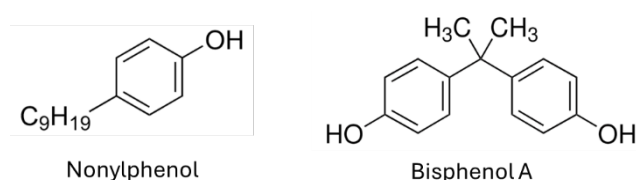
Fysik kemisk varierer stofferne noget.  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  værdierne ligger mellem 4-8 og vandopløselighed går fra moderat til meget lav. Flere af stofferne har affinitet for at binde sig til sediment fremfor at være i vandfasen. For flere af stofferne er der potentiale for bioakkumulering og flere af dem er persistente i miljøet.

- 1052 DEHP, BBP og DBP er hormonforstyrrende og reproduktionsska-  
1053 dende.
- 1054 Stofferne betragtes generelt som giftige for det akvatiske miljø.
- 1055 Blødgørerne tilføres til omgivelserne med spildevand, med overfladisk  
1056 afstrømning og via afdampning til atmosfæren, hvorfra det udvaskes.
- 1057 I NOVANA programmet måles blødgørere i marint sediment, for  
1058 vandløb i sediment og vand, for søer i sediment og for punktkilder i  
1059 renseanlæg, spildevand og for RBU i spildevand samt sediment fra  
1060 regnvandsbassin.
- 1061 **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**
- 1062 Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter DEHP  
1063 som det eneste stof fra gruppen af blødgørere.
- 1064 Miljøkvalitetskrav for blødgørere i overfladevand er oplyst i tabel 2.9.

**Tabel 2.9.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for blødgørere i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand (µg/l)			
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin
Butylbenzylphthalat (BBP)	7,5	0,75	15	15
Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	0,7	0,07	6,6	0,66
Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	1,3	1,3	Anvendes ikke	Anvendes ikke
Dibutylphthalat (DBP)	2,3	0,23	35	35

- 1065 **2.11 Phenoler**
- 1066 Gruppen af phenoler omfatter i NOVANA, phenol, alkylphenoler og  
1067 bisphenol A. Alkylphenolerne omfatter nonylphenol og octylphenol  
1068 samt deres ethoxylater.
- 1069 Kemisk set er grundstrukturen for dem alle en benzenring, hvortil der  
1070 er bundet en OH grupper (en phenol). Derudover kan der være bundet  
1071 kulstofkæder af forskellig længde og struktur til benzenringen, hvilket  
1072 giver forskellige fysisk/kemiske egenskaber, se figur 2.9.



**Figur 2.9.** Eksempler på kemiske strukturer for phenoler.

1073

1074 Phenol anvendes primært i den kemiske industri som råmateriale til  
1075 andre kemiske stoffer, bla. bisphenol A. Det samme gælder  
1076 nonylphenol, som primært anvendes til fremstilling af nonylpheno-  
1077 letoxylater. Andre mulige kilder er maling, lak, klæbemidler, fyldstof-  
1078 fer og fugemasser. Rengørings- og affedtningsmidler er også kilder til  
1079 nonylphenoletoxyaler. Endvidere indgår alkylphenoler i pesticidfor-  
1080 muleringer. Blandt octylphenolerne er det 4-tert-octylphenol som næ-  
1081 sten udelukkende bliver brugt, og her skønnes den vigtigste kilde at  
1082 være restindhold i dæk.

1083 Bisphenol A (BPA) er et af de industrikemikalier, der produceres i  
1084 størst volumen på verdensplan. Bisphenol A indgår i epoxyharpikser  
1085 og polycarbonat plast. Bisphenol A anvendes derfor i en lang række af  
1086 forbrugerprodukter og artikler. Anvendelsen af bisphenol A er i dag  
1087 begrænset i flere produkter da stoffet vurderes at have hormonforstyr-  
1088 rende effekter (edlists.org).

1089 Phenoler bliver tilført miljøet via spildevand samt evt. afstrømning fra  
1090 sprøjtede marker som følge af anvendelsen af sprøjtemidler. Stofferne  
1091 vil forekomme i både overfladevand og som partikulært bundet til se-  
1092 diment. Nonylphenoletoxylater i spildevand kan nedbrydes til  
1093 nonylphenol i renseanlæg.

1094 Der er forholdsvis store forskelle på skæbne og effekter. For al-  
1095 kylphenolerne og etoxylater ligger  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  ca. 4,1-5,9. Bisphenol A har  
1096 en  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  på 3,4, men phenol er det mest vandopløselige med  $\text{LogK}_{\text{ow}}$   
1097 på 1,47 og en vandopløselighed 84 g/l. Stofferne er persistente i sedi-  
1098 ment ( $T_{1/2} > 100$  dage), men har rimelig nedbrydelighed i vand. Grun-  
1099 det  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  vil alkylphenolerne og etoxylater fordelingsmæssigt i hø-  
1100 jere grad forefindes i sediment frem for vand. De fleste er svagt til mo-  
1101 derat bioakkumulerbare (Hansen and Lassen, 2008).

1102 Stofferne er generelt meget toksiske for fisk, flere af stofferne er desu-  
1103 den meget toksiske generelt for det akvatiske miljø (Hansen and Las-  
1104 sen, 2008).

1105 Flere af phenolerne er på EU's lister over hormonforstyrrende stoffer  
1106 (edlists.org) og har østrogenlignende effekt. Endvidere anses flere af  
1107 stofferne for at være reproduktionsskadende, det gælder bla.  
1108 bisphenol A og 4-tert-octylphenol.

1109 I NOVANA programmet bliver alkylphenoler målt i sediment i det  
1110 marine miljø og søer. Phenol og alkylphenol måles i vand i vandløb og  
1111 for punktkilder i alle typer, dvs. RBU og renseanlæg, både i spildevand  
1112 og i sediment i regnvandsbassin.

### 1113 **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**

1114 Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter:  
1115 Nonylphenoler og octylphenoler. Nonylphenoler omfatter isomere  
1116 forbindelser, mens det for octylphenoler med CAS nr. er angivet, at det  
1117 er isomere forbindelser af 4-octylphenol.

1118 Nonylphenoler og nonylphenoethoxylater samt octylphenol er på  
1119 HELCOM's liste over prioriterede stoffer (HELCOM 2018).

1120 Miljøkvalitetskrav for Phenoler i overfladevand er oplyst i tabel 2.10.

**Tabel 2.10.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for phenoler i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

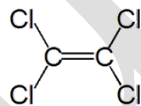
	Vand (µg/l)				Sediment (mg/kg TS)	
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration		Fersk	Marin
	Fersk	Marin	Fersk	Marin		
Bisphenol A	0,1	0,01	10	10		
Phenol	7,7	0,77	310	310		
Nonylphenoler <sup>1</sup>	0,3	0,3	2	2	25*foc	2,5*foc
Nonylphenol <sup>2</sup>	0,3	0,3	2	2		
Octylphenoler <sup>3</sup>	0,1	0,01	Anvendes ikke	Anvendes ikke	39,3*foc	3,93*foc
Octylphenol <sup>4</sup>	0,1	0,01	Anvendes ikke	Anvendes ikke		

1: CAS nr. 84852-15-3; 2: CAS nr. 25154-52-3; 3: CAS nr. 140-66-9; 4: CAS nr. 1806-26-3

1121 foc er fraktion af organisk kulstof i sedimentet. Hvis indholdet af orga-  
1122 nisk kulstof i det givne sediment er ukendt, kan en EU-standardværdi  
1123 for sedimentets indhold af organisk kulstof på 5 % anvendes.

## 1124 2.12 Halogenerede alifatiske kulbrinter

1125 Halogenerede alifatiske kulbrinter indenfor NOVANA omfatter tre  
1126 stoffer, trichlormethan, trichloretylen og chloroform, dvs. chlorerede  
1127 forbindelser med et til to kulstofatomer, se figur 2.10. Gruppen af stof-  
1128 fer er langt større, men nedenstående vil kun omhandle de letflygtige  
1129 chlorerede forbindelser.



Tetrachlorethylen

**Figur 2.10.** Eksempel på kemisk struktur for halogenerede alifatiske kulbrinter.

1130  
1131 Disse forbindelser anvendes primært som opløsningsmiddel i fx ma-  
1132 ling og lak. Derudover bruges halogenerede alifatiske kulbrinter in-  
1133 denfor den kemiske industri ved syntese, ekstraktion og affedtning.

1134 Halogenerede alifatiske kulbrinter indenfor NOVANA forekommer  
1135 som væske ved stuetemperatur, men er, som nævnt, letflygtige og let-  
1136 opløselige i vand, (omkring 0,1-1 g/l). Stofferne er ikke klassificeret  
1137 som persistente.

1138 Stofferne er giftige for det akvatiske miljø, men betragtes ikke som bio-  
1139 akkumulerbare. De er meget giftige for mennesker og mistænkt eller  
1140 klassificeret som kræftfremkaldende.

1141 Grundet deres fysiske kemiske egenskaber samt brug, vil deres primære  
 1142 tilførsel til miljøet være gennem luften og med spildevand. Stofferne  
 1143 kan også forekomme som hotspots ved jordforureninger ved for ek-  
 1144 sempel gamle industrigrunde og dermed med risiko for nedsivning til  
 1145 grundvandet samt evt. nærliggende overfladevand.

1146 Halogenerede alifatiske kulbrinter bliver under NOVANA målt i spil-  
 1147 devand for renseanlæg og regnbetingede anlæg, fælleskloak.

### 1148 **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**

1149 Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter føl-  
 1150 gende halogenerede alifatiske kulbrinter: 1,2-dichlorethan, dichlor-  
 1151 methan og trichlormethan, hvoraf kun trichlormethan i dag giver an-  
 1152 ledning til monitoring under NOVANA.

1153 Miljøkvalitetskrav for halogenerede kulbrinter i overfladevand er op-  
 1154 listet i tabel 2.11.

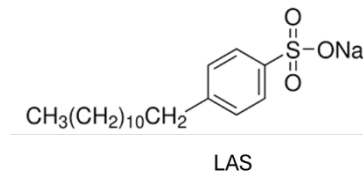
**Tabel 2.11.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for halogenerede alifatiske kulbrinter i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand (µg/l)			
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin
Chloroform (trichlormethan)	2,5	2,5	Anvendes ikke	Anvendes ikke
Tetrachlorethylen	10	10	Anvendes ikke	Anvendes ikke
Trichlorethylen	10	10	Anvendes ikke	Anvendes ikke

### 1155 **2.13 Anioniske detergenter**

1156 Lineære alkylbenzensulfonater (LAS) hører til gruppen af anioniske  
 1157 detergenter, der måles i NOVANA programmet. Der skelnes mellem  
 1158 anioniske og kationiske detergenter, som ikke nødvendigvis tilhører  
 1159 samme kemiske stofgruppe. Detergenter er en undergruppe af tensi-  
 1160 der, som en betegnelse for overfladeaktive stoffer. Detergenter er de-  
 1161 signet til rengøring og bruges derfor især i vaske- og rengøringsmidler.

1162 LAS stofferne består af en ionisk ende, som er en natriumsulfonate  
 1163 gruppe (NaSO<sub>3</sub>), der er bundet til en benzenring med en kulstofkæde  
 1164 (alkyl) af varierende længde, og som er en hydrofob ende. Den ioniske  
 1165 ende vil orientere sig mod en vandfase mens den hydrofobe ende vil  
 1166 orientere sig mod en organisk fase. Det er denne kombination, der gi-  
 1167 ver vaskeevnen, da LAS derved mindsker overfladespændingen mel-  
 1168 lem vand og olie, og således kan få snavs til at gå i opløsning i vaske-  
 1169 vandet. LAS består ikke af et stof men er en blanding af flere homologe  
 1170 stoffer med varierende længde af kulstofkæder, typisk med 10 til 13  
 1171 kulstofatomer, Se figur 2.11.



**Figur 2.11.** Eksempel på kemisk struktur for detergenter.

1172

1173  
1174  
1175  
1176  
1177

LAS er nedbrydeligt under iltede forhold, både i renseanlæg og i naturen, men nedbrydes ikke fuldstændigt under iltfattige forhold. LAS binder sig til suspenderet stof, og vil derfor binde sig til slam på renseanlæg. Der er derfor fastsat afskæringsværdi for LAS i slam, der udbringes på landbrugsjord (Miljø- og Fødevarerministeriet 2018).

1178  
1179  
1180

LAS er giftigt overfor vandlevende organismer som fisk, krebsdyr og alger. Giftvirkningen skyldes, at stoffet opløser fedt og proteiner og dermed kan ødelægge cellemembranen hos levende væsner.

1181  
1182

LAS har ikke høj giftighed overfor mennesker, men kan forårsage hudirritation og allergi.

1183  
1184

Under NOVANA måles LAS i vand, i vandløb og under punktkilder i spildevand ved renseanlæg og RBU.

1185

#### **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**

1186  
1187

Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter ikke stoffer fra gruppen af anioniske eller kationiske detergenter.

1188

Stofferne er ikke omfattet af lister i regi af HELCOM eller OSPAR

1189  
1190

Miljøkvalitetskrav for anioniske detergenter i overfladevand er oplyst i tabel 2.12.

**Tabel 2.12.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for anioniske detergenter i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

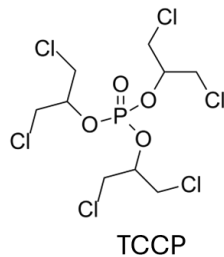
	Vand (µg/l)			
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin
LAS	54	54	160	160

1191

## **2.14 Phosphor triestre**

1192  
1193  
1194

Phosphor triestre (p-triestre), er kemiske stoffer, der indeholder et phosphor atom der er bundet til tre alkoxy-grupper (R-O) (se figur 2.12). Der indgår fire p-triestre i NOVANA programmet.



**Figur 2.12.** Eksempel på kemisk struktur for phosphor triestre.

1195

1196  
1197  
1198  
1199

P-triestre anvendes som overfladeaktive stoffer, blødgørere, brandhæmmere og udfyldningsmateriale i bl.a. bygningsmaterialer, plastikprodukter og elektriske artikler. Endvidere har p-triestre tidligere været brugt i tekstiler og møbler.

1200  
1201

Der er stort forskel på P-triestrene, hvad angår fysisk kemiske egenskaber, persistens og effekter.

1202  
1203  
1204  
1205

Tri-n-butylphosphat og trichlorpropylphosphat (TCCP) har moderat vandopløselighed (400-1080 mg/l), mens triphenylphosphat og tricresylphosphat (TCP) nærmest er uopløselige i vand. Det tilsvarende gælder  $\text{LogK}_{\text{ow}}$ , som spænder fra ca. 2,7-5,1.

1206  
1207  
1208

Tilsvarende er TCCP ikke klassificeret som giftigt over for det akvatiske miljø, mens triphenylphosphat og TCP vurderes som giftige for det akvatiske miljø.

1209  
1210  
1211

Flere af p-triestrene kan ophobes i organismer og medføre bioakkumulering og biomagnifikation. Endvidere nedbrydes nogle p-triestre langsomt i miljøet.

1212

### Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status

1213  
1214

P-triestre er ikke med på vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer.

1215

Stofferne er ikke omfattet af lister i regi af HELCOM eller OSPAR

1216

Miljøkvalitetskrav for p-triestre i overfladevand er oplistet i tabel 2.13.

**Tabel 2.13.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for phosphor triestre i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand ( $\mu\text{g/l}$ )				Sediment	
	Generelt kvalitetskrav		Maksimum-koncentration		(mg/kg TS)	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin
Tris-(2-chloro-1-methylethyl)phosphat (TCPP)	640	64	640	640	111*foc	11,1*foc
Tri-n-butylphosphat	82	8,2	170	170		
Triphenylphosphat (TPP)	0,74	0,074	1,8	1,8		



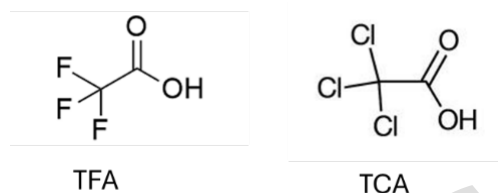
1217  
1218  
1219

foc er fraktion af organisk kulstof i sedimentet. Hvis indholdet af organisk kulstof i det givne sediment er ukendt, kan en EU-standardværdi for sedimentets indhold af organisk kulstof på 5 % anvendes.

1220  
1221  
1222  
1223

## 2.15 Halogenerede syrer

Der indgår to halogenerede syrer i NOVANA programmet, trifluoreddikesyre (TFA) og trichloreddikesyre (TCA). Det er begge derivater af eddikesyre, hvortil der er bundet enten fluor eller chlor (se figur 2.13).



Figur 2.13. Eksempler på kemiske strukturer af halogenerede syrer.

1224

1225  
1226  
1227  
1228  
1229  
1230  
1231  
1232  
1233

TCA anvendes som industrikemikalie, i laboratoriekemikalier, pH-regulatorer, vandrensingsprodukter, farmaceutiske produkter, kosmetik samt plejeprodukter. TCA kan også forekomme som et biprodukt fra chlorering af drikkevand og svømmehaller. TFA anvendes bl.a. som en stærk ikke-oxiderende syre, laboratoriereagens, opløsningsmiddel, katalysator og i organisk syntese. Derudover kan TFA dannes ud fra nedbrydning af andre PFAS i miljøet. TFA er blandt andet et nedbrydningsprodukt fra pesticider, hvor der indgår PFAS forbindelser i 14 aktivstoffer fra en række godkendte plantebeskyttelsesmidler.

1234  
1235  
1236  
1237  
1238  
1239

Trifluoreddikesyre (TFA) er ekstremt stabilt kemisk, og vurderes persistent i miljøet. Det er et perfluoreret stof i henhold til gældende klassificering af PFAS (Braun et al. 2023). Da det kun indeholder et kulstofatom med fluor bundet på, vurderes det ikke at være bioakkumulerbart, i samme omfang som stoffer indenfor PFAS gruppen normalt er. Dog kan TFA optages i planter på grund af sin vandopløselighed.

1240  
1241  
1242  
1243  
1244  
1245

Begge stoffer er stærke syrer, med høj vandopløselighed og lav  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  på ca. 0,8-1,3 og vil primært forekomme i vandfasen. De er mobile, persistente og meget toksiske for det akvatiske miljø, men i mindre omfang bioakkumulerbare. Stofferne vil primært forekomme i vandfasen og på grund af deres mobilitet er der risiko for nedsivning til grundvandet, hvilket senest er dokumenteret af GEUS (Alber, 2024).

1246

Kilderne vil være spildevand samt afstrømning fra marker.

1247  
1248

I NOVANA programmet måles de halogenerede syrer i vandløb i vandprøver.

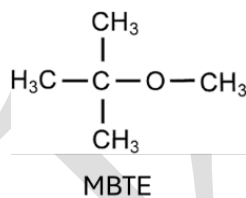
1249 **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**  
1250 TCA og TFA er ikke med på vandrammedirektivets liste over priorite-  
1251 rede stoffer.

1252 Stofferne er ikke omfattet af lister i regi af HELCOM eller OSPAR.

1253 Der foreligger ingen miljøkvalitetskrav.

## 1254 2.16 Etere

1255 Etere er karakteriseret ved at to organiske stofgrupper er bundet sam-  
1256 men via et ilt molekyle, se figur 2.14. Tært-butylmethyl-ether (MTBE)  
1257 har været vidt udbredt som hjælpestof i benzin i stedet for bly for at  
1258 øge oktantal og fremme forbrændingen i motoren. I dag anvendes  
1259 MTBE kun i 98 oktans benzin. Triclosan, som også er en ether, er et bio-  
1260 cid, der anvendes som konserveringsmiddel og antibakterielt middel i  
1261 bl.a. tandpasta, sæber og deodoranter samt i rengøringsmidler. Brugen  
1262 af triclosan har dog længe været faldende.



**Figur 2.14.** Eksempel på kemisk struktur for etere.

1263  
1264 MTBE har høj vandopløselighed (50 g/l), en  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  på 1,2 og et rela-  
1265 tivt højt damptryk (245 mmHg (326 hPa) v. 25°C) hvilket betyder at det  
1266 let fordamper. MTBE er forholdsvis biotilgængelig for planter. MTBE  
1267 er svært nedbrydelig under anaerobe forhold og pga. sine fysik kemi-  
1268 ske egenskaber nedsiver det til grundvand.

1269 Triclosan har en  $\text{LogK}_{\text{ow}}$  omkring 4,8 hvilket gør det moderat hydro-  
1270 fobt med forholdsvis lav vandopløselighed og moderat bioakkumuler-  
1271 barhed.

1272 Både triclosan og MTBE kan ophobes i miljøet og er toksiske overfor  
1273 akvatiske organismer.

1274 MTBE er ikke akut toksisk for mennesker, men er mistænkt for at være  
1275 hormonforstyrrende.

1276 Triclosan er mistænkt for at være hormonforstyrrende og kræftfrem-  
1277 kaldende, og der er bekymring for, at brug af triclosan kan give anled-  
1278 ning til antibiotikaresistens.

1279 MTBE spredes i miljøet via spildevand og overfladisk afstrømning  
1280 samt eventuel udsivning til grundvand fra forureninger ved

1281 benzinstationer. Den væsentligste kilde til spredning af triclosan er  
1282 spildevand.

1283 I NOVANA måles MTBE og triclosan under punktkilder i spildevand  
1284 i renseanlæg og RBU fælles kloak.

### 1285 **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**

1286 Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter ikke  
1287 stoffer fra gruppen af ethere.

1288 Stofferne er ikke omfattet af lister i regi af HELCOM eller OSPAR.

1289 Miljøkvalitetskrav for ethere i overfladevand er oplyst i tabel 2.14.

**Tabel 2.14.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for ethere i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand (µg/l)				Sediment		Biota	
	Generelt kvalitetskrav		Maksimum-koncentration		(mg/kg TS)		(µg/kg VV)	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin
MTBE	10	10	90	90	0,081	0,081	24	24

## 1290 **2.17 Farmaceutiske stoffer**

1291 Farmaceutiske stoffer eller lægemidler er en gruppe af stoffer, der har  
1292 deres anvendelse som enten humant eller veterinært lægemiddel til  
1293 fælles. Som stofgruppe er der tale om stoffer med forskellige kemiske  
1294 egenskaber, og dermed forskellige egenskaber i forhold til forekomst i  
1295 miljøet. For de humane lægemidler vil tilførslen til omgivelserne stort  
1296 set udelukkende ske via spildevand. De veterinære lægemidler kan,  
1297 ud over tilførslen med spildevand, tilføres til overfladevand via dam-  
1298 brug og via gylle udbragt på marker fra landbruget.

1299 Da farmaceutiske stoffer er meget forskellige kan der ikke siges noget  
1300 generelt hverken om deres struktur, skæbne eller effekter i miljøet.  
1301 Imidlertid eftersom de er udviklet til at give en påvirkning på levende  
1302 væsner, kan de have utilsigtede effekter på miljøet til trods for fore-  
1303 komst i meget lave koncentrationer.

1304 Farmaceutiske stoffer, både humane og veterinære, måles under NO-  
1305 VANA i vand i vandløb og i spildevand i renseanlæg og RBU separat  
1306 kloak.

### 1307 **Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status**

1308 Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter ikke far-  
1309 maceutiske stoffer, hverken til human eller veterinær brug.

1310 Vandrammedirektivets observationsliste indeholder en række farma-  
1311 ceutiske stoffer (EU 2022a).

1312  
1313

Miljøkvalitetskrav for farmaceutiske stoffer i overfladevand er oplyst i tabel 2.15.

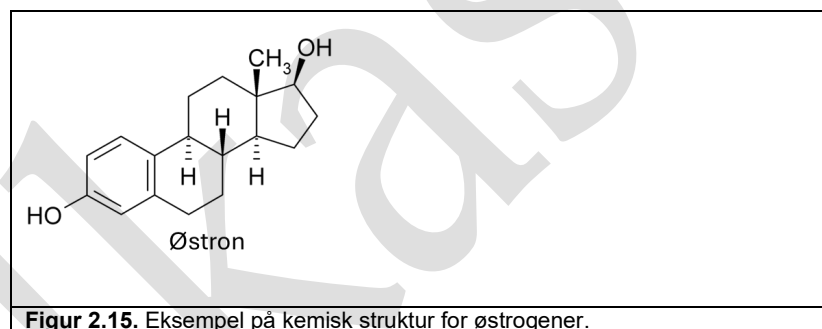
**Tabel 2.15.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for farmaceutiske stoffer i overfladevand (Miljøministeriet 2023a)

	Vand (µg/l)			
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin
Sulfadiazin	4,6	4,6	14	14
Trimethoprim	100	10	160	160
Salicylsyre	171	17,1	390	39

1314  
1315  
1316  
1317  
1318  
1319

## 2.18 Østrogener

Østrogener er kvindelige kønshormoner, hvor østron og 17 β-østradiol er de naturlige hormoner, mens ethinyløstradiol er et kunstigt hormon. Ethinyløstradiol indgår i p piller og medicin, mens 17 β-østradiol blandt andet anvendes i menopausepræparater. Se figur 2.15 for kemisk struktur.



1320  
1321  
1322  
1323  
1324  
1325  
1326

Østrogenerne omdannes i kroppen til stoffer, som er langt mere vandopløselige end østrogenerne. Omdannelsen betyder, at stofferne let udskilles med urin og føres derved via spildevand til renseanlæg. På renseanlæg sker der endnu en omdannelse, hvor stofferne omdannes tilbage til de oprindelige østrogenforbindelser med deraf følgende risiko for østrogen effekt af stofferne i miljøet.

1327  
1328  
1329  
1330  
1331  
1332

Stofferne vurderes ikke at være let nedbrydelige i miljøet. 17 β-østradiol vurderes at have et potentiale for bioakkumulering, da hvirvelløse arter ikke nødvendigvis kan nedbryde dem. Generelt forventes stofferne at være bundet i slamfasen i renseanlæg, da de har en log  $K_{ow}$  på 3-5. Stofferne er qua deres natur hormonforstyrrende både overfor mennesker og dyr.

1333

Den væsentligste kilde til østrogener i miljøet er spildevand.

1334  
1335

Østrogener måles i NOVANA under punktkilder i spildevand i renseanlæg og RBU fælles kloak.

1336	<b>Direktiv-, lovgivnings- og konventionsmæssig status</b>
1337	Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer omfatter ikke
1338	østrogener.
1339	17-alpha-ethinyløstradiol (EE2), 17-beta-østradiol (E2) samt østron (E1)
1340	er på vandrammedirektivets observationsliste (EU 2022a).
1341	Miljøkvalitetskrav for østrogener i overfladevand er oplyst i tabel
1342	2.16.

**Tabel 2.16.** Miljøkvalitetskrav (MKK) for østrogener i overfladevand (Miljøministeriet 2023a).

	Vand (µg/l)		Sediment		Biota			
	Generelt kvalitetskrav		Maksimum-koncentration		(µg/kg VV)			
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin		
Etinyløstradiol	0,000075	0,000075	0,00075	0,00075	6,63x10 <sup>-6</sup> 3,428x10 <sup>-4</sup> *foc	6,63x10 <sup>-6</sup> 3,428x10 <sup>-4</sup> * foc	0,00609	0,00609
17-β-Østradiol	0,0001	0,0001	4,6	4,6				

1343 foc er fraktion af organisk kulstof i sedimentet. Hvis indholdet af orga-  
 1344 nisk kulstof i det givne sediment er ukendt, kan en EU-standardværdi  
 1345 for sedimentets indhold af organisk kulstof på 5 % anvendes.

## 1346 2.19 Biologiske effektmålinger

1347 De biologiske effekter af miljøfarlige forurenende stoffer undersøges  
 1348 ved forskellige biologiske effektindikatorer i muslinger og fisk. Over-  
 1349 vågningen af biologiske effekter i NOVANA udføres koordineret med  
 1350 undersøgelserne af miljøfarlige forurenende stoffer. Vurderingskrite-  
 1351 rier er angivet i bilag 2.

1352 Ålekvabbe (*Zoarces viviparus*) og blåmuslinger (*Mytilus edulis*) anven-  
 1353 des i overvågningen som indikatorer for forekomst af effekter af miljø-  
 1354 farlige forurenende stoffer i dyr fra kystnære områder. For de biologi-  
 1355 ske effektmålinger, der er præsenteret i denne rapport, blev ålekvabber  
 1356 indsamlet ved stationen Kalvebodløbet ved Hvidovre Havn (den  
 1357 nordlige del af Køge Bugt). Her blev ålekvabber undersøgt for fore-  
 1358 komst af de PAH-specifikke biologiske effektindikatorer for CYP1A-  
 1359 enzymatisk aktivitet (målt som EROD) og niveauet af PAH-metabolit-  
 1360 ter i galde samt den mere generelle effektindikator reproduktiv succes,  
 1361 som også omfatter undersøgelser af forekomsten af fejludviklede un-  
 1362 ger. Blåmuslinger blev indsamlet til undersøgelserne af lysosomal  
 1363 membranstabilitet ved stationerne Nivå Bugt, Agersø og Sjællands  
 1364 Odde (i 2019). De PAH-specifikke effektindikatorer omfatter PAH-me-  
 1365 tabolitter i fiskegalde og CYP1A-enzymatisk aktivitet i fiskelever.

## 1366 PAH-metabolitter i fiskegalde

1367 Metabolitterne af PAHer er til stede i fiskegalde i den sidste fase af bio-  
 1368 transformationsprocessen, hvor fedtopløselige PAH forbindelser om-  
 1369 dannes til mere vandopløselige former og derefter udskilles fra

1370 organismen. Derfor bruges måling af disse forbindelser i fiskegalde  
1371 ved hjælp af fluorescensanalytiske teknikker som et redskab til at vur-  
1372 dere fisks eksponering for PAHer (Davies & Vethaak, 2012). Denne in-  
1373 dikator anvendes til vurdering af PAH-eksponering i fisk i både  
1374 OSPAR og HELCOM (Tairova & Strand, 2021).

#### 1375 **CYP1A aktivitet i fiskelever**

1376 Aktiviteten af cytochrom P450 1A (CYP1A) enzymfamilien, som er an-  
1377 svarlig for den primære metabolisme af PAHer og polychlorede bi-  
1378 fenylter (PCBer), måles ved brug af det kunstige substrat 7-ethoxy-  
1379 resorufin (EROD). PAHer, PCBer og dioxinlignende forbindelser indu-  
1380 cerer syntesen af CYP1A ved at binde sig til arylhydrocarbonrecep-  
1381 tor/ARNT-komplekset, og derfor anvendes målingen af EROD-aktivi-  
1382 teten som et redskab til at måle induktionen af dette enzymesystem for-  
1383 årsaget af denne type forurening (Davies & Vethaak, 2012). Den biolo-  
1384 giske effekt indikator er beskrevet i OSPAR Joint Monitoring and as-  
1385 sessment Program (JAMP) teknisk bilag 2 om PAH-specifik overvåg-  
1386 ning af biologiske effekter, og under OSPAR pre-CEMP: "general bio-  
1387 logical effect". Denne indikator var også en del af HELCOMs kandidat-  
1388 indikatorliste men er endnu ikke klar til brug i HELCOM regi (HEL-  
1389 COM HOD, 2016).

#### 1390 **Lysosomal membranstabilitet i muslinger**

1391 Hos blåmuslinger (*Mytilus edulis*) måles, som en del af det danske over-  
1392 vågningsprogram, lysosomal membranstabilitet (LMS) som indikator  
1393 under OSPAR pre-CEMP: "General biological effect". Denne indikator  
1394 er også en del af HELCOMs kandidatindikatorliste men er endnu ikke  
1395 klar til brug i HELCOM regi (HELCOM HOD, 2016).

1396 LMS er en type af lysosomale responser, der bruges som effekt-biomar-  
1397 kører, og som indikerer generel stress udløst af forurening i havmiljøet  
1398 (Davies & Vethaak, 2012). LMS kan blive påvirket, når visse fysiologi-  
1399 ske eller patologiske tilstande opstår, herunder dem, der kan fremkal-  
1400 des af miljøfarlige forurenende stoffer (Martínez-Gómez et al., 2015).

#### 1401 **Reproduktiv succes hos ålekvabbe**

1402 "Reproduktiv succes hos ålekvabbe" (WGBEC 2012, OSPAR 2013).  
1403 Denne indikator blev foreslået som en pre-core indikator på HEL-  
1404 COMs indikatorliste, men den er endnu ikke klar til brug i HELCOM  
1405 regi (HELCOM HOD, 2016). Denne indikator blev inkluderet i JAMP-  
1406 retningslinjer for generel biologisk effektmonitorering (OSPAR, 2007).

1407 Reproduktiv succes måles som andel af misdannede unger (type B-G),  
1408 andel af sent døde unger (type A), andel af tidligt døde unger (type 0)  
1409 og andel af totale abnorme unger (alle typer). Ålekvabben (*Zoarcetes vi-*  
1410 *viparus*), også kaldet levendefødende kutling, kan anvendes som bio-  
1411 indikator for påvirkningen af miljøfarlige forurenende stoffer på re-  
1412 produktiv succes hos levendefødende fisk i havmiljøet. De miljøfarlige  
1413 forurenende stoffer, der kan påvirke embryonal og larveudvikling hos

1414  
1415  
1416

fisk, omfatter organochloriner, pesticider, polycykliske aromatiske kulbrinter (PAHer), tungmetaller og organometaller (Davies & Vethaak, 2012).

1417

Udvalgt

1418

### 3 Data for de enkelte medier 2023

1419  
1420  
1421  
1422  
1423  
1424  
1425  
1426

I dette afsnit præsenteres en overordnet beskrivelse af resultaterne af analyser af miljøfarlige forurenende stoffer (MFS) i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning for 2023 samt i perioden 2018-2023 for Søer, vandløb, marint og punktkilde. I det omfang, der er tilstrækkeligt datagrundlag for det, er der foretaget en analyse af, om der er statistisk signifikant forskel på koncentrationerne indenfor perioden. Da datagrundlaget er forskelligt for de forskellige medier, er der forskel i beregninger og præsentation af data.

1427

Delprogrammet for MFS i NOVANA er nærmere beskrevet i kapitel 1.

1428  
1429  
1430  
1431

Den samlede liste over analyserede parametre kan findes i programbeskrivelsen for NOVANA 2023-2027 (<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-556-5.pdf>).

1432

#### 3.1 Marint miljø herunder biologiske effekter

1433

*Martin Mørk Larsen, Jakob Strand og Zhanna Tairova*

1434  
1435  
1436  
1437  
1438  
1439

Kontrolovervågningen af miljøfarlige forurenende stoffer (MFS) i det marine miljø i NOVANA-overvågningen omfatter 72 stationer. Stationerne er opdelt på, om der udtages fisk, muslinger eller sediment. På de fleste stationer udtages prøver en enkelt gang i en programperiode, men på enkelte fiske- og muslingestationer udtages der prøver hvert år. I den operationelle overvågning indgår 270 stationer.

1440  
1441  
1442  
1443  
1444  
1445

De MFS, hvis forekomst kvantificeres under det marine overvågningsprogram, er fordelt på 12 grupper: metaller, polyaromatiske kulbrinter (PAH), aromatiske kulbrinter, polychlorede biphenyler (PCB), chlorerede pesticider, dioxiner/furaner, WHO PCBer, bromerede flammehæmmere, organotinforbindelser, perfluorerede forbindelser (PFAS), blodgørere og phenoler.

1446  
1447  
1448  
1449  
1450  
1451  
1452  
1453  
1454  
1455  
1456  
1457  
1458  
1459

I det marine program er der udover miljøkvalitetskravene normalt anvendt vurderingskriterier vedtaget i Nordsø- og HELCOM konventionerne OSPAR og HELCOM, som Danmark også har accepteret. Det drejer sig om EAC (Environmental Assessment Criteria), forløberen til MKK. EAC er fastlagt for en række organiske stoffer ud fra økotoxikologiske kriterier der svarer lidt til EU's guidance 27 (som MKK baserer sig på). For EAC er der, grundet en begrænset mængde økotoxikologiske data til rådighed, i højere grad lagt vægt på videnskabelige vurderinger (OSPAR, 2021a). Herudover er der etableret Background Assessment Criteria (BAC), som, for naturligt forekommende stoffer, er det forventede baggrundsniveau, tillagt en analyseusikkerhed. For organiske analyser er baggrundsniveauet sat til 0. Det betyder, at det for disse analyser reelt er analyseusikkerheden på analyserne der afgør niveauet af BAC. Man kan her vurdere om et rapporteret tal er



1460  
1461

signifikant under analyseusikkerheden og dermed ikke væsentligt forskellig fra 0 (OSPAR, 2021b).

1462  
1463  
1464  
1465  
1466  
1467

Udover måling af koncentrationer af udvalgte stoffer (tabel 3.1) er der også en række biologiske effekter der måles, enten som biologiske ændringer (imposex, reproduktiv succes og lysosomal stabilitet) eller specifikke biologiske responser på påvirkning af kemikalier (PAH-metabolitter og EROD induktion). Imposex er et meget specifikt biologisk respons på TBT.

**Tabel 3.1.** Oversigt over stofgrupper, biologiske effekter og antal stationer, der er analyseret i marine prøver som en del af NOVANA-programmet for sediment, muslinger og fisk i 2023. For fisk måles PFOS i lever og PAH-metabolitter i galde, mens alle øvrige stoffer måles i muskel.

Stofgruppe/biologisk effekt	Sediment	Muslinger	Fisk
Antal stationer i alt	30	25	8
Kviksølv (Hg)	-	25	8
Andre grundstoffer <sup>1</sup>	-	25	-
Organotinforbindelser (TBT, DBT, MBT, TPhT)	-	3	-
PAHer <sup>2</sup>	-	25	-
Blødgørere og phenoler	30	-	-
Dioxin, furaner og dioxinlignende PCBer	-	-	8
Chlorerede pesticider og alm. PCBer	-	-	8
Bromerede flammehæmmere <sup>3</sup>	-	-	8
Perfluorerede stoffer (PFAS, lever)	-	-	8
Imposex (OBS havsnegle)	-	7	-
Ålekvabbe reproduktiv succes	-	-	1+1
PAH-metabolitter	-	-	1+1
CYP1A enzymaktivitet (EROD)	-	-	0+1
Ålekvabbe yngeludvikling	-	-	1+1
Lysosomal stabilitet	-	2	-

<sup>1</sup> Cadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu), nikkel (Ni), krom (Cr), arsen (As), zink (Zn). Desuden sølv (Ag) i muslinger, da stoffet indgår i EU's skaldyrsdirektiv.

<sup>2</sup> Polyaromatiske (3-7 aromatringe) og aromatiske (naphthalen) hydrocarboner/kulbrinter.

<sup>3</sup> PBDE og HCBDD.

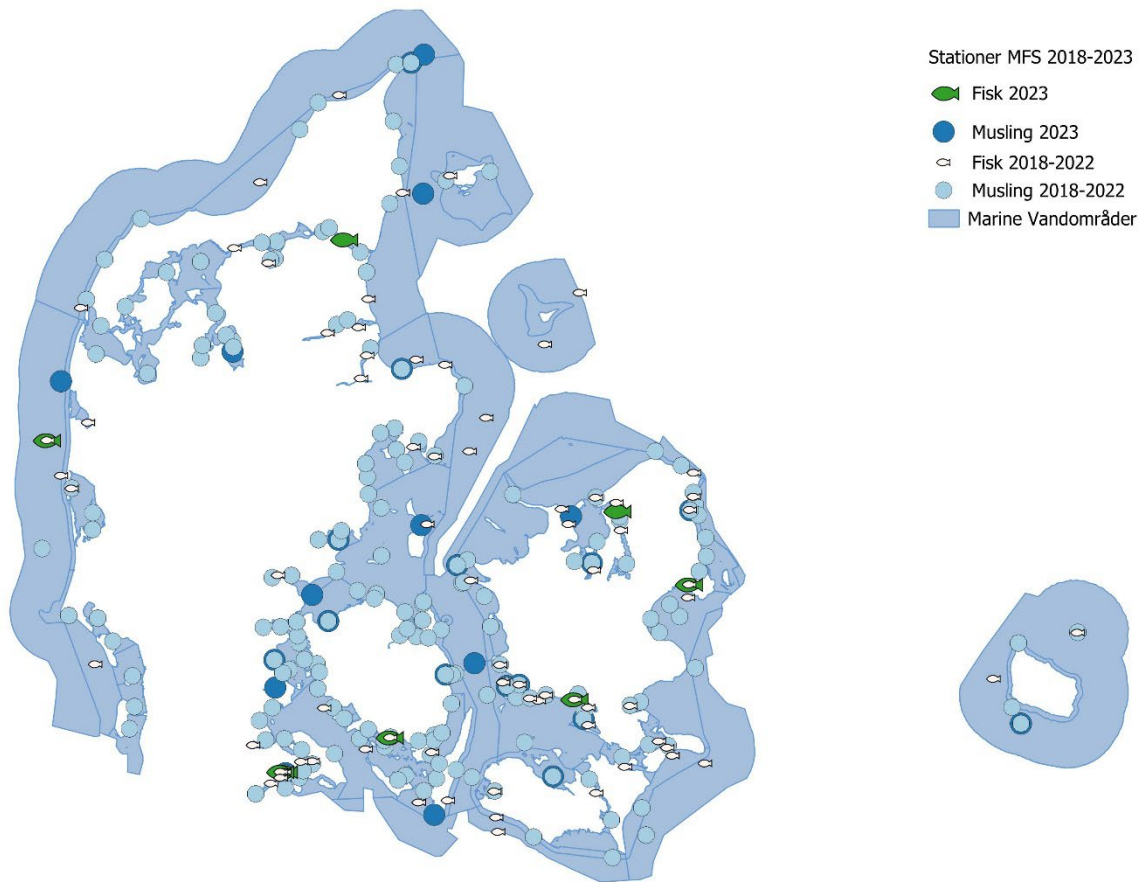
1468  
1469  
1470  
1471  
1472  
1473  
1474  
1475  
1476  
1477  
1478  
1479  
1480  
1481  
1482  
1483

For stoffer med miljækvalitetskrav (MKK), biologiske kvalitetskriterier (BKK) eller fødevarekrav er opgjort antallet af målinger over detektionsgrænsen og over de enkelte krav (tabel 3.2-3.7). MKK kan være enten nationalt fastsatte eller baseret på EU's lister over biologiske Environmental Quality Criteria, som er indføjet i dansk lovgivning som MKK. Tabel 3.2 viser overblikket for metaller, og det bemærkes at der er relativt få målinger i 2023 i forhold til 2018-2023 (kun ca. 10% i forhold til de sidste 6 år). For fisk har der været stigende problemer med at fange fisk på de lokaliteter, der var udset til at skulle måles på. To stationer indgår hvert andet år, og disse kan bruges til tidstrends, men ellers prøvetages der forskellige steder hvert år. Det betyder også at et års resultater ikke kan bruges til at sammenligne direkte med foregående år, men i løbet af en 6 års cyklus er der målt data fra stort set alle vandområder (se figur 3.1). I relativt mange vandområder er koncentrationerne af bly over MKK (40%), med lidt færre (12-16%) for kviksølv og cadmium. For nærmere gennemgang, se kapitel 4 om metaller,

1484  
1485

hvor også de øvrige metaller der indgår i overvågningen, er beskrevet (nikkel, kobber, zink, arsen, krom og sølv).

1486



1487  
1488  
1489  
1490

**Figur 3.1.** Stationer for miljøfarlige forurenende stoffer i biota i det marine program, med indikation af, om prøverne er udtaget i 2023 (mørke markeringer) eller 2018-2022 (lyse markeringer).

1491  
1492  
1493  
1494  
1495  
1496  
1497  
1498

MKK for PAHer er fastlagt for muslinger, hvorimod de øvrige MKK gælder for fisk. Kviksølv måles i både fisk og muslinger, og det kan derfor argumenteres for, at der bør korrigeres for trofisk niveau eller energioptag efter EU's Guideline 32 (EU 2014). I Larsen og Strand (2018) blev en trofisk-niveauekorrigering anvendt til at beregne en muslinge-baseret MKK ud fra en trofisk magnifiseringsfaktor (TMF) på 4 (3,5 - 4,7) og en MKK for muslinger blev beregnet til 1,25 µg/kg (mellem 0,9 og 1,6 µg/kg).

1499  
1500  
1501  
1502  
1503  
1504  
1505

For de organiske stoffer, der ophobes i fedtvæv, kan der anvendes normalisering til 5% fedt, hvis det ikke er et fødevarerkrav, der ligger til grund for MKK. Hvis MKK er baseret på et fødevarerkrav anvendes i stedet vådvægtskoncentrationen (evt. normaliseret til 26% tørstof for fisk jvnf. Guidance no. 32). Normalt fedtindhold i muskel er omkring 1%, så det betyder en faktor 5 højere fedt for normaliserede koncentrationer.

1506  
1507  
1508  
1509  
1510  
1511  
1512  
1513  
1514  
1515

Tabellerne nedenfor viser resultaterne for henholdsvis 2023 og den seneste 6 års periode fra 2018 til og med 2023 (n (årstal) angivet over de to opgørelser). For hver stofgruppe angives %-delen af resultater over detektionsgrænsen (>DG, jo større tal jo flere resultater er målt), og afhængig af hvilke vurderingskrav og kriterier der er tilgængelige i bilag 2 ligeledes %-delen af resultater over BAC, MKK, EAC og fødevarekriterierne for det enkelte stof. – indikerer at det angivne miljøkvalitetskrav/kriterium ikke er fastlagt. For hver periode er desuden angivet koncentrationen af medianværdien, 90% percentilen og maksimumkoncentrationen for prøverne.

1516  
1517

### 3.1.1. PAH og metaller i muslinger

**Tabel 3.2.** Opgørelse af koncentrationer af kviksølv, cadmium og bly i muslinger efter OSPARs baggrundsvurderingskriterie (BAC baseret på indholdet i tørstof) og miljøkvalitetskravene baseret på vådvægt. (EU's kviksølv miljøkvalitetskrav og nationale miljøkvalitetskrav for cadmium og bly baseret på indholdet i vådvægt) og fødevaregrænseværdier fra bilag 2.

Opgørelse	Kviksølv fiskemuskel	Kviksølv muslinger <sup>#</sup>	Cadmium muslinger	Bly muslinger
n (2023)	8	25	25	25
Resultater > DG (%)	100	100	100	88
Større end BAC (%)	100	28	24	4
Større end MKK* (%)	12,5	12	16	40
Større end EU fødevare (%)	0	0	0	0
Median (µg/kg VV)	38	12	128	100
90% percentil (µg/kg VV)	171	21	177	182
Maksimum (µg/kg VV)	345	30	248	266
n (2018-2023)	89	247	247	247
Resultater > DG (%)	100	100	100	97
Større end BAC (%)	100	50	47	21
Større end MKK* (%)	90	2	7	7
Større end EU fødevare (%)	1	0	0	0
Median (µg/kg VV)	49	15	161	136
90% percentil (µg/kg VV)	182	36	247	249
Maksimum (µg/kg VV)	661	136	648	820

\* MKK = miljøkvalitetskrav (danske) # Muslinger er IKKE korrigeret for trofisk niveau eller energioptag. Efter trofisk-korrektion vil den justerede EQS værdi være 1,25 µg/kg VV (svarende ca. til detektionsgrænsen)

1518  
1519  
1520  
1521  
1522  
1523  
1524  
1525  
1526  
1527  
1528  
1529

For PAHerne er der MKK for 5 specifikke stoffer (tabel 3.3), og generelt er disse PAHer fundet i mindst halvdelen af prøverne. OSPARs baggrundsvurderingskoncentrationer indikerer at benzo(a)pyren og benzo(ghi)perylene findes i højere koncentrationer end, hvad Nordsø landene betragter som baggrund, men der er ingen koncentrationer over MKK og EAC værdierne, bortset fra enkelte lokaliteter for benzo(b)kfluoranthren. Koncentrationerne i 2023 svarer nogenlunde til medianværdierne for 2018-2023, og for de fleste er maksimumkoncentrationerne også i samme område (undtagen antracen). Udviklingen i PAH-koncentrationer tilbage i tid, er gennemgået i kapitel 4. Resultaterne for 2023 ligger stort set på niveau med 2018-2023, baseret på 25 målinger mod ca. 10 gange flere målinger over de seneste 6 år. Da

1530  
1531  
1532

stationerne varierer fra år til år (figur 3.1), er det ikke muligt at sammenligne årene direkte, men indenfor hvert 6 års interval, forventes der at være data fra alle vandområder.

**Tabel 3.3.** Opgørelse af koncentrationen af PAHer i muslinger i forhold til OSPARs baggrundsvurderingskriterie (BAC baseret på indholdet i tørstof), miljøkvalitetskrav (MKK), OSPAR EAC og EU's fødevarergrænseværdier (alle baseret på indhold i muslinger på vådvægt) fra Bilag 2.

Opgørelse	Fluoranthen	Benzo(a)pyren	Benzo(b+j+k)-fluoranthen	Benzo(g,h,i)-perylene	Indeno(1,2,3-cd)pyren
n (2023)	25	25	25	25	25
Resultater > DG (%)	100	76	100	52	44
Større end BAC (%)	28	4	-	56	24
Større end MKK* (%)	8	0	8	0	0
Større end OSPAR EAC (%)	0	0	-	0	-
Større end EU fødevarer (%)	-	0	-	-	-
Median (µg/kg VV)	1,8	0,5	1,5	0,4	0,3
90% percentil (µg/kg VV)	4,0	1,1	2,4	0,9	0,7
Maksimum (µg/kg VV)	11,4	3,5	9,6	2,8	1,6
n (2018-2023)	247	247	247	247	247
Resultater > DG (%)	99,6	69,2	99,6	57,1	53,4
Større end BAC (%)	59,1	1,6	-	57,5	44,9
Større end MKK* (%)	7,3	0	5,3	0	0
Større end OSPAR EAC (%)	0,4	0	-	0	-
Større end EU fødevarer (%)	-	0	-	-	-
Median (µg/kg VV)	2,3	0,4	1,5	0,5	0,4
90% percentil (µg/kg VV)	4,7	0,9	3,4	1,1	1,0
Maksimum (µg/kg VV)	33,0	3,5	10,8	3,0	4,0

\* MKK = miljøkvalitetskrav (danske)

1533  
1534  
1535  
1536  
1537  
1538  
1539  
1540  
  
1541  
  
1542

Udover disse 5 PAHer er der for antracen, naphthalen og methylnaphthalener, udviklet danske MKK, og for naphthalen og 6 yderligere PAHer udviklet BAC og/eller EAC-værdier (tabel 3.4). Også for disse er der en del målinger over baggrundskoncentrationen (BAC) (28-96%), men ikke nogen over EAC eller MKK, så der er tale om forhøjede koncentrationer der ikke forventes at have miljømæssig påvirkning. For summen af mono-, di- og trimethylnaphthalenerne er der heller ingen målte koncentrationer højere end MKK.

**Tabel 3.4.** Opgørelse af koncentrationen af PAHer i muslinger efter OSPARs baggrundsvurderings- og miljøvurderingskriterier BAC og EAC samt EU's fødevarergrænseværdier fra *Bilag 2*.

Opgørelse	Naphthalen	Anthracen	Benzo(a)-anthracen	Chrysen/triphenylen	Perylen	Phenanthren	Pyren
n (2023)	25	25	25	25	25	25	25
> DG (%)	96	48	96	96	36	100	100
> BAC (%)	96	-	68	36	60	76	28
> MKK* (%)	0	0	-	-	-	-	-
> EAC (%)	0	0	0	-	-	88	36
Median (µg/kg VV)	2,2	0,2	0,5	1,4	0,4	3,5	1,4
90% percentil (µg/kg VV)	4,7	0,4	1,8	3,0	0,9	5,4	2,9
Maksimum (µg/kg VV)	5,2	1,5	5,5	8,0	1,5	7,1	8,4
n (2018-2023)	224	246	246	246	246	245	246
> DG (%)	99,6	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	100,0
> BAC (%)	42,4	-	6,9	1,6	4,1	0,8	0,0
> MKK* (%)	0,0	0,0	-	-	-	-	-
> EAC (%)	0,0	0,0	0,0	-	-	64,5	52,4
Median (µg/kg VV)	2,2	0,2	0,8	1,4	0,4	2,4	1,8
90% percentil (µg/kg VV)	4,6	0,5	2,0	2,8	1,6	5,1	3,6
Maksimum (µg/kg VV)	10,9	3,2	36,0	21,5	3,8	21,0	10,5

\* MKK = miljøkvalitetskrav (danske)

1543

### 3.1.2 Fisk

1544

#### Halogenerede stoffer i fisk

1545

1546

1547

1548

1549

1550

1551

1552

1553

1554

1555

1556

1557

I fisk er der målt for en række andre organiske forbindelser, opsummeret i tabel 3.5. PCBerne betragtes fortrinsvis som gammel forurening, og CB118 anvendes som indikator for dioxin-lignende PCBer, hvorimod CB153 er en indikator for ikke-dioxinlignende PCBer. Summen af CB28, 52, 101, 138, 153 og 180 er en mere robust indikator for ikke-dioxinlignende PCBer. Endelig er der to summer for dioxiner og furaner, summeret baseret på deres toksicitet, og summen af dioxiner og furaner og de dioxin lignende PCBer baseret på WHO's toksicitets-ækvivalenter (fortrinsvis fra 2005, men i 2019 og 2020 blev der rapporteret baseret på de originale 1998 WHO toksicitets-ækvivalenter, som giver nogle lidt højere summer end 2005 ækvivalenterne). I 2018 blev der ikke målt dioxin og furaner. Bemærk at dioxin og furaner måles med en 1000x lavere enhed ( $10^{-12}$  i forhold til  $10^{-9}$ ).

1558

1559

**Tabel 3.5.** Opgørelse af koncentrationen chlorerede og bromerede forbindelser efter OSPARs baggrundsvurderings- og miljøvurderingskriterier BAC og EAC, MKK samt EU's fødevaregrænseværdier fra bilag 2. ICES 6 PCB er normaliseret til 5% lipid indhold før sammenligning med MKK, WHO-PCDD er fødevarekrav og derfor ikke lipidnormaliseret.

Opgørelse	PCB118	PCB153	ICES 6 PCB	WHO TEQ PCDD/F	WHO TEQ PCDD/F + DL-PCB
Enhed VV	µg/kg	µg/kg	µg/kg	ng/kg	ng/kg
n (2023)	9	9	9	8	8
> DG (%)	89	100	89	-	-
> BAC (%)	89	-	67	-	-
> MKK* (%)	-	-	0	100	-
> EAC (%)	33	78	0	-	-
>fødevarer (%)	--	0	0	100	100
Median	0,6	1,2	0,1	0,1	0,1
90% percentil	3,5	6,6	1,3	0,3	0,4
Maksimum	8,6	16,2	3,3	0,8	0,9
n (2018-2023)	90	90	89	34	34
> DG (%)	72,2	100,0	75,3	0	0
> BAC (%)	88,9	-	65,2	-	-
> MKK* (%)	-	-	0	76,5	-
> EAC (%)	25,6	80,0	0	-	-
>fødev. (%)	-	0	0	79,4	100,0
Median	0,5	1,0	0,1	<DL	0,2
90% percentil	3,3	6,4	1,2	0,1	0,9
Maksimum	12,3	22,8	4,9	0,8	1,9

\* MKK = miljøkvalitetskrav (danske)

1560  
1561  
1562  
1563  
1564  
1565  
1566  
1567

Udover PFOS, som for nuværende er den eneste fluorerede forbindelse med et miljøkvalitetskrav, måles der fra og med 2023 på i alt 24 PFAS, som forventes at indgå i et nyt PFAS MKK, som kommer til at indeholde en sum, svarende til dioxinernes toksicitetsækvivalenter for de 24 PFAS, hvor der for otte PFAS vil være relative potens faktorer over 1 (mellem 1,3 for PFHpS og 10 for PFNA) og for 15 PFAS vil være potens faktorer under 1 (Larsen, Vorkamp og Bossi, 2024). Der normaliseres til PFOA, med toksicitetsækvivalent på 2 for PFOS.

1568  
1569  
1570  
1571  
1572  
1573  
1574

I 2023 er der ikke målt koncentrationer over den nuværende MKK, når der tages hensyn til opkoncentrering af PFOS i fiskelever på en faktor 5 i forhold til fiskemuskel. For fødevarer er der et nyere krav, som er lavere end den eksisterende MKK, her er der målt koncentrationer i en enkelt fisk fra perioden 2018-2022 som er højere end grænseværdien, men kun hvis der ikke korrigeres for opkoncentrering i lever. Så reelt viser alle resultater koncentrationer under MKK.

1575  
1576  
1577  
1578  
1579  
1580

For de bromerede flammehæmmere ( $\Sigma$ 6PBDE for BDE 28, 47, 99, 100, 153 og 154) er der ikke målt koncentrationer højere end MKK eller fødevarekriteriet, ligesom der for den bromerede hexabromcyclododecan (summen af alpha, beta og gamma-HBCDD) ikke er målt koncentrationer højere end det nuværende MKK. Der er stillet forslag om at MKK skal sænkes til 3,5 µg/kg vådvægt (Larsen&Vorkamp, 2023), det

1581  
1582

ændrer dog ikke på at alle koncentrationer fra 2018-2023 er under også den foreslåede værdi.

1583  
1584  
1585

For de chlorerede pesticider, nedbrydningsproduktet af DDT (DDE), hexachlorbenzen og gamma-lindan (g-HCH) findes heller ingen målinger med koncentrationer højere end kvalitetskravet.

**Tablet 3.6.** Opgørelse af koncentrationen af fluorerede (PFOS), bromerede (PBDE) og chlorerede pesticid forbindelser efter OSPARs baggrundsvurderings- og miljøvurderingskriterier BAC og EAC, MKK samt EU's fødevarergrænseværdier fra Bilag 2. Alle resultater er normaliseret til 5% lipid indhold ved sammenligning med MKK.

Opgørelse	PFOS	Σ6PBDE	ΣHBCDD	DDE, p,p'-	HCB	HCH
n (2023)	9	8	9	8	8	8
> DG (%)	89	25	-	100	25	25
> BAC (%)	-	0	-	87,5	-	-
> MKK* (%)	0	75	0	0	-	-
> EAC (%)	-	0	-	0	-	0
>fødevarer (%)	0	0	-	-	-	-
Median	3,3	0,019	0,006	0,5	0,03	0,05
90% percentil	5,6	0,051	0,022	0,8	0,07	0,07
Maksimum	5,7	0,052	0,024	1,3	0,07	0,07
n (2018-2023)	89	78	89	36	36	11
> DG (%)	98,9	20,5	0	100	38,9	45,5
> BAC (%)	-	2,6	-	86,1	-	-
> MKK* (%)	0,0	71,8	0	0	-	-
> EAC (%)	-	0	-	-	-	-
>fødev. (%)	5,6	0	-	-	-	-
Median	2,3	0,015	0,012	0,5	0,04	0,05
90% percentil	6,2	0,048	0,024	1,2	0,07	0,07
Maksimum	10,9	0,096	0,052	2,3	0,08	0,09

\* MKK = miljøkvalitetskrav (danske)

1586

### Organotin

1587  
1588  
1589  
1590  
1591  
1592  
1593  
1594  
1595  
1596  
1597

For organotin forbindelser er niveauet af TBT i muslinger og imposex i havsnegle fra både åbne farvande og kystnære område lavere end baggrundsvurderingskriterierne og ofte også under den analytiske detektionsgrænse. Derimod forekommer der stadigvæk væsentligt forhøjede niveauer af TBT inde i havne, hvor niveauerne af både TBT i muslinger og imposex/intersex i havsnegle ofte er højere end miljøvurderingskriterierne EAC og BKK og endda HKK, se tabel 3.7. De forhøjede koncentrationer af TBT i havne og deraf følgende biologiske effekter i havsnegle, kan formentlig tillægges at TBT stadig frigives fra deponier i sedimenter eller kommer fra afstrømning af vedligeholdelsespladser for både på land. I flere af de undersøgte havneområder er

1598  
1599

niveauerne stadigvæk så høje at der forekommer sterile snegle pga. imposex/intersex.

**Tablet 3.7.** Opgørelse af koncentrationen af tributyltin (TBT) i muslinger nationale miljækvalitetskriterier for biota til beskyttelse af toppredatorer (BKK) og mennesker (HKK) baseret på vådvægt (VV) samt af OSPARs anbefalede baggrundsvurderingskriterie (BAC) og miljøvurderingskriterie (EAC) baseret på indholdet i tørstof (TS) samt miljøvurderingskriterier for forekomsten af imposex og intersex i havsnegle baseret på VDSI og ISI-værdier (bilag 2).

Opgørelse	TBT	TBT	TBT	Imposex/intersex	Imposex/intersex
	Blåmusling, kystnære	Blåmusling, havne	Sediment, åbne farvande	Havsnegle, åbne farvande	Havsnegle, havne
<b>n (2023)</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>0</b>
Resultater > DG (%)	0	-	-	43	-
Større end BAC (%)	0	-	-	0	-
Større end BKK / EAC (%)	0	-	-	0	-
Større end HKK (%)	0	-	-	-	-
Median (µg/kg VV), VDSI	< DG	-	-	0,03	-
90% percentil (µg/kg VV), VDSI	-	-	-	-	-
Maksimum (µg/kg VV), VDSI	< DG	-	-	0.08	-
<b>n (2018-2023)</b>	<b>70</b>	<b>23</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>28</b>
Resultater > DG (%)	30	100	0	67	89
Større end BAC (%)	27	100	-	33	82
Større end BKK / SKK / EAC (%)	14/ 6	91 / 83	0	0	75
Større end HKK (%)	0	52	-	-	-
Median (µg/kg VV), VDSI	< DG	30,2	< DG	0,06	0,33
90% percentil (µg/kg VV), VDSI	2,5	111	< DG	0,38	3,0
Maksimum (µg/kg VV), VDSI	29	246	< DG	0,5	4,1

1600

1601  
1602  
1603  
1604  
1605  
1606  
1607

Med hensyn til forekomsten af andre målte organotin forbindelser i perioden 1998 - 2023, kan DMT og MBT ofte måles i muslinger, hvor der også er fundet TBT. DMT og MBT er nedbrydningsprodukter af TBT og findes oftest i koncentrationer, der er lavere end TBT. TPhT er kun fundet i 39% af 23 muslingeprøver fra havneområder (dvs. median < DG), og med 90% percentil på 40 µg/kg VV og maksimumværdi på 79 µg/kg VV.



1608  
1609  
1610  
1611  
1612  
1613  
1614  
1615  
1616

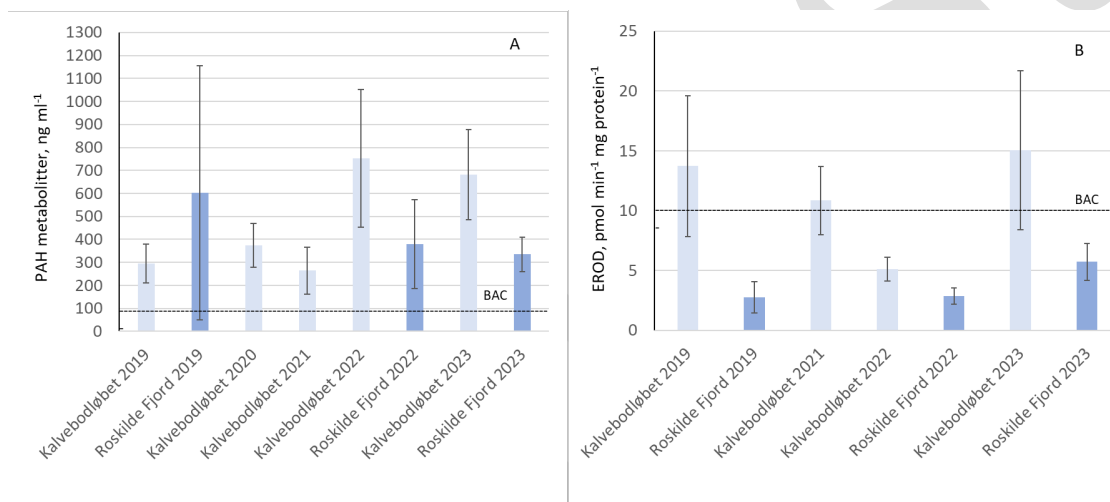
### 3.1.3 Biologiske effektmålinger

Beskrivelser af de biologiske effektmålinger, som anvendes i NOVANA, findes i kapitel 2.19, og vurderingskriterierne i bilag 2. Resultaterne for perioden 2018-2023 er præsenteret nedenfor. Bemærk at hvor det for PAH-specifikke effekter og reproduktiv succes er værdier over BAC eller EAC der indikerer manglende målsætningsopfyldelse, er det for lysosomalmembran aktivitet i muslinger omvendt da højere er bedre, så værdier under BAC og EAC indikerer manglende målsætningsopfyldelse.

1617  
1618  
1619  
1620  
1621

### PAH-specifikke effektindikatorer

De PAH-specifikke effektindikatorer omfatter "PAH-metabolitter i fiskegalde" og "CYP1A-enzymatisk aktivitet i fiskelever". De tilgængelige data for begge indikatorer målt i perioden 2018-2023 for to stationer, Kalvebodløbet og Roskilde Fjord, er vist i Figur 3.2.A og B



**Figur 3.2.** Niveauer af den PAH-specifikke effektindikator i ålekvabbe: PAH-metabolitter i galde (A) og CYP1A-enzymatisk aktivitet i fiskelever (EROD) målt i fiskelever (B) (ålekvabbe, *Zoarces viviparus*). Begge indikatorer var undersøgt ved Kalvebodløbet og Roskilde Fjord i perioden 2019-2023 (middel  $\pm$  95 % konfidensinterval). Den stiplede linje er BAC værdier (BAC (PAH metabolitter) = 92 ng ml<sup>-1</sup>; BAC (EROD) = 10 pmol min<sup>-1</sup> mg protein<sup>-1</sup>).

1622  
1623  
1624  
1625  
1626  
1627

Effektundersøgelserne af ålekvabbe i perioden 2019-2023 viste forhøjede niveauer for den PAH-specifikke effektindikator PAH-metabolitter i galde ved stationer i Kalvebodløbet ved Køge Bugts nordlige del og i Roskilde Fjord (figur 3.2.A). Niveauer af PAH-metabolitter i galde var i alle årene i begge stationer væsentligt højere end baggrundsresponsniveauet (BAC) fastsat af ICES (se bilag 2).

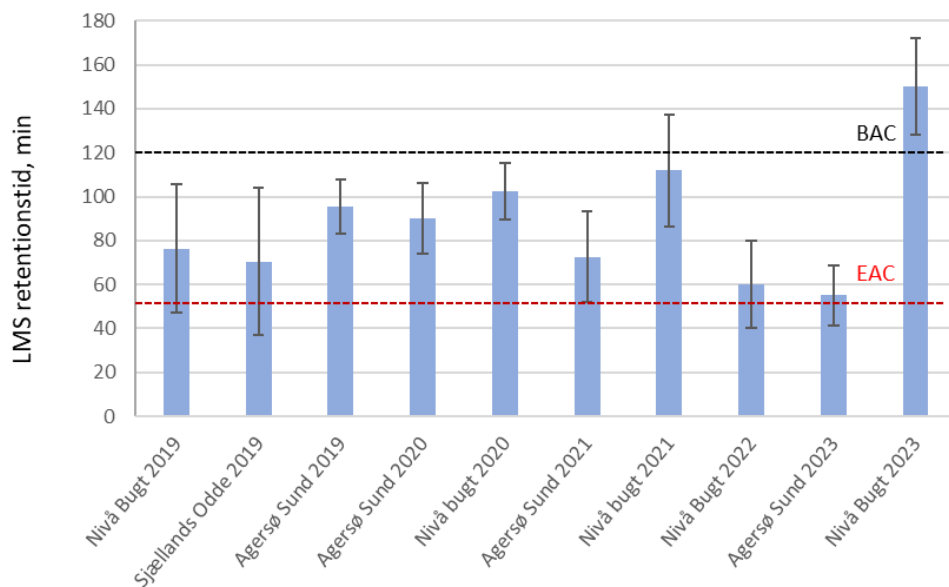
1628  
1629  
1630  
1631  
1632  
1633

Effektundersøgelserne af CYP1A-aktivitet i ålekvabbers lever, i perioden 2019-2023 viste forhøjede niveauer for den PAH-specifikke effektindikator ved stationer i Kalvebodløbet ved Køge Bugts nordlige del i 2019, 2021 og 2023 (figur 3.2.B). Niveauer af den biologisk respons var i disse tre tilfælde væsentligt højere end baggrundsresponsniveauet (BAC) fastsat af ICES (se bilag 2).

1634  
1635  
1636

### Lysosomal membranstabilitet i muslinger

De tilgængelige data for LMS i muslinger i perioden 2018-2023 for to stationer, Kalvebodløbet og Roskilde Fjord, er vist i Figur 3.3.



**Figur 3.3.** Lysosomal membranstabilitet (LMS) i blåmuslinger fra to forskellige kystnære områder ved Kalvebodløbet og Roskilde Fjord i perioden 2019-2023 (middel  $\pm$  95 % konfidensinterval). Den sorte stiplede linje er BAC værdi (BAC= 120 min, retentionstid) og den røde stiplede linje er EAC værdi (EAC=50 min, retentionstid).

1637

1638  
1639  
1640  
1641  
1642  
1643  
1644  
1645  
1646  
1647

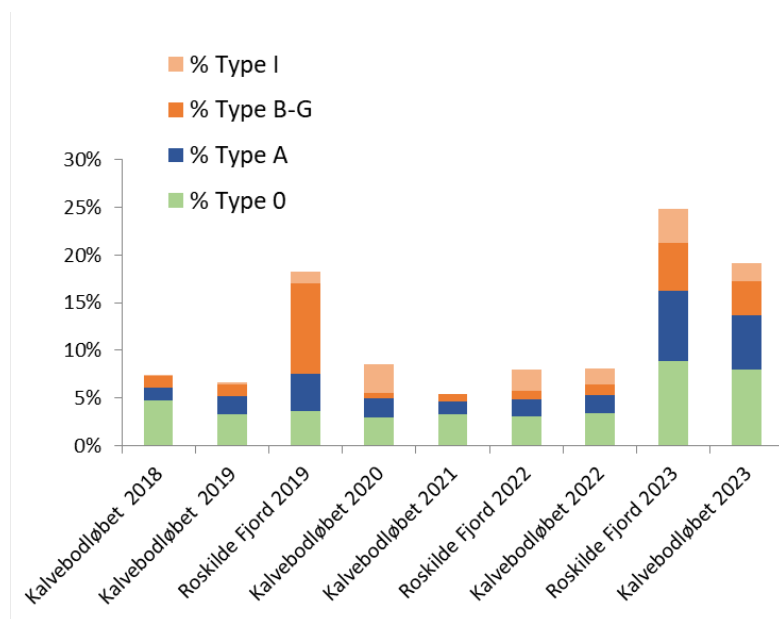
Undersøgelserne af lysosomal membranstabilitet i blåmusling fra tre stationer i Sjællands Odde, Nivå Bugt og Agersø Sund viste retentionstider på hhv. 71 i Sjællands Odde, og 100-78 minutter i middel for de andre to stationer (Figur 3.3). Sammenholdt med kvalitetskriterier, BAC (120 min) og EAC (50 min), afviger responsniveauet fra et naturligt baggrundsniveau på alle stationer, udover Nivå Bugt i 2023. For ingen stationer findes LMS i blåmuslinger under EAC, og det er niveauer under EAC-værdien der er forbundet med risiko. Resultaterne tyder derfor på, at muslingerne ikke er udsat for væsentlig miljøpåvirkning af miljøfarlige forurenende stoffer.

1648

### Reproduktiv succes hos ålekvabbe

1649  
1650

De tilgængelige data for denne indikator målt i perioden 2018-2023 i fisk fra to stationer, Kalvebodløbet og Roskilde Fjord, er vist i Figur 3.4.



**Figur 3.4.** Forekomst af fejludviklede unger hos ålekvalbe fra Kalvebodløbet og i Roskilde Fjord i perioden 2018-2023 angivet som middelværdi af hhv. tidligt døde unger (type 0), sent døde unger (type A), synligt misdannede unger (type B-G) og unger med signifikant lavere vækst end resten af kuldet (type I).

1651  
1652  
1653  
1654  
1655  
1656  
1657  
1658  
1659  
1660  
1661  
1662  
1663  
1664

Ved undersøgelserne af ålekvalbeunger fra to stationer i perioden, 2018-2023 blev der fundet flere forskellige typer af fejludviklede unger (figur 3.4). Dette omfattede både tidligt døde unger (type 0), sent døde unger (type A), synlige misdannelser af bl.a. indvolde, skelet (bl.a. spiralformet ryggrad), hoved, øjne og siamesiske tvillinger (type B-G) og dværge (type I) (Strand 2013). Niveauet var over BAC-værdierne (bilag 2) for andelen af tidligt døde unger (type 0) fra alle stationer i perioden 2018-2022, og over EAC-værdien i 2023 fra begge stationer. Niveauet var over BAC-værdien for andelen af misdannelser (type B-G) i fisk fra Kalvebodløbet i 2018, 2019 og i 2022, mens det var over EAC-værdien i fisk fra begge stationer i 2023. Niveauet var over BAC-værdien for andelen af fejludviklede unger totalt (alle typer) fra begge stationer i alle årene, mens niveauerne i fisk fra Roskilde Fjord fra 2019, 2023 og Kalvebodløbet i 2023 var over EAC-værdien (bilag 2).

1665  
1666  
1667  
1668  
1669  
1670  
1671  
1672  
1673  
1674  
1675

### Sammenfatning

- PAH-specifikke effektindikatorer i ålekvalbe: niveauet af PAH-metabolitter i galde var over BAC-værdien i fisk fra både Kalvebodløbet og Roskilde Fjord i prøver fra alle år. CYP1A-aktiviteten, der også responderer på PAH-eksponering, var også over BAC-værdien i Kalvebodløbet i prøver fra alle år bortset fra 2022, mens værdierne i Roskilde Fjord lå under BAC.
- Biologiske effekter i blåmuslinger: niveauet af lysosomal membranstabilitet undersøgt i blåmuslinger fra tre stationer tyder på, at muslingerne har været udsat for påvirkning af miljøfarlige stoffer, da niveauet er lavere end BAC-værdien på de fleste stationer i alle

1676  
1677  
1678  
1679  
1680  
1681  
1682

årene, men ikke i en alvorlig grad, da niveauerne ikke er lavere end EAC-værdien. Flere typer af fejludviklede unger var over BAC-værdien i begge undersøgte områder. Forekomsten af misdannede ålekvabbeunger (Type B-G) og fejludviklede unger total (alle typer) var over EAC-værdien i Roskilde Fjord i 2019 og i 2023, mens den var over EAC-værdig i fisk fra Kalvebodløbet i 2023, hvilket indikerer en væsentlig miljøpåvirkning på fiskenes udvikling.

## 1683 **3.2 Søer**

1684 *Liselotte Sander Johansen*

1685  
1686  
1687  
1688  
1689  
1690

Kontrolovervågningen af Miljøfarlige Forurenende Stoffer (MFS) i vandløb i den nuværende NOVANA-overvågningen omfatter 70 søer med undersøgelse ved hver station ét år i løbet af programperioden. I den operationelle overvågning indgår 64 søer. Der har dog tidligere indgået flere søer i den operationelle overvågning, så der findes MFS data for ca. 240 søer.

1691  
1692  
1693

De årlige kontrolundersøgelser omfatter sedimentprøver. Derudover indsamles ved hver station fisk til kvantificering af udvalgte stoffer, som bioakkumuleres i biota.

1694  
1695  
1696  
1697

MFS, som kvantificeres under overvågningsprogrammet for søer, er fordelt i ni grupper: metaller, polyaromatiske hydrocarboner (PAH), aromatiske kulbrinter, dioxiner/furaner, WHO PCB, organotinforbindelser, perfluorerede forbindelser (PFAS), blødgørere og phenoler.

1698  
1699  
1700

I det følgende gives en overordnet beskrivelse af indholdet af hvert af stofferne i de søer, der er undersøgt ifm. NOVANA-programmet for 2018-2023.

### 1701 **3.2.1 Databehandling**

1702  
1703  
1704  
1705  
1706  
1707  
1708  
1709  
1710

Der er beregnet fundprocent, median og maksimumkoncentration for data for 2023 og fundprocent, median, 90% percentil og maksimumkoncentration for data for 2018-2023. I tilfælde, hvor et stof forekommer i lavere koncentrationer end den analytiske detektionsgrænse bliver de ikke medtaget. Kun andelen af prøver med værdier over detektionsgrænsen er inddraget i beregningerne. Miljøkvalitetskrav for miljøfarlige forurenende stoffer i vand sammenholdes med medianværdien for søstationer indsamlet i den anførte tidsperiode (2023 hhv. 2018-2023).

### 1711 **3.2.2 Sediment**

#### 1712 **Metaller**

1713  
1714  
1715  
1716

Indholdet af metaller i søsediment for perioden er vist i tabel 3.8 og 3.9. De fleste metaller blev fundet i alle de undersøgte sedimentprøver. Undtaget er nikkel, hvor stoffet i en enkelt sø i 2023 ikke blev fundet. Omregnet svarer det til en fundprocent på 92% i 2023 og 99% i

1717	perioden 2018-2023 for nikkel. I den operationelle overvågning er fundprocenten ligeledes 100 for alle søer, bortset fra vanadium, der i en enkelt sø ikke blev fundet i perioden 2018-2023.
1718	
1719	
1720	
1721	Aluminium forekom med de højeste koncentrationer i perioden 2018-2023, her ligger medianen på 6000-8000 mg/kg TS i både kontrolovervågningen og den operationelle overvågning. Det samme gælder for søerne i det operationelle program i 2023, mens søerne i kontrolovervågningen i 2023 har en median, der ligger på 12000 mg/kg TS. Zink har de næsthøjeste koncentrationer og stort set samme niveau for kontrol- og operationel overvågning (median=100-150 mg/kg tørstof). Arsen, krom, nikkel, vanadium, kobber og bly forekom med mediankoncentrationer på ca. 7-26 mg/kg tørstof, bortset fra søerne i kontrolovervågningen i 2023, hvor medianen for bly er 38 mg/kg TS. Cadmium er det stof blandt metallerne, der har den laveste medianværdi, omkring 1 mg/kg TS.
1722	
1723	
1724	
1725	
1726	
1727	
1728	
1729	
1730	
1731	
1732	Bortset fra aluminium er forskellene i medianværdierne mellem søerne i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning generelt ikke særligt store. For aluminium er medianværdien i 2023 i kontrolovervågningen næsten dobbelt så stor som i den operationelle overvågning. For bly og zink er værdierne i 2023 henholdsvis 38 og 150 mg/kg TS i kontrolovervågningen mod 22 og 115 mg/kg TS i den operationelle overvågning. For perioden 2018-2023 gælder det, at der for mange af søerne både i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning er ret stor forskel mellem 90%-fraktilerne og de maksimale værdier. Dette indikerer at der er enkelte søer, der skiller sig ud med høje koncentrationer for en del af stofferne.
1733	
1734	
1735	
1736	
1737	
1738	
1739	
1740	Bly, cadmium og vanadium er de eneste stoffer blandt de målte metaller, for hvilke der er fastsat miljøkvalitetskrav i sediment; bly: 163 mg/kg tørstof, cadmium: 3,8 mg/kg tørstof, vanadium: 23,6 mg/kg tørstof. For cadmium gælder det, at MKK enten kan beregnes som 3,8 mg/kg tørstof adderet med baggrundskoncentrationen, eller som 3,8 mg/kg tørstof for den biotilgængelige koncentration af cadmium. På nuværende tidspunkt findes der ikke tilgængelige data til at gennemføre disse beregninger. For vanadium gælder det også, at man skal addere baggrundskoncentrationen. Denne er i Bak & Larsen (2014) estimeret til at være 11 mg/kg tørstof.
1741	
1742	
1743	
1744	
1745	
1746	Der er i perioden 2018-2023 fundet blyindhold højere end MKK (163 mg/kg tørstof) i fire af søerne i kontrolovervågningen (Skt. Jørgens Sø, Kvie Sø, Rævsø og Peblingsø) og i tre af søerne i den operationelle overvågning (Vrads Sande Sø, Viborg Søndersø og Birkerød Sø). Alle disse søer er enten bynære eller næringsfattige og/eller kalkfattige (lavalkaline). Mht. vanadium er der 19 søer i kontrolovervågningen og 14 i den operationelle overvågning, svarende til i alt 22% af de undersøgte søer, hvor koncentrationerne er højere end MKK (34,6 mg/kg tørstof ved ovennævnte baggrundskoncentration på 11 mg/kg tørstof). Det er, som anført ovenfor, ikke muligt at vurdere, om cadmiumkoncentrationerne i de undersøgte søer er højere end MKK. Men som det ses af tabel 3.8 og 3.9 ligger cadmiumkoncentrationerne i mindst
1747	
1748	
1749	
1750	
1751	
1752	
1753	
1754	
1755	
1756	
1757	
1758	
1759	
1760	
1761	
1762	
1763	
1764	

1765  
1766

90% af søerne i begge overvågningstyper under MKK, før den naturlige baggrundskoncentration bliver tillagt.

**Tabel 3.8.** Metaller i sedimentprøver fra søer undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%-percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav

Kontrol	2023				2018-2023						
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
	Aluminium	13	100	12.000	20.000	79	100	7.700	18.000	37.000	
	Arsen	13	100	11	110	79	100	7,1	22	110	
	Bly	13	100	38	220	79	100	26	120	370	163
	Cadmium	13	100	1	5,1	79	100	0,82	2,8	12	3,8
	Krom	13	100	16	35	79	100	14	29	61	
	Kobber	13	100	21	58	79	100	21	42	230	
	Nikkel	13	92	16,5	130	79	99	16	42	200	
	Vanadium	13	100	22	91	79	100	20	55	91	23,6
	Zink	13	100	150	580	79	100	110	330	1.000	

1767

**Tabel 3.9.** Metaller i sedimentprøver fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel	2023				2018-2023						
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
	Aluminium	14	100	6200	20.000	71	100	6800	16.000	36.000	
	Arsen	14	100	9,45	120	71	100	7,8	27	120	
	Bly	14	100	22	78	71	100	25	99	210	163
	Cadmium	14	100	0,62	3,3	71	100	0,73	2,4	9,7	3,8
	Krom	14	100	10,65	39	71	100	13	34	210	
	Kobber	14	100	17	42	71	100	20	43	180	
	Nikkel	14	100	11,55	43	71	100	16	37	200	
	Vanadium	14	100	23	72	71	99	21	50	72	23,6
	Zink	14	100	115	340	71	100	110	340	2.200	

1768

1769

### PAHer

1770

1771

1772

1773

1774

1775

1776

1777

1778

1779

1780

De fleste PAHer (tabel 3.10 og 3.11) blev fundet over detektionsgrænsen i størstedelen af de undersøgte søer, både i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning. Enkelte PAHer blev generelt fundet i mindre omfang end resten. Ser man på hele perioden, blev 2-methylpyren fundet i knap en fjerdedel af søerne i både kontrolovervågningen og den operationelle overvågning. For acenaphthen er dette gældende for lidt over en tredjedel af søerne. 3,6-dimethylphenanthren blev fundet i tre søer, både i kontrolovervågningen og den operationelle overvågning. For 2023 alene blev 1-methylpyren fundet i et mindretal af søerne (i 7-31%) i begge overvågningsprogrammer. Det samme gælder for dibenzothiophen i kontrolovervågningen (i 15% af

1781 søerne) samt for 2-methylphenanthren og acenaphthylen i den opera-  
1782 tionelle overvågning (henholdsvis 36% og 21% af søerne).

1783 Ingen af stofferne skiller sig voldsomt ud fra de andre mht. median-  
1784 koncentrationer, men de højeste fandtes for benzo(b+j+k)fluranthen  
1785 (overordnet 0,1-0,3 mg/kg TS), perylen (0,06-0,2 mg/kg TS) fluoran-  
1786 then og pyren, hvor koncentrationerne ligger på ca. 0,07-0,11 mg/kg  
1787 tørstof. Som for metallerne er der heller ikke i denne stofgruppe næv-  
1788 neværdig forskel mellem medianværdierne i søerne fra kontrolover-  
1789 vågningen og den operationelle overvågning. Især for de fem- til seks-  
1790 ringede PAHer, dvs. de tunge PAHer, ser det ud til, at få søer udviser  
1791 højere koncentrationer end resten, da de maksimale målinger generelt  
1792 er en del højere end 90% fraktilen i perioden 2018-2023.

1793 Der er fastsat miljøkvalitetskrav for antracen, som er 0,48\*fraktion af  
1794 organisk kulstof (foc). Til fastlæggelse af fraktionen af organisk stof an-  
1795 vendes glødetabsprocenten, som varierer mellem 3,6 og 78 i de søer  
1796 (både i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning),  
1797 hvor antracen er fundet over detektionsgrænsen. Dette svarer til et mil-  
1798 jøkvalitetskrav, der varierer mellem 0,017 og 0,37 mg/kg tørstof. Ved  
1799 anvendelse af disse beregninger, har tre søer i kontrolovervågningen  
1800 (Favrholm Sø, Peblingsøen og Sankt Jørgens Sø) og fire søer i den ope-  
1801 rationelle overvågning (Viborg Sønder sø, Hovlung Sø, Sørup Sø og  
1802 Birkerød Sø) koncentrationer af antracen, der ligger højere end miljø-  
1803 kvalitetskravet. Det skal bemærkes, at der ikke forefindes glødetabs-  
1804 procent for otte søer, som derfor ikke indgår i sammenligningen af ak-  
1805 tuelle koncentrationer med miljøkvalitetskravet.

1806

**Table 3.10.** PAH i sedimentprøver fra søer undersøgt ved kontrol overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav

Kontrol Stofnavn mg/kg TS	2023				2015-2023					MKK
	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
1-methylpyren	13	31	0,0105	0,043	78	65	0,0055	0,025	0,16	
2-methyl-phenanthren	13	62	0,0155	0,081	78	65	0,011	0,043	0,29	
2-methylpyren	13	31	0,017	0,077	78	23	0,022	0,11	0,25	
Acenaphthen	13	15	0,0138	0,022	78	36	0,011	0,028	0,054	
Acenaphthylen	13	54	0,022	0,11	78	79	0,014	0,034	0,27	
Anthracen	13	77	0,027	0,14	78	81	0,014	0,041	0,32	0,48*foc
Benzo(a)anthracen	13	69	0,092	0,5	78	87	0,046	0,18	2,2	
Benzo(a)fluoren	13	77	0,028	0,14	78	94	0,013	0,056	0,49	
Benzo[a]pyren	13	100	0,074	0,48	78	94	0,053	0,17	2,6	
Benzo(ghi)perylen	13	100	0,12	0,66	78	100	0,067	0,28	2,7	
Benzo(b+j+k)-fluoranthener	13	100	0,25	1,4	78	99	0,13	0,66	4,4	
Benzo(e)pyren	13	100	0,083	0,51	78	97	0,051	0,21	1,7	
Dibenzo(a,h)-anthracen	13				78	71	0,016	0,099	0,73	
Dibenzothiophen	13	15	0,02	0,027	78	50	0,0076	0,045	0,099	
3,6-dimethyl-phenanthren	13				78	3	0,0021	0,0032	0,0032	
Fluoranthren	13	100	0,14	1,2	78	99	0,089	0,33	3,4	
Fluoren	13	92	0,0125	0,035	78	92	0,012	0,035	0,12	
Indeno(1,2,3-cd)-pyren	13	100	0,086	0,61	78	94	0,06	0,22	2,7	
Perylen	13	77	0,17	1,3	78	94	0,059	0,62	1,3	
Phenanthren	13	92	0,0645	0,39	78	99	0,042	0,13	0,78	
Pyren	13	100	0,12	0,98	78	99	0,075	0,3	3,2	



**Tabel 3.11.** PAH i sedimentprøver fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operational	2023				2018-2023					MKK	
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil		Maks måling
	1-methylpyren	14	7	0,059	0,059	71	59	0,0076	0,046	0,33	
	2-methyl- phenanthren	14	36	0,026	0,089	71	62	0,011	0,045	0,35	
	2-methylpyren	14	7	0,054	0,054	71	24	0,025	0,44	0,52	
	Acenaphthen	14	7	0,013	0,013	71	38	0,013	0,076	0,14	
	Acenaphthylen	14	21	0,033	0,083	71	76	0,013	0,071	0,69	
	Anthracen	14	71	0,026	0,079	71	72	0,018	0,07	0,72	0,48*foc
	Benzo(a)anthracen	14	64	0,037	1	71	87	0,036	0,21	4,2	
	Benzo(a)fluoren	14	64	0,011	0,11	71	89	0,011	0,08	1,2	
	Benzo[a]pyren	14	93	0,036	0,88	71	94	0,046	0,3	4,4	
	Benzo(ghi)perylen	14	100	0,055	0,8	71	99	0,068	0,39	3,8	
	Benzo(b+j+k)- fluoranthener	14	100	0,11	2,1	71	99	0,11	0,77	10	
	Benzo(e)pyren	14	93	0,043	0,61	71	93	0,055	0,28	3,6	
	Dibenzo(a,h)- anthracen	14				71	61	0,021	0,11	0,64	
	Dibenzothiophen	14				71	51	0,0098	0,046	0,19	
	3,6-dimethyl- phenanthren	14				71	3	0,0102	0,011	0,011	
	Fluoranthen	14	100	0,087	1,5	71	97	0,088	0,59	7,5	
	Fluoren	14	71	0,0074	0,052	71	87	0,015	0,054	0,26	
	Indeno(1,2,3-cd)- pyren	14	86	0,04	0,76	71	93	0,057	0,4	3	
	Perylen	14	86	0,23	1,3	71	93	0,096	0,52	1,8	
	Phenanthren	14	79	0,033	0,57	71	92	0,049	0,23	1,8	
	Pyren	14	100	0,067	1,4	71	97	0,072	0,4	6,3	

1811

### Blødgørere

1812

1813

1814

1815

1816

1817

I søerne, der blev undersøgt for blødgørere i 2023, er DEHP det eneste stof, der blev fundet over detektionsgrænsen (tabel 3.12 og 3.13). Det gælder både for kontrolovervågningen, hvor stoffet blev fundet i en enkelt sø og i den operationelle overvågning, hvor fundprocenten er 21, svarende til tre søer. Koncentrationerne for DEHP i disse søer ligger på 0,1-0,19 mg/kg TS.

1818

1819

1820

1821

1822

1823

1824

1825

Når alle årene i perioden 2018-2023 tages i betragtning, er alle stoffer påvist, dog blev DEHA ikke fundet i kontrolovervågningen og kun i en enkelt sø (0,03 mg/kg TS) i den operationelle overvågning. BBP blev fundet i én sø i kontrolovervågningen og i to søer i den operationelle overvågning, omregnet til 1-3% af søerne; koncentrationerne for dette stof lå mellem 0,02 og 0,04 mg/kg TS. DBP forekom i 9-10% af søerne (medianværdier 0,015-0,06 mg/kg TS) og DINP i 40% og 30% af søerne i henholdsvis kontrolovervågningen og den operationelle

1826  
1827  
1828  
1829  
1830  
1831

overvågning. DINP blev fundet i mediankoncentrationer på 0,12-0,15 mg/kg TS og er dermed det stof blandt blødgørerne med de højeste koncentrationer. Også i hele perioden er DEHP det hyppigst fundne stof og blev fundet i henholdsvis 55 og 52% af søerne i de to overvågningsprogrammer med en mediankoncentration på 0,07 mg/kg TS i begge programmer.

1832

**Tabel 3.12.** Blødgørere i sedimentprøver fra søer undersøgt ved kontrolovervågningen i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Kontrol	2023				2015-2023					
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks må- ling
	Benzylbutyl-phthalat (BBP)	13				78	1	0,02	0,02	0,02
	Di(2-ethylhexyl) adipat (DEHA)	13				78				
	Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)	13	8	0,19	0,19	78	55	0,07	0,19	0,71
	Dibutylphthalat (DBP)	13				77	10	0,015	0,06	0,06
	Diisononylphthalate (DINP)	13				78	40	0,12	0,37	0,76

1833

**Tabel 3.13.** Blødgørere i sedimentprøver fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel	2023				2018-2023					
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks må- ling
	Benzylbutyl-phthalat (BBP)	14				71	3	0,04	0,05	0,05
	Di(2-ethylhexyl) adipat (DEHA)	14				71	1	0,03	0,03	0,03
	Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)	14	21	0,1	0,12	71	52	0,07	0,44	3,3
	Dibutylphthalat (DBP)	14				70	9	0,06	0,77	0,77
	Diisononylphthalate (DINP)	14				71	30	0,15	0,96	2,4

1834

1835

1836

## Organotin

1837

1838

1839

1840

1841

1842

1843

1844

1845

1846

1847

1848

I kontrolovervågningen blev dibutyltin fundet i ca. en tredjedel af søerne både i 2023 og i perioden 2018-2023 som helhed (tabel 3.14). Medianværdierne er her ca. 4 µg/kg TS. Monobutyltin er den hyppigst fundne organotinforbindelse, idet fundprocenten er 92% i 2023 og 81% i 2018-2023 med mediankoncentrationer på henholdsvis 10 og 8,5 µg/kg TS. Fundprocenten for tributyltin er 23% (svarende til tre søer) i 2023, og 12% i perioden 2018-2023. Koncentrationen af tributyltin ligger i 2023 omkring 2 µg/kg TS i 2023, mens mediankoncentrationen i 2018-2023 er 4,3 µg/kg TS. Triphenyltin blev fundet i 17% (to søer) i 2023 og i 11% af søerne i perioden 2018-2023. Koncentrationerne i de to søer i 2023 er relativt høje (>5 µg/kg TS) i forhold til perioden 2018-2023, hvor medianværdien ligger på 0,25 µg/kg TS.

1849

1850

1851

1852

1853

1854

Organotinforbindelserne blev kun undersøgt i tre af søerne i den operationelle overvågning (tabel 3.15), hvor tributyltin og triphenyltin ikke blev fundet i nogen af søerne, mens dibutyltin og monobutyltin blev fundet i henholdsvis to søer og i alle tre søer. Koncentrationerne for dibutyltin og monobutyltin i den operationelle overvågning i perioden 2018-2023 ligger på 3-4 µg/kg TS.

**Tabel 3.14.** Organotinforbindelser i sedimentprøver fra søer undersøgt ved kontrolovervågningen i perioden 2018-2023  
Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Kontrol	2023				2018-2023					
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks må- ling
	Dibutyltin (DBT)	13	31	3,9	5,1	77	30	4,4	8,6	21
	Monobutyltin (MBT)	13	92	10	50	77	81	8,5	46	150
	Tributyltin (TBT)	13	23	2,1	4,3	77	12	4,3	27	27
	Triphenyltin (TPHT)	12	17	5,3	8,2	76	11	0,25	8,2	8,2

1855

**Tabel 3.15.** Organotinforbindelser i sedimentprøver fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel	2023				2018-2023					
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks må- ling
	Dibutyltin (DBT)					3	67	3,3	4,2	4,2
	Monobutyltin (MBT)					3	100	3,2	4	4
	Tributyltin (TBT)					3	0			
	Triphenyltin (TPHT)					3	0			

1856

1857

1858

1859

### Aromatiske kulbrinter

1860

1861

1862

1863

1864

1865

1866

1867

1868

1869

1870

1871

1872

1873

1874

1875

1876

1877

1878

1879

1880

1881

1882

1883

1884

1885

1886

1887

1888

1889

1890

Alle aromatiske kulbrinter blev fundet i søsedimenter i årene 2018-2023 (tabel 3.16 og 3.17). Hvis man ser på 2023 alene, blev 1-Methylnaphthalen og 2-Methylnaphthalen samt trimethylnaphthalener ikke fundet i den operationelle overvågning. Dimethylnaphthalenerne blev som den eneste parameter fundet i alle prøver, både i kontrolovervågningen og i den operationelle overvågning. Medianværdien for koncentrationerne af dimethylnaphthalenerne er højest i perioden 2018-2023; henholdsvis 0,25 og 0,38 mg/kg TS i kontrolovervågningen og den operationelle overvågning. De tilsvarende værdier for 2023 er 0,07 og 0,18 mg/kg TS. Naphthalen er det næsthøjest stoffet. I 2023 blev det fundet i 69% af prøverne i kontrolovervågningen og i halvdelen af prøverne i den operationelle overvågning. Medianværdierne i 2023 for naphthalenkonzentrationerne er henholdsvis 0,025 og 0,013 mg/kg TS i 2023. I perioden 2018-2023 blev naphthalen fundet i 82-86% af prøverne i de to undersøgelsesprogrammer og mediankoncentrationen er ca. 0,02 mg/kg TS i begge programmer. 1-Methylnaphthalen blev i 2023 fundet i en enkelt prøve i kontrolovervågningen, hvor koncentrationen var 0,00091 mg/kg TS. I perioden 2018-2023 blev stoffet fundet i ca. halvdelen af prøverne i både kontrolovervågningen og den operationelle overvågning og med en median koncentration på ca. 0,004 mg/kg TS i begge programmer. 2-Methylnaphthalen blev fundet i to prøver i 2023 med en koncentration på ca. 0,02 mg/kg TS, mens stoffet blev fundet i ca. halvdelen af prøverne i både kontrolovervågningen og den operationelle overvågning i mediankoncentrationer på ca. 0,007 mg/kg TS i 2018-2023. Trimethylnaphthalener blev fundet i to søer i kontrolovervågningen i 2023 med koncentrationer omkring 0,02 mg/kg TS. I perioden 2018-2023 blev trimethylnaphthalen fundet i størstedelen af prøverne, både i kontrolovervågningen og den operationelle overvågning (henholdsvis i 71% og 59%). Medianværdien for koncentrationerne af trimethylnaphthalen ligger tæt på hinanden i de to programmer; 0,023 og 0,029 mg/kg TS.

1891

1892

1893

1894

1895

1896

1897

1898

1899

1900

1901

1902

Der er fastsat miljøkvalitetskrav for summen af methylnaphthalener (1-methylnaphthalen, 2-methylnaphthalen, dimethylnaphthalen og trimethylnaphthalen), som er 0,478\*fraktion af organisk kulstof (foc). Beregning af MKK er tilsvarende den for antracen (se ovenfor v/PAH). Miljøkvalitetskravet for summen af methylnaphthalener varierer mellem 0,003 og 0,373 mg/kg TS. Disse beregninger resulterer i, at i 56 søer i kontrolovervågningen og 52 søer i den operationelle overvågning (svarende til 72-73% af søerne), er der mindst én af methylnaphthalenerne, der har koncentrationer, der ligger over miljøkvalitetskravet. Det skal bemærkes, at otte søer ikke har angivet glødetabsprocent og derfor ikke indgår i disse beregninger. Det samme gælder for naphthalen (ser herunder).

1903

1904

1905

1906

Tilsvarende analyser af naphthalen, hvor miljøkvalitetskravet er sat til 2,76\*foc, viser at det varierer mellem 0,063 og 2,15 mg/kg TS. Ingen af søerne, hvor der foreligger resultater for glødetabsprocent, har højere koncentration af naphthalen end miljøkvalitetskravet.

1907

**Tabel 3.16.** Aromatiske kulbrinter i sedimentprøver fra søer undersøgt ved kontrolovervågningen i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Kontrol Stofnavn mg/kg TS	2023				2018-2023					MKK
	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	
1-Methylnaphthalen	13	8	0,00091	0,00091	78	49	0,0035	0,014	0,092	Sum=0,478*foc
2-Methylnaphthalen	13	23	0,016	0,019	78	53	0,0066	0,022	0,15	
Dimethylnaphthalener	13	100	0,067	0,35	78	100	0,25	1,1	2,9	
Trimethylnaphthalener	13	15	0,017	0,029	78	71	0,023	0,06	0,21	
Naphthalen	13	69	0,025	0,058	78	86	0,02	0,052	0,42	2,76*foc

1908

**Tabel 3.17.** Aromatiske kulbrinter i sedimentprøver fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operational Stofnavn mg/kg TS	2023				2018-2023					MKK
	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	
1-Methylnaphthalen	14				71	49	0,004	0,027	0,09	Sum=0,478*foc
2-Methylnaphthalen	14				71	49	0,0071	0,06	0,16	
Dimethylnaphthalener	14	100	0,18	1,3	71	100	0,38	1,3	3,8	
Trimethylnaphthalener	14				71	59	0,029	0,094	0,24	
Naphthalen	14	50	0,013	0,041	71	82	0,021	0,078	0,42	2,76*foc

1909

### Phenoler

1910

1911

1912

1913

1914

1915

1916

1917

1918

1919

1920

1921

1922

I mange af søerne blev der ikke fundet phenoler over detektionsgrænsen (tabel 3.18 og 3.19). Således blev der ikke påvist phenoler i 2023 i den operationelle overvågning, og i kontrolovervågning blev kun 4-tert-octylphenol fundet og kun i en enkelt sø med en koncentration på 0,0074 mg/kg TS. I kontrolovervågningen i perioden 2018-2023 var det også kun i et fåtal af søer, der blev fundet phenoler. Det hyppigste stof i kontrolovervågningen var 4-tert-octylphenol, der blev fundet i 6% af søerne med en mediankoncentration på 0,0074 mg/kg TS. 4-nonylphenol og nonylphenolmonoethoxylater blev fundet i 3-4% af søerne i kontrolovervågningen med mediankoncentrationer på henholdsvis 0,012 og 0,021 mg/kg TS. Nonylphenol blev fundet i en enkelt sø med en koncentration på 0,19 mg/kg TS, hvilket er den højeste koncentration blandt phenolerne i kontrolovervågningen.

1923

1924

I den operationelle overvågning er det også nonylphenol, der udviser den højeste koncentration; en medianværdi på 0,14 mg/kg TS (og

1925  
1926  
1927  
1928  
1929

maksimalværdi så høj som 12 mg/kg TS) for de 6% af søerne, hvor stoffet findes. De resterende tre fundne phenoler i den operationelle overvågning, 4-n-nonylphenol, 4-tert-octylphenol og nonylphenolmonoethoxylater, er fundet i et fåtal af søerne; mellem én (ud af tre søer) og fire søer i mediankoncentrationer mellem ca. 0,01 og 0,04 mg/kg TS.

1930  
1931  
1932  
1933  
1934  
1935  
1936  
1937  
1938  
1939

Der er fastsat miljøkvalitetskrav for nonylphenoler og for 4-nonylphenol, forgrenet svarende til 25 mg/kg tørstof \*fraktionen af organisk stof. Som beskrevet fandtes der ingen prøver i perioden 2018-2023 med koncentrationer af 4-nonylphenol, forgrenet, over detektionsgrænsen. Kun i en enkelt sø (Gødstrup Sø, som blev undersøgt i den operationelle overvågning) blev der fundet koncentration af nonylphenoler over miljøkvalitetskravet. Der er også fastsat et miljøkvalitetskrav for 4-tert-octylphenol på 39,3 \*foc. I ingen af de relativt få prøver, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, ligger koncentrationerne over dette niveau.

**Tabel 3.18.** Phenoler i sedimentprøver fra søer undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Kontrol	2023				2018-2023						
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
	4-n-nonyl-phenol	13				78	3	0,012	0,022	0,022	
	4-nonylphenol, for- grenet					24					25,5*foc
	4-n-octylphenol	13				78					
	4-tert-octylphenol	13	8	0,0074	0,0074	78	6	0,0074	0,082	0,082	39,3*foc
	Nonylphenol- diethoxylater	13				77					
	Nonylphenol-mono- ethoxylater	13				77	4	0,021	0,04	0,04	
	Nonylphenol	13				78	1	0,19	0,19	0,19	25,5*foc

1940

**Tabel 3.19.** Phenoler i sedimentprøver fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel	2023				2018-2023						
	Stofnavn mg/kg TS	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
	4-n-nonyl-phenol	14				71	3	0,011	0,019	0,019	
	4-nonylphenol, for- grenet					15					25,5*foc
	4-n-octylphenol	14				71					
	4-tert-octylphenol	14				71	6	0,0063	0,12	0,12	39,3*foc
	Nonylphenol- diethoxylater					3					
	Nonylphenol-mono- ethoxylater					3	33	0,036	0,036	0,036	
	Nonylphenol	14				71	6	0,14	12	12	25,5*foc

1941  
1942  
1943  
1944  
1945  
1946  
1947  
1948  
1949  
1950  
1951  
1952  
1953  
1954  
1955

### 3.3.3 Biota

Aborre er iflg. den tekniske anvisning den foretrukne art til analyse af miljøfarlige forurenende stoffer i biota i søer. Der blev fundet og analyseret muskeltvæv fra aborre (*Perca fluviatilis*), i næsten alle søer. I mangel af denne art kan andre arter anvendes i en prioriteret rækkefølge. Således blev der i enkelte søer i stedet analyseret ål (*Anguilla anguilla*, én sø i kontrolovervågningen), gedde (*Esox lucius*, i to søer i kontrolovervågningen og en enkelt i den operationelle overvågning), trepigget hundestejle (*Gasterosteus aculeatus*, i én sø i hver af overvågningsprogrammerne), nipigget hundestejle (*Pungitius pungitius*, i én kontrolsø), skalle (*Rutilus rutilus*, i to søer i kontrolovervågningen og fem i den operationelle) eller rudskalle (*Scardinius erythrophthalmus*, i én sø i den operationelle overvågning). I og med at datamaterialet for de "alternative" arter er meget begrænset, fokuseres der i dette afsnit på aborre.

1956  
1957  
1958  
1959  
1960

### Kviksølv

Indholdet af kviksølv i fisk fanget i søer for perioden 2018-2023 er vist i tabel 3.20 og 3.21. I perioden 2018-2023 blev 78 søer undersøgt, heraf 13 i 2023, i kontrolovervågningen. Tilsvarende blev 72 henholdsvis 14 søer undersøgt i den operationelle overvågning.

1961  
1962  
1963  
1964  
1965  
1966  
1967  
1968  
1969  
1970  
1971

Overordnet blev der fundet kviksølv i alle prøver. Medianværdien for aborre lå, totalt set, på 0,07-0,08 mg/kg vådvægt. De højeste værdier blev fundet i den operationelle overvågning, dvs. 1,17 mg/kg vådvægt mod 0,91 i kontrolovervågningen i perioden 2018-2023 og 1,17 mod 0,33 i 2023 alene. Miljøkvalitetskravet for kviksølv i ferskvandsbiota er 0,02 mg/kg vådvægt. Af medianværdierne i tabel 3.20 og 3.21, ses det, at mindst halvdelen af alle prøver ligger over denne værdi. Ser man nærmere på resultaterne for de enkelte søer viser det sig, at i alle analyserede aborrrer fanget i søer i perioden 2018-2023, bortset fra to søer i den operationelle overvågning, ligger kviksølvkoncentrationen højere end miljøkvalitetskravet.

**Tabel 3.20.** Kviksølv i fisk fra søer undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen,

Kontrol		2023			2018-2023						
Stofnavn	Art	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling	MKK
	Anguilla anguilla	1	100	0,0198	0,0198	1	100	0,0198	0,0198	0,0198	
	Esox lucius	2	100	0,18065	0,2847	2	100	0,18065	0,2847	0,2847	
Kviksølv	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,0225	0,0225	0,0225	
mg/kg VV	Perca fluviatilis	10	100	0,07005	0,3333	71	100	0,079	0,1857	0,90843	0,02
	Pungitius pungitius					1	100	0,0244	0,0244	0,0244	
	Rutilus rutilus					2	100	0,0198	0,0198	0,0198	

Anguilla anguilla: ål; Esox lucius: gedde; Gasterosteus aculeatus: trepigget hundestejle; Perca fluviatilis: aborre; Pungitius pungitius: nipigget hundestejle; Rutilus rutilus: skalle

1972

**Tabel 3.21.** Kviksølv i fisk fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%-fraktilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel		2023			2018-2023						
Stofnavn	Art	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% per-cenktil	Maks måling	MKK
Kviksølv mg/kg VV	Esox lucius					1	100	0,041	0,041	0,041	
	Gasterosteus aculeatus	1	100	0,0286	0,0286	1	100	0,0286	0,0286	0,0286	
	Perca fluviatilis	13	100	0,0769	1,1659	63	100	0,08	0,2023	1,1659	0,02
	Rutilus rutilus					5	100	0,0606	0,286	0,286	
	Scardinius erythrophthalmus					1	100	0,115	0,115	0,115	

Esox lucius: gedde; Gasterosteus aculeatus: trepigget hundestejle; Perca fluviatilis: aborre; Rutilus rutilus: skalle; Scardinius erythrothalmus: rudskalle

1973

1974

1975

1976

1977

1978

1979

1980

1981

1982

1983

1984

1985

1986

1987

1988

1989

### Dioxiner, furaner og WHO PCB

Koncentrationerne og miljøkvalitetskravene i dioxiner, furaner og dioxinlignende PCBer (WHO PCBer) udtrykkes som summerede toksicitetsækvivalenter (WHO-TEQ). Se nærmere forklaring i afsnit 2.6. Tabel 3.22 og 3.23 viser en oversigt over de summerede toksicitetsækvivalenter for hver af de nævnte stofgrupper i biota fra søer for perioden 2018-2023. Der findes ikke værdier blandt de analyserede prøver fra 2018-2023, der ligger over miljøkvalitetskravet på 6,5 ng/kg vådvægt.

Toksicitetsækvivalenterne er beregnet ud fra data for dioxiner og furaner (tabel 3.24 og 3.25) samt WHO PCBer (tabel 3.26 og 3.27). Da der kun foreligger miljøkvalitetskrav på WHO-TEQ, vil data ikke blive nærmere gennemgået. Dog kan det konstateres at for 2023 sås forhøjede koncentrationer i forhold til de tidligere år for flere PCBer (tabel 3.26 og 3.27). En mulig teori er, at det kan skyldes langtransport af PCBer som følge af den kraftige stigning i skovbrande globalt (Eckhardt et al. 2007).



**Tabel 3.22.** WHO toxicitetsækvivalenter i fisk fra søer undersøgt ved kontrolovervågningen i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%-percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Kontrol		2023		2018-2023					
Parameter ng/kg vådvægt	Art	Antal prøver	Median	Maks. må- ling	Antal prøver	Median	90% percentil	Maks må- ling	MKK
WHO-TEQ 2005 c- PCB	Anguilla an- guilla	1	0,273	0,273	1	0,273	0,273	0,273	
	Esox lucius	2	0,05	0,073	2	0,05	0,073	0,073	
	Gasterosteus aculeatus	0			1	0,129	0,129	0,129	
	Perca fluviatilis	9-10	0,04	0,212	55-56	0,041	0,184	1	
	Rutilus rutilus	0			2	0,039	0,041	0,041	
WHO-TEQ 2005 PCDD/F	Anguilla an- guilla	1	0,221	0,221	1	0,221	0,221	0,221	
	Esox lucius	2	0,062	0,088	2	0,062	0,088	0,088	
	Gasterosteus aculeatus	0			1	0,175	0,175	0,175	6,5
	Perca fluviatilis	10	0,028	0,082	56	0,028	0,04	0,109	
	Rutilus rutilus	0			2	0,024	0,024	0,024	
WHO-TEQ 2005 total, ekskl. LOQ	Anguilla an- guilla	1	0,494	0,494	1	0,494	0,494	0,494	
	Esox lucius	2	0,112	0,161	2	0,112	0,161	0,161	
	Gasterosteus aculeatus	0			1	0,304	0,304	0,304	
	Perca fluviatilis	9-10	0,065	0,293	55-56	0,064	0,184	0,371	
	Rutilus rutilus	0			2	0,051	0,065	0,065	

Anguilla anguilla: ål; Esox lucius: gedde; Gasterosteus aculeatus: trepigget hundestejle; Perca fluviatilis: aborre; Rutilus rutilus: skalle

**Tabel 3.23.** WHO toxicitetsækvivalenter i fisk fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet

Operationel overvågning		2023		2018-2023					
Parameter ng/kg vådvægt	Art	Antal prøver	Median	Maks. må- ling	Antal prøver	Median	90% percentil	Maks må- ling	MKK
WHO-TEQ 2005 c- PCB	Perca fluviatilis	1	0,022	0,022	02-mar	0,022	0,022	0,022	
WHO-TEQ 2005 PCDD/F	Perca fluviatilis	1	0,015	0,015	3	0,015	0,015	0,015	6,5
WHO-TEQ 2005 total, ekskl. LOQ	Perca fluviatilis	1	0,037	0,037	3	0,037	0,037	0,037	

Perca fluviatilis: aborre

**Tabel 3.24.** Dioxiner og furaner i fisk fra søer undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Kontrol		2023				2018-2023				
Stofnavn ng/kg vådvægt	Art	Antal prø- ver	>DG %	Median	Maks. må- ling	Antal prøver	>DG %	Median	90% per- centil	Maks må- ling
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin (2378-TCDD)	Anguilla anguilla	1	100	0,056	0,056	1	100	0,056	0,056	0,056
	Esox lucius	2	50	0,009	0,009	2	50	0,009	0,009	0,009
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,065	0,065	0,065
	Perca fluviatilis	10	20	0,024	0,043	56	7	0,007	0,043	0,043
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzo-p-dioxin (12378-PeCDD)	Anguilla anguilla	1	100	0,116	0,116	1	100	0,116	0,116	0,116
	Esox lucius	2	50	0,033	0,033	2	50	0,033	0,033	0,033
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,052	0,052	0,052
	Perca fluviatilis	10	30	0,016	0,026	56	7	0,017	0,026	0,026
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin (123478-HxCDD)	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,016	0,016	0,016
	Perca fluviatilis	10	10	0,007	0,007	56	2	0,007	0,007	0,007
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzo-p-dioxin (123789-HxCDD)	Esox lucius	2	50	0,015	0,015	2	50	0,015	0,015	0,015
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,016	0,016	0,016
	Perca fluviatilis	10	40	0,007	0,013	56	9	0,006	0,013	0,013
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin (123678-HxCDD)	Esox lucius	2	50	0,033	0,033	2	50	0,033	0,033	0,033
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,051	0,051	0,051
	Perca fluviatilis	10	40	0,008	0,011	56	14	0,008	0,018	0,018
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzo-p-dioxin (1234678-HpCDD)	Anguilla anguilla	1	100	0,404	0,404	1	100	0,404	0,404	0,404
	Esox lucius	2	100	0,218	0,358	2	100	0,218	0,358	0,358
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,135	0,135	0,135
	Perca fluviatilis	10	100	0,087	0,17	56	66	0,029	0,104	0,17
	Rutilus rutilus					2	50	0,013	0,013	0,013
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzodioxin (OCDD)	Perca fluviatilis	1	100	0,431	0,431	3	33	0,431	0,431	0,431
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzodioxin (OCDD)	Anguilla anguilla	1	100	1,951	1,951	1	100	1,951	1,951	1,951
	Esox lucius	2	100	1,034	1,567	2	100	1,034	1,567	1,567
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,311	0,311	0,311
	Perca fluviatilis	10	100	0,503	0,989	56	73	0,128	0,514	0,989
	Rutilus rutilus					2	50	0,058	0,058	0,058

Kontrol tabel 3.24 fortsat		dioxiner og furaner				2018-2023				
Stofnavn ng/kg vådvægt	Art	2023 Antal prø- ver	>DG %	Median	Maks. må- ling	2018-2023 Antal prøver	>DG %	Median	90% per- centil	Maks må- ling
2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran (2378-TCDF)	Anguilla anguilla	1	100	0,031	0,031	1	100	0,031	0,031	0,031
	Esox lucius	2	100	0,096	0,124	2	100	0,096	0,124	0,124
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,18	0,18	0,18
	Perca fluviatilis	10	100	0,056	0,236	56	63	0,044	0,119	0,236
	Pungitius pungitius					1	100	0,05	0,05	0,05
	Rutilus rutilus					2	50	0,073	0,073	0,073
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran (12378-PeCDF)	Esox lucius	2	100	0,024	0,037	2	100	0,024	0,037	0,037
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,028	0,028	0,028
	Perca fluviatilis	10	50	0,013	0,044	56	29	0,015	0,05	0,79
	Rutilus rutilus					2	50	0,01	0,01	0,01
2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran (23478-PeCDF)	Anguilla anguilla	1	100	0,083	0,083	1	100	0,083	0,083	0,083
	Esox lucius	2	100	0,043	0,063	2	100	0,043	0,063	0,063
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,084	0,084	0,084
	Perca fluviatilis	10	60	0,017	0,061	56	34	0,023	0,042	0,061
	Rutilus rutilus					2	50	0,017	0,017	0,017
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran (123478-HxCDF)	Esox lucius	2	50	0,014	0,014	2	50	0,014	0,014	0,014
	Perca fluviatilis	10	10	0,008	0,008	56	7	0,016	0,13	0,13
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran (123678-HxCDF)	Esox lucius	2	50	0,02	0,02	2	50	0,02	0,02	0,02
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,014	0,014	0,014
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran (123789-HxCDF)	Perca fluviatilis	10	20	0,007	0,009	56	7	0,008	0,09	0,09
2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran (234678-HxCDF)	Esox lucius	2	50	0,018	0,018	2	50	0,018	0,018	0,018
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,006	0,006	0,006
	Perca fluviatilis	10	10	0,013	0,013	56	5	0,03	0,17	0,17
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran (1234678-HpCDF)	Esox lucius	2	100	0,147	0,264	2	100	0,147	0,264	0,264
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,044	0,044	0,044
	Perca fluviatilis	10	100	0,033	0,049	56	61	0,018	0,038	0,049
	Rutilus rutilus					2	50	0,014	0,014	0,014

Kontrol tabel 3.24 fortsat		dioxiner og furaner 2023				2018-2023				
Stofnavn ng/kg vådvægt	Art	Antal prø- ver	>DG %	Median	Maks. må- ling	Antal prøver	>DG %	Median	90% per- centil	Maks må- ling
1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran (1234789-HpCDF)	Anguilla anguilla	1	100	0,02	0,02	1	100	0,02	0,02	0,02
	Esox lucius	2	50	0,016	0,016	2	50	0,016	0,016	0,016
	Perca fluviatilis	10	40	0,004	0,008	56	14	0,005	0,01	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzofuran (OCDF)	Anguilla anguilla	1	100	0,218	0,218	1	100	0,218	0,218	0,218
	Esox lucius	2	100	0,092	0,135	2	100	0,092	0,135	0,135
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,031	0,031	0,031
	Perca fluviatilis	10	100	0,052	0,117	56	45	0,018	0,067	0,117
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzofuran (OCDF)	Perca fluviatilis	1	100	0,044	0,044	3	33	0,044	0,044	0,044

Anguilla anguilla: ål; Esox lucius: gedde; Gasterosteus aculeatus: trepigget hundestejle; Perca fluviatilis: aborre; Pungitus pungitus: nipigget hundestejle; Rutilus rutilus: skalle

**Tabel 3.25.** Dioxiner og furaner i fisk fra søer undersøgt i den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel		2023				2018-2023				
Stofnavn ng/kg vådvægt	Art	Antal prø- ver	>DG %	Median	Maks. må- ling	Antal prøver	>DG %	Median	90% per- centil	Maks må- ling
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin (123678-HxCDD)	Perca fluviatilis	1	100	0,004	0,004	3	33	0,004	0,004	0,004
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzo-p-dioxin (123789-HxCDD)	Perca fluviatilis	1	100	0,005	0,005	3	33	0,005	0,005	0,005
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzo-p-dioxin (1234678-HpCDD)	Perca fluviatilis	1	100	0,06	0,06	3	33	0,06	0,06	0,06
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzodioxin (OCDD)	Perca fluviatilis	1	100	0,431	0,431	3	33	0,431	0,431	0,431
2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran (2378-TCDF)	Perca fluviatilis	1	100	0,032	0,032	3	33	0,032	0,032	0,032
2,3,4,6,7,8-Hexachlor- dibenzofuran (234678-HxCDF)	Perca fluviatilis					3	33	0,02	0,02	0,02
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlor-dibenzofuran (1234678-HpCDF)	Perca fluviatilis	1	100	0,024	0,024	3	33	0,024	0,024	0,024
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzofuran (OCDF)	Perca fluviatilis	1	100	0,044	0,044	3	33	0,044	0,044	0,044
Perca fluviatilis: aborre										

**Tabel 3.26.** WHO PCB'er i fisk fra søer undersøgt ved kontrolovervågningen i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Kontrol		2023				2018-2023				
Stofnavn ng/kg vådvægt	Art	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling
3,3',4,4'-Tetrachlorbiphenyl (PCB 77)	Anguilla anguilla	1	100	1,11	1,11	1	100	1,11	1,11	1,11
	Esox lucius	2	100	0,9	0,94	2	100	0,9	0,94	0,94
	Gasterosteus aculeatus					1	100	4,81	4,81	4,81
	Perca fluviatilis	10	100	1,29	8,09	56	80	0,94	5,57	10,33
	Rutilus rutilus					2	100	0,88	1,61	1,61
3,4,4',5-Tetrachlorbiphenyl (PCB 81)	Anguilla anguilla	1	100	0,11	0,11	1	100	0,11	0,11	0,11
	Esox lucius	2	100	0,08	0,1	2	100	0,08	0,1	0,1
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,25	0,25	0,25
	Perca fluviatilis	10	100	0,1	0,46	56	70	0,12	0,47	1,94
	Pungitius pungitius					1	100	0,96	0,96	0,96
	Rutilus rutilus					2	50	0,11	0,11	0,11
2,3,3',4,4'-Pentachlorbiphenyl (PCB 105)	Anguilla anguilla	1	100	81,1	81,1	1	100	81,1	81,1	81,1
	Gasterosteus aculeatus					1	100	36,14	36,14	36,14
	Perca fluviatilis	9	33,33333	81,7	111,3	55	75	7,09	66,9	125,78
	Pungitius pungitius					1	100	5,64	5,64	5,64
2,3,4,4',5-Pentachlorbiphenyl (PCB 114)	Rutilus rutilus					2	100	9,75	18,31	18,31
	Anguilla anguilla	1	100	33,5	33,5	1	100	33,5	33,5	33,5
	Esox lucius	2	100	9,97	10,4	2	100	9,97	10,4	10,4
	Perca fluviatilis	10	100	9,74	15	56	68	4,01	12,9	15,09
	Pungitius pungitius					1	100	0,28	0,28	0,28
2,3',4,4',5-Pentachlorbiphenyl (PCB 118)	Rutilus rutilus					2	100	2,03	3,95	3,95
	Anguilla anguilla	1	100	338,7	338,7	1	100	338,7	338,7	338,7
	Esox lucius	2	50	41,5	41,5	2	50	41,5	41,5	41,5
	Gasterosteus aculeatus					1	100	166,16	166,16	166,16
	Perca fluviatilis	9	55,55556	83,2	370,6	55	82	22,53	207,6	370,6
	Pungitius pungitius					1	100	22,33	22,33	22,33
	Rutilus rutilus					2	50	60,41	60,41	60,41

Kontrol tabel 3.26 fortsat		WHO PCB				2018-2023				
Stofnavn ng/kg vådvægt	Art	Antal prø- ver	>DG %	Median	Maks. må- ling	Antal prøver	>DG %	Median	90% per- centil	Maks må- ling
2,3',4,4',5'-Pentachlorbiphenyl (PCB 123)	Anguilla anguilla	1	100	30,5	30,5	1	100	30,5	30,5	30,5
	Esox lucius	2	50	10,3	10,3	2	50	10,3	10,3	10,3
	Perca fluviatilis	10	40	9,93	10,4	56	68	4,5	15,59	22,93
	Pungitius pungitius					1	100	2,75	2,75	2,75
	Rutilus rutilus					2	100	5	5,23	5,23
3,3',4,4',5'-Pentachlorbiphenyl (PCB 126)	Anguilla anguilla	1	100	2,14	2,14	1	100	2,14	2,14	2,14
	Esox lucius	2	100	0,44	0,64	2	100	0,44	0,64	0,64
	Gasterosteus aculeatus					1	100	1,14	1,14	1,14
	Perca fluviatilis	10	100	0,32	2,26	56	70	0,33	1,69	2,46
	Pungitius pungitius					1	100	0,23	0,23	0,23
2,3,3',4,4',5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 156)	Rutilus rutilus					2	50	0,36	0,36	0,36
	Anguilla anguilla	1	100	56,2	56,2	1	100	56,2	56,2	56,2
	Esox lucius	2	50	11,7	11,7	2	50	11,7	11,7	11,7
	Gasterosteus aculeatus					1	100	35,19	35,19	35,19
	Perca fluviatilis	10	30	35,7	59,6	55	78	5,36	35,7	60,73
2,3,3',4,4',5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 157)	Pungitius pungitius					1	100	2,67	2,67	2,67
	Rutilus rutilus					2	100	5,4	9,93	9,93
	Anguilla anguilla	1	100	82	82	1	100	82	82	82
	Esox lucius	2	100	20,15	21,9	2	100	20,15	21,9	21,9
	Gasterosteus aculeatus					1	100	7,68	7,68	7,68
2,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 167)	Perca fluviatilis	10	100	19,2	26,9	56	80	2,45	19,5	26,9
	Pungitius pungitius					1	100	0,68	0,68	0,68
	Rutilus rutilus					2	100	1,43	2,72	2,72
	Anguilla anguilla	1	100	164	164	1	100	164	164	164
	Esox lucius	2	100	26,1	34,9	2	100	26,1	34,9	34,9
2,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 167)	Gasterosteus aculeatus					1	100	31,96	31,96	31,96
	Perca fluviatilis	10	100	28,25	115,6	56	91	5,86	33,4	115,6
	Pungitius pungitius					1	100	13,28	13,28	13,28
	Rutilus rutilus					2	100	4,69	6,69	6,69

Kontrol tabel 3.26 fortsat		WHO PCB				2018-2023				
Stofnavn ng/kg vådvægt	Art	2023 Antal prø- ver	>DG %	Median	Maks. må- ling	2018-2023 Antal prøver	>DG %	Median	90% per- centil	Maks må- ling
3,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 169)	Anguilla anguilla	1	100	0,7	0,7	1	100	0,7	0,7	0,7
	Esox lucius	2	100	0,05	0,07	2	100	0,05	0,07	0,07
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,19	0,19	0,19
	Perca fluviatilis	10	90	0,04	0,18	56	38	0,04	0,12	0,31
2,3,3',4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl (PCB 189)	Esox lucius	2	100	48,9	71,4	2	100	48,9	71,4	71,4
	Gasterosteus aculeatus					1	100	6,89	6,89	6,89
	Perca fluviatilis	9	100	52,1	152,1	55	60	3,6	57,6	152,1
	Rutilus rutilus					2	100	1,2	2,3	2,3

Anguilla anguilla: ål; Esox lucius: gedde; Gasterosteus aculeatus: trepigget hundestejle; Perca fluviatilis: aborre; Pungitus pungitus: nipigget hundestejle; Rutilus rutilus: skalle



**Tabel 3.27.** PCB'er i fisk fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel		2023				2018-2023				
Stofnavn ng/kg vådvægt	Art	Antal prø- ver	>DG %	Median	Maks. må- ling	Antal prøver	>DG %	Median	90% per- centil	Maks må- ling
2,3,3',4,4'-Pentachlorbiphenyl (PCB 105)	Perca fluviatilis					2	100	2,19	2,62	2,62
	Rutilus rutilus					1	100	0,9	0,9	0,9
2,3,4,4',5-Pentachlorbiphenyl (PCB 114)	Perca fluviatilis	1	100	8,52	8,52	3	67	4,36	8,52	8,52
2,3',4,4',5-Pentachlorbiphenyl (PCB 118)	Perca fluviatilis					2	100	8,58	10	10
2,3',4,4',5'-Pentachlorbiphenyl (PCB 123)	Perca fluviatilis	1	100	9,04	9,04	3	100	0,8	9,04	9,04
	Rutilus rutilus					1	100	2,39	2,39	2,39
3,3',4,4',5-Pentachlorbiphenyl (PCB 126)	Perca fluviatilis	1	100	0,18	0,18	3	33	0,18	0,18	0,18
3,3',4,4'-Tetrachlorbiphenyl (PCB 77)	Perca fluviatilis	1	100	0,71	0,71	3	33	0,71	0,71	0,71
	Rutilus rutilus					1	100	0,14	0,14	0,14
3,4,4',5-Tetrachlorbiphenyl (PCB 81)	Perca fluviatilis	1	100	0,05	0,05	3	100	0,25	0,33	0,33
2,3,3',4,4',5-Hexachlorbiphenyl (PCB 156)	Perca fluviatilis	1	100	3,41	3,41	3	100	1,62	3,41	3,41
	Rutilus rutilus					1	100	0,38	0,38	0,38
2,3,3',4,4',5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 157)	Perca fluviatilis	1	100	17,53	17,53	3	100	0,24	17,53	17,53
	Rutilus rutilus					1	100	0,06	0,06	0,06
2,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 167)	Perca fluviatilis	1	100	19,25	19,25	3	100	5,63	19,25	19,25
	Rutilus rutilus					1	100	3,26	3,26	3,26
3,3',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl (PCB 169)	Perca fluviatilis	1	100	0,02	0,02	3	33	0,02	0,02	0,02
2,3,3',4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl (PCB 189)	Perca fluviatilis	1	100	28,84	28,84	3	67	14,46	28,84	28,84

Perca fluviatilis: aborre; Rutilus rutilus: skalle

### Perfluorerede stoffer

Indholdet af PFAS i fisk fanget i søer for perioden 2018-2023 er vist i tabellerne 3.28 og 3.29. I perioden 2018-2023 blev 63 søer undersøgt i kontrolovervågningen, heraf 13 i 2023. Tilsvarende blev 55 henholdsvis 13 søer undersøgt i den operationelle overvågning. Aborre blev undersøgt i størstedelen af søerne; ål, gedde, skalle og trepigget hundestejle i et fåtal af søerne (vedr. valg af arter se omtale ved tabel 3.28 og 3.29). PFAS undersøges i lever, og de fleste stoffer blev fundet i alle prøver. Undtaget er PFDA, som blev fundet i 70% af aborrerne i kontrolovervågningen og i 66% i den operationelle overvågning. Tilsvarende blev PFNA fundet i henholdsvis 44% og 48% af aborrerne i de to overvågningsprogrammer. PFOSA var det mindst forekommende stof (7% og 2% i aborrerne), mens PFOA blev fundet i knap en femtedel (16-18%) af prøverne og PFUnA i næsten 2/3 (63-64%) af prøverne.

Blandt stofferne i PFAS gruppen findes der for biota kun miljøkvalitetskrav for PFOS. Dette er fastsat til 9,1 µg/kg vådvægt. I kontrolovervågningen ligger mindst 10% af de analyserede prøver over dette niveau (90%-percentilen er 46 µg/kg vådvægt). Det samme gælder for den operationelle overvågning, hvor 90%-percentilen er 24 µg/kg vådvægt. Hvis man ser på de enkelte søer, ligger PFOS koncentrationen i 23 af de 57 undersøgte aborreprøver i kontrolovervågningen over detektionsgrænsen. I den operationelle overvågning gælder det for 14 af 50 prøver.

**Table 3.28.** PFAS in fish from sea surveyed in the control monitoring in the period 2018-2023. The table presents the number of samples, the percentage of frequency of detection, where the substance is found above the detection limit, the median value and the maximum value. For the period 2018-2023 the 90% percentile is shown. MKK=miljøkvalitetskrav.

Kontrol		2023				2018-2023				
Stofnavn µg/kg VV vådvægt	Art	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling MKK
Perfluorodecansyre (PFDA)	Anguilla anguilla	1	100	0,48	0,48	1	100	0,48	0,48	0,48
	Esox lucius	2	100	0,845	0,94	2	100	0,845	0,94	0,94
	Perca fluviatilis	10	100	1,36	5,83	57	70	1,15	5,74	30,8
	Rutilus rutilus					2	50	1,56	1,56	1,56
Perfluorononansyre (PFNA)	Anguilla anguilla	1	100	2,98	2,98	1	100	2,98	2,98	2,98
	Esox lucius	2	100	0,97	1,23	2	100	0,97	1,23	1,23
	Perca fluviatilis	10	90	0,49	1,84	57	44	0,49	2,41	8,55
	Rutilus rutilus					2	50	0,9	0,9	0,9
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	Esox lucius	2	50	0,35	0,35	2	50	0,35	0,35	0,35
	Perca fluviatilis	10	10	0,17	0,17	57	7	0,185	0,92	0,92
Perfluoroktansulfonsyre (PFOS)	Anguilla anguilla	1	100	6,6	6,6	1	100	6,6	6,6	6,6
	Esox lucius	2	100	14,14	25,49	2	100	14,14	25,49	25,49
	Gasterosteus aculeatus					1	100	0,2	0,2	0,2
	Perca fluviatilis	10	100	22,685	450,33	57	100	5,98	45,63	450,33
	Rutilus rutilus					2	100	22,925	45,05	45,05
Perfluorooctansyre (PFOA)	Anguilla anguilla	1	100	10,86	10,86	1	100	10,86	10,86	10,86
	Esox lucius	2	100	1,585	1,79	2	100	1,585	1,79	1,79
	Perca fluviatilis	10	80	1,165	2,25	57	16	0,96	2,25	2,25
Perfluoroundecansyre (PFUnA)	Anguilla anguilla	1	100	0,26	0,26	1	100	0,26	0,26	0,26
	Esox lucius	2	100	1,23	1,69	2	100	1,23	1,69	1,69
	Perca fluviatilis	10	100	1,26	5,81	57	63	0,76	2,17	5,81
	Rutilus rutilus					2	50	0,39	0,39	0,39

Anguilla anguilla: ål; Esox lucius: gedde; Gasterosteus aculeatus: trepigget hundestejle; Perca fluviatilis: aborre; Rutilus rutilus: skalle

**Table 3.29.** PFAS i fisk fra søer undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, hvor stoffet er fundet over detektionsgrænsen, medianværdi samt maksimumsværdi. For perioden 2018-2023 er 90%- percentilen vist. MKK=miljøkvalitetskrav.

Operationel		2023				2018-2023				
Stofnavn µg/kg VV vådvægt	Art	Antal prøver	>DG %	Median	Maks. måling	Antal prøver	>DG %	Median	90% percentil	Maks måling MKK
Perfluorodecansyre (PFDA)	Esox lucius					1	100	0,74	0,74	0,74
	Perca fluviatilis	13	100	1,41	2,66	50	66	1,08	2,66	7,39
	Rutilus rutilus					4	75	0,16	0,79	0,79
Perfluorononansyre (PFNA)	Esox lucius					1	100	0,2	0,2	0,2
	Perca fluviatilis	13	85	0,47	1,26	50	48	0,335	1,04	1,26
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	Esox lucius					1	100	0,13	0,13	0,13
	Perca fluviatilis					50	2	7,22	7,22	7,22
Perfluoroktansulfonsyre (PFOS)	Esox lucius					1	100	1,38	1,38	1,38
	Perca fluviatilis	13	100	11,74	59,08	50	100	4,375	23,715	73,25
	Rutilus rutilus					4	100	0,755	5,44	5,44
Perfluorooctansyre (PFOA)	Perca fluviatilis	13	69	0,72	6,02	50	18	0,72	6,02	6,02
Perfluoroundecansyre (PFUnA)	Esox lucius					1	100	0,75	0,75	0,75
	Perca fluviatilis	13	100	1,06	4,8	50	64	0,895	2,36	4,8
	Rutilus rutilus					4	100	0,145	0,44	0,44

Esox lucius: gedde; Perca fluviatilis: aborre; Rutilus rutilus: skalle

### 3.3 Vandløb

*Christian Kjær*

Kontrolovervågningen af Miljøfarlige Forurenende Stoffer (MFS) i vandløb i NOVANA-overvågningen omfatter 25 vandløbsstationer med undersøgelse ved hver station ét år i løbet af programperioden. Hertil kommer et antal supplerende kontrolovervågningsstationer som alle er blevet etableret i 2023. Overvågningen er tilrettelagt, så der i udgangspunktet skal indsamles prøver fra fem stationer pr. år. Resten af de vandløb, der er undersøgt for MFS, indgår i den operationelle overvågning.

De årlige kontrolundersøgelser omfatter måling af vandrammedirektivets prioriterede stoffer i 12 vandprøver pr. vandløbsstation og måling af nationalt prioriterede miljøfarlige forurenende stoffer i fire årlige vandprøver. På de samme stationer indsamles en sedimentprøve. Derudover indsamles, ved hver station, fisk til kvantificering af udvalgte stoffer, som bioakkumuleres i biota.

De stoffer, hvis forekomst kvantificeres under overvågningsprogrammet for vandløb, er fordelt på 13 grupper: Metaller, polyaromatiske kulbrinter (PAH), aromatiske kulbrinter, dioxiner/furaner, WHO PCBer, organotinforbindelser, perfluorerede forbindelser (PFAS), blodgørere, phenoler, halogenerede syrer, anioniske detergenter, pesticider og farmaceutiske stoffer.

I det følgende gives en overordnet beskrivelse af indholdet af hvert af stofferne i de vandløb, der er undersøgt ifm. NOVANA-programmet for 2018-2023. Resultater for perioden 2016-2021 er tidligere beskrevet i Thodsen et al. (2023).

#### 3.3.1 Metoder

##### Fund under detektionsgrænsen

I tilfælde, hvor et stof forekommer i lavere koncentrationer end den analytiske detektionsgrænse bliver de ikke medtaget. Kun andelen af prøver med værdier over detektionsgrænsen er inddraget i beregningerne.

##### Miljøkvalitetskrav

Endnu findes der kun miljøkvalitetskrav for få miljøfarlige forurenende stoffer i vandløbssediment og biota (Miljøministeriet 2023a), mens der findes miljøkvalitetskrav for en række stoffer i vandløbsvand. Miljøkvalitetskrav for miljøfarlige forurenende stoffer i vand sammenholdes med medianværdien for vandløbsstationer indsamlet i den anførte tidsperiode (2023 hhv. 2018-2023). Ligeledes nævnes det hvis enkeltværdier er højere end maksimumkoncentrationen.

### 3.3.2 Vandfasen

Prøver fra vandfasen analyseres for følgende stofgrupper: Metaller og uorganiske sporstoffer, pesticider samt blødgørere og halogenerede syrer. Her følger en gennemgang af resultaterne. Indsamlinger på operationelle stationer har samme analysepakke som kontrol-overvågningen, desuden er der medtaget 4 farmaceutiske stoffer (trimethoprim, sulfamethiazol, sulfamethoxazol og, sulfadiazin).

#### Metaller og uorganiske sporstoffer

De fleste metaller blev fundet med detektionsfrekvenser på 100%. Miljøkvalitetskravene for de fleste metaller skal vurderes i relation til aktuelle baggrundskoncentrationsniveauer for at kunne sammenholde fundkoncentrationerne med etablerede grænseværdier (Boutrup et al. 2015). Disse baggrundskoncentrationsniveauer kendes for barium, kobber, nikkel og zink (Bak & Larsen 2014). Barium blev på kontrol-overvågningsstationerne (tabel 3.30) fundet i koncentrationer, der var højere end det generelle kvalitetskrav, med en medianværdi på henholdsvis 41 µg/l (2023) og 31 µg/l (2018-2023) efter baggrundskoncentrationen er fratrukket. Der blev fundet 15 observationer hvor koncentrationen af zink er højere end maksimumkoncentrationen, og koncentrationen af kobber er ligeledes højere end maksimumkoncentrationen for 3 stationer.

For de operationelle stationer (tabel 3.31) blev der tilsvarende fundet en medianværdi for barium som er højere end det generelle kvalitetskriterie (46 mg/l) for både 2023 og for hele perioden mellem 2018 og 2023. For kobber er der i 2023 seks stationer med koncentrationer over maksimumkoncentration og 80 stationer med en koncentration over miljøkvalitetskravet. For hele perioden 2018-2023 var de tilsvarende værdier henholdsvis 16 og 207 stationer. Zink blev på de operationelle stationer fundet i værdier højere end maksimal-koncentrationen på 101 vandløbsstationer i 2023 og på 265 vandløbsstationer for hele perioden mellem 2018-2023. På de operationelle stationer var der endvidere enkeltværdier for bly, som var højere end maksimumkoncentrationen for stoffet.

**Tabel 3.30.** Metaller i vandprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen) er angivet. Enheden er ug/l.

Periode	2023								
Stof	Arsen	Barium	Bly	Cadmium	Krom	Kobber	Nikkel	Vanadium	Zink
N	32	32	72	72	32	32	72	32	32
>DG, %	100	100	63	72	97	100	99	97	88
MKK	4,3	19	1,2 <sup>4</sup>	0,08-0,25 <sup>5</sup>	3,4/4,9 <sup>3,2</sup>	1 <sup>1,3</sup> /4,9 <sup>6</sup>	4 <sup>3</sup>	4,1	7,8 <sup>1,3</sup> /3 <sup>1,4</sup>
Maksimal konc	43	145	14	<0,45-1,5 <sup>5</sup>	17/124 <sup>2</sup>	2/ 4,9 <sup>6</sup>	34	57,8	8,4 <sup>1</sup>
Median	0,73	56	0,053	0,00795	0,12	0,755	1	0,52	1,65
90% percentil	1,8	72	0,11	0,014	0,32	1,9	5	0,88	4,7
Maksimum værdi	3,9	87	0,19	0,022	0,43	3,4	8,3	1,2	18
Periode	2018-2023								
Stof	Arsen	Barium	Bly	Cadmium	Krom	Kobber	Nikkel	Vanadium	Zink
N	226	226	460	459	226	226	460	223	226
>DG %	100	100	67	83	92	100	99	89	92
MKK	4,3	19	1,2	0,08-0,25 <sup>5</sup>	3,4/4,9 <sup>3,2</sup>	1 <sup>1,3</sup> /4,9 <sup>6</sup>	4 <sup>3</sup>	4,1	7,8 <sup>1,3</sup> /3 <sup>1,4</sup>
Maksimal konc	43	145	14	<0,45-1,5 <sup>5</sup>	17/124 <sup>2</sup>	2/ 4,9 <sup>6</sup>	34	57,8	8,4 <sup>1</sup>
Median	0,82	46	0,05	0,0095	0,12	0,87	1,2	0,46	1,95
90% percentil	1,9	79	0,13	0,025	0,28	1,9	3,9	0,76	8,2
Maksimum værdi	5,7	110	0,89	0,18	0,72	5	24	1,3	110

1: Kvalitetskravet er denne koncentration tilføjet den naturlige baggrundskoncentration (barium 15, kobber 0,66, nikkel ,82, vanadium 0,11 og zink 1,5)

2: Kvalitetskrav for CrVI/CrIII

3: Kvalitetskravet gælder for den biotilgængelige koncentration, men ikke i kombination med 1)

4: Kvalitetskravet gælder for blødt vand

5: Afhænger af vandets hårdhedsgrad

6: Øvre koncentration uafhængig af naturlig baggrundskoncentration

**Tabel 3.31.** Metaller i vandprøver fra vandløb undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen) er vangivet. Enheden er ug/l.

Periode	2023								
Stof	Arsen	Barium	Bly	Cadmium	Krom	Kobber	Nikkel	Vanadium	Zink
N	1785	1785	2761	2761	1785	1798	2761	1653	1785
>DG, %	100	100	66	83	86	99	100	87	88
MKK	4,3	19	1,2 <sup>3</sup>	0,08-0,25 <sup>5</sup>	3,4/4,9 <sup>3,2</sup>	1 <sup>1,3</sup> /4,9 <sup>6</sup>	4 <sup>3</sup>	4,1 <sup>1</sup>	7,8 <sup>1,3</sup> /3,1 <sup>4</sup>
Maksimal konc	43	145	14	<0,45-1,5 <sup>5</sup>	17/124 <sup>2</sup>	2/ 4,9 <sup>6</sup>	34	57,8	8,4 <sup>1</sup>
Median	0,85	46	0,065	0,014	0,17	1	1,5	0,5	2,2
90% percentil	1,7	76	0,17	0,053	0,44	2,2	3,8	1,1	8,1
Maksimum værdi	6,9	140	6,2	0,24	2,4	15	31	4,6	150
Periode	2018-2023								
Stof	Arsen	Barium	Bly	Cadmium	Krom	Kobber	Nikkel	Vanadium	Zink
N	5499	5499	7564	7564	5498	5534	7563	4960	5499
>DG %	100	100	54	84	86	99	99	82	86
MKK	4,3	19	1,2	0,08-0,25 <sup>5</sup>	3,4/4,9 <sup>3,2</sup>	1 <sup>1,3</sup> /4,9 <sup>6</sup>	4 <sup>3</sup>	4,1	7,8 <sup>1,3</sup> /3,1 <sup>4</sup>
Maksimal konc	43	145	14	<0,45-1,5 <sup>5</sup>	17/124 <sup>2</sup>	2/ 4,9 <sup>6</sup>	34	57,8	8,4 <sup>1</sup>
Median	0,82	46	0,057	0,011	0,14	0,84	1,3	0,47	1,8
90% percentil	1,7	79	0,16	0,041	0,37	2	3,5	1,1	6,9
Maksimum værdi	6,9	160	15	0,32	110	37	61	4,6	160

1: Kvalitetskravet er denne koncentration tilføjet den naturlige baggrundskoncentration (barium 15, kobber 0,66, nikkel 0,82, vanadium 0,11 og zink 1,5)

2: Kvalitetskrav for CrVI/CrIII

3: Kvalitetskravet gælder for den biotilgængelige koncentration, men ikke i kombination med 1)

4: Kvalitetskravet gælder for blødt vand

5: Afhænger af vandets hårdhedsgrad

6: Øvre koncentration uafhængig af naturlig baggrundskoncentration



## Pesticider

Overvågningen af pesticider i vandløbsvand omfatter en række herbicider og to nedbrydningsprodukter af glyphosat samt to svampemidler.

De hyppigst fundne stoffer er glyphosat og to af dets nedbrydningsprodukter: AMPA (Aminimethylphosphorsyre), og MCPA. Tilsvarende er de højeste gennemsnitskoncentrationer af enkeltstoffer fundet for AMPA og MCPA (tabel 3.32). I det omfang, der er fastsat miljøkvalitetskrav for enkeltstoffer, er der ikke fundet koncentrationer over kvalitetskravene på hverken kontrolovervågningsstationer eller de operationelle NOVANA-stationer (Tabel 3.32 og 3.33).

Internationale undersøgelser har vist, at maksimumkoncentrationerne af pesticider, især de stærkt lipofile stoffer, typisk forekommer ifm. kraftige nedbørshændelser, hvor koncentrationsniveauet øges betragteligt (en faktor 10-100) sammenlignet med koncentrationer under basisvandføring (f.eks. Bundschuh et al. 2014; Rasmussen et al. 2015). Da vandprøverne i forbindelse med overvågningen er indsamlet uafhængigt af klima og nedbør, må det forventes, at de fundne gennemsnit kan være underestimerede også fordi nogle af stofferne kun indsamles som 4 årlige prøver. Herved er der stor sandsynlighed for at der ikke vil være sammenfald med de nævnte nedbørshændelser.

**Tabel 3.32.** Pesticider i vandprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen) er angivet. Enheden er ug/l.

Periode	2023									
Stof	2,6-Dichlorben- zamid	Aminomethyl- phosphorsyre	Azoxystrobin	Bentazon	Carbendazim	Dinitro-o-cresol	Glyphosat	MCPA	Mechlorprop	Prosulfocarb
N	32	32	28	32	27	32	32	32	32	32
>DG, %	3,125	84,375	0	6,25	0	3,125	53,125	12,5	0	18,75
MKK	78	Ingen	Ingen	45	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	18	Ingen
Maksimal konc	780	Ingen	Ingen	450	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	187	Ingen
Median	0,013	0,051	—	0,0115	—	0,047	0,064	0,0245	—	0
90% percentil	0,013	0,24	—	0,012	—	0,047	0,29	0,044	—	0
Maksimum værdi	0,013	0,26	—	0,012	—	0,047	0,3	0,044	—	0
Periode	2018-2023									
Stof	2,6-Dichlorben- zamid	Aminomethyl- phosphorsyre	Azoxystrobin	Bentazon	Carbendazim	Dinitro-o-cresol	Glyphosat	MCPA	Mechlorprop	Prosulfocarb
N	183	182	93	183	92	183	182	183	183	183
>DG %	14	84	1	7	0	10	69	27	4	10
MKK	78	Ingen	Ingen	45	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	18	Ingen
Maksimal konc	780	Ingen	Ingen	450	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	187	Ingen
Median	0,014	0,085	0,014	0,019	—	0,019	0,075	0,029	0,019	0,0215
90% percentil	0,024	0,43	0,014	0,81	—	0,064	0,35	0,1	0,054	0,089
Maksimum værdi	0,033	1,6	0,014	1,3	—	0,077	13	0,85	0,054	0,12

**Tabel 3.33.** Pesticider i vandprøver fra vandløb undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen) er vangivet. Enheden er ug/l.

2023										
Stof	2,6-Dichlorbenzamid	Aminomethylphosphorsyre	Azoxystrobin	Bentazon	Carbendazim	Dinitro-o-cresol	Glyphosat	MCPA	Mechlorprop	Prosulfocarb
N	1707	1708	1709	1707	1708	1654	1707	1707	1707	1707
>DG, %	100	100	65	83	86	99	100	87	88	2,5
MKK	78	77	Ingen	45	Ingen	100	Ingen	Ingen	18	Ingen
Maksimal konc	780	140	Ingen	450	Ingen	1000	Ingen	Ingen	187	Ingen
Median	0,016	0,0535	0,0375	0,016	0,012	0,0155	0,04	0,03	0,0275	0,0295
90% percentil	0,034	0,25	0,25	0,035	0,015	0,026	0,23	0,23	0,095	0,14
Maksimum værdi	0,13	78	0,25	32	0,047	0,033	4,5	25	0,83	0,75
2018-2023										
Stof	2,6-Dichlorbenzamid	Aminomethylphosphorsyre	Azoxystrobin	Bentazon	Carbendazim	Dinitro-o-cresol	Glyphosat	MCPA	Mechlorprop	Prosulfocarb
N	4560	4561	4276	4560	4275	4156	4559	4560	4560	4560
>DG %	17,5	0,17	0,99	0,89	0,99	0,96	0,31	0,78	0,97	0,92
MKK	78	77	Ingen	45	Ingen	100	Ingen	Ingen	18	Ingen
Maksimal konc	780	140	Ingen	450	Ingen	1000	Ingen	Ingen	187	Ingen
Median	0,016	0,056	0,034	0,015	0,013	0,016	0,043	0,03	0,022	0,028
90% percentil	0,034	0,35	0,16	0,039000001	0,031	0,041	0,27	0,23	0,079	0,14
Maksimum værdi	0,2	78	1,3	32	0,047	0,18	9,5	25	0,93	6,3

### **Blødgørere**

I det omfang, der er fastsat miljøkvalitetskrav for enkeltstoffer, er der ikke fundet koncentrationer over kvalitetskravene på NOVANA-stationerne. Der blev fundet meget få prøver med en koncentration af blødgørere større end detektionsgrænsen for det enkelte stof (tabel 3.34 og 3.35) og i de tilfælde var det med en lav koncentration. Det gælder både på kontrolovervågningsstationerne og på de operationelle stationer

Udkast

**Tabel 3.34.** Blødgørere i vandprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen) er angivet. Enheden er ug/l

Periode	2023					
Stof	Butylbenzylphthalat	Di(2-ethylhexyl)adipat	Di(2-ethylhexyl)phthalat	Dibutylphthalat	Diisononylphthalat	Di-n-octylphthalat
N	21	21	60	21	21	21
>DG, %	0	5	3	0	10	0
MKK	7,5	0,7	1,3	2,3	Ingen	Ingen
Maksimal konc	15	6,6	Anvendes ikke	35	Ingen	Ingen
Median	—	0,099	0,335	—	5,565	—
90% percentil	—	0,099	0,53	—	11	—
Maksimum værdi	—	0,099	0,53	—	11	—
Periode	2018-2023					
Stof	Butylbenzylphthalat	Di(2-ethylhexyl)adipat	Di(2-ethylhexyl)phthalat	Dibutylphthalat	Diisononylphthalat	Di-n-octylphthalat
N	119	119	348	119	119	119
>DG %	2	1	4	3	16	0
MKK	7,5	0,7	1,3	2,3	Ingen	Ingen
Maksimal konc	15	6,6	Anvendes ikke	35	Ingen	Ingen
Median	0,19	0,099	0,145	0,2	0,29	—
90% percentil	0,22	0,099	0,53	0,33	11	—
Maksimum værdi	0,22	0,099	0,56	0,33	11	—

**Table 3.35.** Blødgørere i vandprøver fra vandløb undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen) er angivet. Enheden er ug/l

Periode	2023					
Stof	Butylbenzylphthalat	Di(2-ethylhexyl)adipat	Di(2-ethylhexyl)phthalat	Dibutylphthalat	Diisononylphthalat	Di-n-octylphthalat
N	398	398	1179	398	398	398
>DG, %	0	1	5	16	4	0
MKK	7,5	0,7	1,3	2,3	Ingen	Ingen
Maksimal konc	15	6,6	Anvendes ikke	35	Ingen	Ingen
Median	—	0,12	0,145	0,16	0,195	—
90% percentil	—	0,24	0,46	0,3	1,2	—
Maksimum værdi	—	0,24	1,5	2,5	6,3	—
Periode	2018-2023					
Stof	Butylbenzylphthalat	Di(2-ethylhexyl)adipat	Di(2-ethylhexyl)phthalat	Dibutylphthalat	Diisononylphthalat	Di-n-octylphthalat
N	798	798	2277	798	798	798
>DG %	0	1	5	9	10	0
MKK	7,5	0,7	1,3	2,3	Ingen	Ingen
Maksimal konc	15	6,6	Anvendes ikke	35	Ingen	Ingen
Median	—	0,12	0,15	0,16	0,20	—
90% percentil	—	0,24	0,46	0,3	1,2	—
Maksimum værdi	—	0,24	1,5	2,5	6,3	—

## Halogenerede syrer

Halogenerede syrer, der overvåges i kontrol- og i den operationelle overvågning i vandløb, omfatter stofferne trichloreddikesyre og trifluoreddikesyre (tabel 3.36 og 3.37).

**Tabel 3.36.** Forekomst af halogenerede syrer i vandprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimum koncentrationen) er angivet. Enheden er ug/l.

Periode	2023	
Stof	Trichloreddikesyre	Trifluoreddikesyre
N	21	27
>DG, %	52	100
MKK	Ingen—	Ingen—
Maksimal konc	Ingen—	Ingen—
Median	0,03	0,6
90% percentil	0,1	2,1
Maksimum værdi	0,11	3,2
Periode	2018-2023	
Stof	Trichloreddikesyre	Trifluoreddikesyre
N	135	93
>DG %	21	93
MKK	Ingen	Ingen
Maksimal konc	Ingen	Ingen
Median	0,03	0,6
90% percentil	0,12	1,3
Maksimum værdi	0,33	3,2

**Tabel 3.37.** Forekomst af halogenerede syrer i vandprøver fra vandløb undersøgt i den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Målkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimum koncentrationen) er angivet. Enheden er ug/l..

Periode	2023	
Stof	Trichloreddikesyre	Trifluoreddikesyre
N	322	1708
>DG, %	3	97
MKK	Ingen	Ingen
Maksimal konc	—	—
Median	0,126	0,68
90% percentil	1,3	1,5
Maksimum værdi	1,3	4
Periode	2018-2023	
Stof	Trichloreddikesyre	Trifluoreddikesyre
N	945	4282
>DG %	6	95
MKK	Ingen	Ingen
Maksimal konc	Ingen	Ingen
Median	0,03	0,62
90% percentil	0,23	1,4
Maksimum værdi	1,3	6,1

### Phenoler

Gruppen af phenoler er i overvågningen af vandløbsvand begrænset til bisphenol A. Der blev fundet meget få prøver med en koncentration af bisphenol A større end detektionsgrænsen og i de tilfælde var det med en lav koncentration (Tabel 3.38 og 3.39). Der blev ikke fundet koncentrationer af bisphenol A, der er højere end det fastsatte miljøkvalitetskrav.



**Tabel 3.38.** Forekomst af phenoler i vandprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimum koncentrationen) er angivet. Enheden er ug/l.

Periode	2023
Stof	Bisphenol A
N	21
>DG, %	5
MKK	0,1
Maksimal konc	10
Median	0,03
90% percentil	0,1
Maksimum værdi	0,11
Periode	2018-2023
Stof	Bisphenol A
N	81
>DG %	5
MKK	0,1
Maksimal konc	10
Median	0,03
90% percentil	0,09
Maksimum værdi	0,09

**Tabel 3.39.** Forekomst af phenoler i vandprøver fra vandløb undersøgt i den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimum koncentrationen) er angivet. Enheden er ug/l.

Periode	2023
Stof	Bisphenol A
N	424
>DG, %	7
MKK	0,1
Maksimal konc	10
Median	0,019
90% percentil	0,3195
Maksimum værdi	0,86
Periode	2018-2023
Stof	Bisphenol A
N	881
>DG %	6
MKK	0,1
Maksimal konc	10
Median	0,02
90% percentil	0,05
Maksimum værdi	0,86

### Farmaceutiske stoffer

På en delmængde af stationerne i den operationelle overvågning er der blevet undersøgt for forekomst og koncentration af følgende fire farmaceutiske stoffer: Trimethoprim, sulfamethiazol, sulfamethoxazol og sulfadiazin. I det omfang, der er fastsat miljøkvalitetskrav for de enkelte stoffer, er der ikke fundet koncentrationer højere end kvalitetskravene på de operationelle NOVANA-stationer. Der blev fundet meget få prøver med en koncentration af disse fire stoffer større end detektionsgrænsen for det enkelte stof (Tabel 3.40) og i de tilfælde var det med en lav koncentration.

**Tabel 3.40.** Farmaceutiske stoffer i vandprøver fra vandløb undersøgt i den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt (MKK) og maksimumkoncentrationen) er angivet. Enheden er ug/l

Periode	2023			
Stof	Sulfadiazin	Sulfamethiazol	Sulfamethoxazol	Trimethoprim
N	107	79	80	132
>DG, %	2	5	0	0
MKK	4,6	Ingen	Ingen	100
Maksimal konc	14	Ingen	Ingen	160
Median	0,01215	0,02	—	—
90% percentil	0,015	0,037	—	—
Maksimum værdi	0,015	0,037	—	—
Periode	2018-2023			
Stof	Sulfadiazin	Sulfamethiazol	Sulfamethoxazol	Trimethoprim
N	662	476	479	772
>DG %	1	19	4	3
MKK	4,6 ug/l	Ingen	Ingen	100
Maksimal konc	14	Ingen	Ingen	160
Median	0,016	0,049	0,02	0,021
90% percentil	0,98	0,37	0,043	0,1
Maksimum værdi	0,98	1,1	0,072	0,24

### 3.3. 3 Sediment

Prøver fra sedimentet på overvågningsstationer i vandløb analyseres for forekomsten af følgende stofgrupper: Polyaromatisk kulbrinter (PAH), aromatiske kulbrinter, phenoler og organotinforbindelser. Her følger en gennemgang af resultaterne. Der blev ikke fundet værdier over detektionsgrænsen for nogle stoffer i sedimentprøver i 2023. Dette gælder både for kontrolovervågningsstationerne såvel som de operationelle stationer. Det blev generelt angivet i bemærkningerne til analyserne at: "Detektionsgrænsen for en eller flere alkylphenoler, methylphenoler, PAHer og NSO-forbindelser er hævet på grund af interferens". Det vurderes, at dette er baggrunden for de manglende registreringer.

### **Polyaromatiske kulbrinter (PAH)**

De polyaromatiske kulbrinter (PAH) er som sagt ikke fundet på kontrolovervågningsstationerne i 2023 (Tabel 3.41) og det samme gør sig gældende for de operationelle stationer (Tabel 3.42).

Der ses, for data fra hele perioden mellem 2018 og 2023, en stor spredning i koncentrationsniveauerne for størstedelen af stofferne. Spredningen spænder op til flere størrelsesordener mellem vandløbsstationer (tabel 3.41 og 3.42). Der er kun miljøkvalitetskrav for en enkelte PAH i sediment (antracen). Der blev fundet antracen på 22% af stationerne med koncentrationer højere end kvalitetskravet på kontrolovervågningsstationerne mens der på de operationelle stationer var 20% af stationerne der havde antracen koncentrationer højere end miljøkvalitetskravet.

Udvalgt

**Tabel 3.41.** Polyaromatiske kulbrinter (PAH) i sedimentprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Stof	2023					2018-2023					
	N	>DG, %	Median	90%-percentil	Maksimum	N	>DG, %	Median	90%-percentil	Maksimum	MKK
1-Methylpyren	—	—	—	—	—	26	77	4,55	25,5	32	Ingen
2-Methylphenanthren	—	—	—	—	—	26	92	5,75	21	43	Ingen
2-Methylpyren	3	0	—	—	—	29	17	23	45	45	Ingen
Acenaphthen	5	0	—	—	—	31	45	7,45	36	46	Ingen
Acenaphthylen	—	—	—	—	—	26	92	8,15	60	76	Ingen
Antracen	—	—	—	—	—	26	88	11	54	63	480 ug/kg TS x F <sub>oc</sub> <sup>1</sup>
Benzo(a)anthracen	—	—	—	—	—	26	100	32	110	300	Ingen
Benzo(a)fluoren	—	—	—	—	—	26	92	7,15	44	81	Ingen
Benzo(a)pyren	—	—	—	—	—	26	96	31	140	490	Ingen
Benzo(ghi)perylen	—	—	—	—	—	26	100	35	170	360	Ingen
Benzo(b+j+k)fluranthen	—	—	—	—	—	26	100	74	360	740	Ingen
Benzo(e)pyren	—	—	—	—	—	26	100	32	160	340	Ingen
Chrysen/triphenylen	—	—	—	—	—	26	100	43	150	320	Ingen
Dibenzo(a,h)anthracen	5	0	—	—	—	31	71	7,65	50	72	Ingen
Dibenzothiophen	—	—	—	—	—	31	52	3,2	13	20	Ingen
2,6-dimethylphenanthren	5	0	—	—	—	31	3	4,5	4,5	4,5	Ingen
Fluoranthren	—	—	—	—	—	26	100	61	270	530	Ingen
Fluoren	—	—	—	—	—	26	73	3,9	14	14	Ingen
Indeno(1,2,3-cd)pyren	—	—	—	—	—	26	100	27	120	260	Ingen
Perylen	—	—	—	—	—	26	100	67,5	390	1100	Ingen
Phenanthren	—	—	—	—	—	26	96	32	110	190	Ingen
Pyren	—	—	—	—	—	26	100	57	280	470	Ingen

<sup>1</sup> F<sub>oc</sub> er fraktionen af organisk stof i sedimentet.

**Table 3.42.** Polyaromatiske kulbrinter (PAH) sedimentprøver fra vandløb undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Stof	2023					2018-2023					
	N	>DG, %	Median	90%-percentil	Maksimum	N	>DG, %	Median	90%-percentil	Maksimum	MKK
1-Methylpyren	14	0	—	—	—	240		6,2	21	65	Ingen
2-Methylphenanthren	11	0	—	—	—	237	71	6,8	24	120	Ingen
2-Methylpyren	32	0	—	—	—	258	22	18,5	59	100	Ingen
Acenaphthen	37	0	—	—	—	263	24	4,75	33	100	Ingen
Acenaphthylen	4	0	—	—	—	230	86	12	50	230	Ingen
Antracen	5	0	—	—	—	231	74	15	51	280	480 ug/kg TS x f <sub>oc</sub> <sup>1</sup>
Benzo(a)anthracen	6	0	—	—	—	232	95	33	140	960	Ingen
Benzo(a)fluoren	3	0	—	—	—	229	89	9,2	37	210	Ingen
Benzo(a)pyren	1	0	—	—	—	226	96	42,5	170	740	Ingen
Benzo(ghi)perylen	1	0	—	—	—	226	98	42,5	160	550	Ingen
Benzo(b+j+k)fluranthen	—	—	—	—	—	225	100	89	330	1100	Ingen
Benzo(e)pyren	—	—	—	—	—	225	100	36	140	430	Ingen
Chrysen/triphenylen	2	0	—	—	—	228	98	52	190	680	Ingen
Dibenzo(a,h)anthracen	37	0	—	—	—	262	64	11	41	120	Ingen
Dibenzothiophen	37	0	—	—	—	263	35	2,8	8,5	41	Ingen
2,6-dimethylphenanthren	40	0	—	—	—	266	1,5	2,55	17	17	Ingen
Fluoranthen	2	0	—	—	—	228	99	71	290	1200	Ingen
Fluoren	8	0	—	—	—	234	66	4,4	12	85	Ingen
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2	0	—	—	—	227	97	35	140	460	Ingen
Perylen	2	0	—	—	—	227	98	56	260	9000	Ingen
Phenanthren	1	0	—	—	—	227	99	26	96	570	Ingen
Pyren	1	—	—	—	—	227	98	63	270	1100	Ingen

<sup>1</sup> F<sub>oc</sub> er fraktionen af organisk stof i sedimentet.

### Aromatiske kulbrinter.

Aromatiske kulbrinter er i denne sammenhæng begrænset til den del af de aromatiske kulbrinter med to benzenringe. De omtalte aromatiske kulbrinter har i højere grad tendens til at blive bundet til partikler end til at være opløst i vand.

Aromatiske kulbrinter blev fundet i vandløbssedimenter (tabel 3.43 og 3.44). Forskellen mellem laveste og højeste koncentration varierede meget mellem de enkelte stoffer. På kontrolovervågningsstationerne blev der fundet koncentrationer højere end det generelle miljøkvalitetskrav for 31% af prøverne for naphthalen og 67% af prøverne for de methylerede naphthalener. Der skal gøres opmærksom på at det er meget få stationer, hvor der var prøver med koncentrationer over detektionsgrænsen. På de operationelle stationer var de tilsvarende værdier henholdsvis 0% for naphthalen og 17% for de methylerede naphthalener.

**Tabel 3.43.** Aromatiske kulbrinter i sedimentprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Periode	2023				
Stof	1-Methyl-naphthalen	2-Methyl-naphthalen	Dimethyl-naphthalener	Naphthalen	Trimethyl-naphthalener
N	4	5	0	1	2
>DG, %	0	0	—	0	0
MKK	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	2,76 x foc <sup>2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>
Median	Ingen værdier over detektionsgrænsen				
90% percentil	Ingen værdier over detektionsgrænsen				
Maksimum værdi	Ingen værdier over detektionsgrænsen				
Periode	2018-2023				
Stof	1-Methyl-naphthalen	2-Methyl-naphthalen	Dimethyl-naphthalener	Naphthalen	Trimethyl-naphthalener
N	30	31	26	27	28
>DG %	53	45	100	78	22
MKK	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	2,76 x foc <sup>2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>
Median	2,55	4,45	37	7,1	14,95
90% percentil	11	20	180	37	57
Maksimum værdi	15	25	750	54	57

<sup>1</sup> Sum af methylnaphthalener, herunder 1-methylnaphthalen, 2-methylnaphthalen, dimethylnaphthalen og trimethylnaphthalen.

<sup>2</sup> F<sub>OC</sub> er fraktionen af organisk stof i sedimentet.

**Tabel 3.44.** Aromatiske kulbrinter i sedimentet fra vandløb undersøgt i den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Periode	2023				
	1-Methyl-naphthalen	2-Methyl-naphthalen	Dimethyl-naphthalener	Naphthalen	Trimethyl-naphthalener
N	25	28	2	3	21
>DG, %	0	0	-	0	0
MKK	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	2,76 x foc <sup>2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>
Median	Ingen værdier over detektionsgrænsen				
90% percentil	Ingen værdier over detektionsgrænsen				
Maksimum værdi	Ingen værdier over detektionsgrænsen				
Periode	2018-2023				
	1-Methyl-naphthalen	2-Methyl-naphthalen	Dimethyl-naphthalener	Naphthalen	Trimethyl-naphthalener
N	202	205	179	180	198
>DG %	30	35	91	72	28
MKK	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>	2,76 x foc <sup>2</sup>	0,478 x foc <sup>1,2</sup>
Median	3	3,6	38,5	0,017	18
90% percentil	9,2	11	160	16	43
Maksimum værdi	130	230	570	150	100

<sup>1</sup> Sum af methylnaphthalener, herunder 1-methylnaphthalen, 2-methylnaphthalen, dimethylnaphthalen og trimethylnaphthalen.

<sup>2</sup> F<sub>OC</sub> er fraktionen af organisk stof i sedimentet.

### Phenoler

Gruppen af phenoler er i denne sammenhæng begrænset til phenol, alkylphenoler og bisphenol A. Der blev fundet meget få prøver med en koncentration af de omtalte phenoler som var større end detektionsgrænsen for det enkelte stof og i de tilfælde var det med en lav koncentration (Tabel 3.45 og 3.46). På de 4 kontrolovervågningsstationer hvor der var målt koncentrationer højere end detektionsgrænsen for otylphenolerne var koncentrationen på 2 af stationerne højere end miljøkvalitetskravet. For de operationelle overvågningsstationer var der ikke observationer med en værdi højere end miljøkvalitetskravet for de phenoler, der blev påvist.

**Tabel 3.45.** Phenoler i sedimentprøver fra vandløb undersøgt ved kontrolovervågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Periode	2023						
Stof	4-n-oc-tylphenol	4-Nonylphenol	4-tert-oc-tylphenol	Bisphenol A	Nonylphenol-diethoxylater	Nonylphenoler	Nonylphenol-moethoxylater
N	5	5	4	4	5	3	5
>DG, %	0	0	0	0	0	0	0
MKK	39,3*Foc <sup>1</sup>	25*Foc <sup>1</sup>	39,3*Foc <sup>1</sup>	Ingen	Ingen	25*Foc <sup>1</sup>	Ingen
Median	Ingen værdier over detektionsgrænsen						
90% percentil	Ingen værdier over detektionsgrænsen						
Maksimum værdi	Ingen værdier over detektionsgrænsen						
Periode	2018-2023						
Stof	4-n-oc-tylphenol	4-Nonylphenol	4-tert-oc-tylphenol	Bisphenol A	Nonylphenol-diethoxylater	Nonylphenoler	Nonylphenol-moethoxylater
N	31	31	30	18	29	29	29
>DG %	0	3	13	0	0	3	0
MKK	39,3*Foc <sup>1</sup>	25*Foc <sup>1</sup>	39,3*Foc <sup>1</sup>	Ingen	Ingen	25*Foc <sup>1</sup>	Ingen
Median	—	0,81	1,6	—	—	140	—
90% percentil	—	0,81	7,4	—	—	140	—
Maksimum værdi	—	0,81	7,4	—	—	140	—

<sup>1</sup> F<sub>OC</sub> er fraktion af organisk stof i sedimentet

**Tabel 3.46.** Phenoler i sedimentet fra vandløb undersøgt ved den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal observationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Periode	2023						
Stof	4-n-oc-tylphenol	4-Nonylphenol	4-tert-oc-tylphenol	Bisphenol A	Nonylphenol-diethoxylater	Nonylphenoler	Nonylphenol-moethoxylater
N	33	32	27	26	1	33	1
>DG, %	0	0	0	0	0	0	0
MKK	39,3*foc <sup>1</sup>	25*foc <sup>1</sup>	39,3*foc <sup>1</sup>	Ingen	Ingen	25*foc <sup>1</sup>	Ingen
Median	Ingen værdier over detektionsgrænsen						
90% percentil	Ingen værdier over detektionsgrænsen						
Maksimum værdi	Ingen værdier over detektionsgrænsen						
Periode	2018-2023						
Stof	4-n-oc-tylphenol	4-Nonylphenol	4-tert-oc-tylphenol	Bisphenol A	Nonylphenol-diethoxylater	Nonylphenoler	Nonylphenol-moethoxylater
N	243	242	237	131	80	243	80
>DG %	0	3	9	0	0	3	4
MKK	39,3*Foc <sup>1</sup>	25* Foc <sup>1</sup>	39,3* Foc <sup>1</sup>	Ingen	Ingen	25* Foc <sup>1</sup>	Ingen
Median	—	3,55	0,003	—	—	0,53	17
90% percentil	—	34	7,4	—	—	320	18
Maksimum værdi	—	34	23	—	—	320	18

<sup>1</sup> F<sub>OC</sub> er fraktion af organisk stof i sedimentet



## Organotinforbindelser

Der blev i 2023 ikke fundet tributyltin, triphenyltin, dibutyltin eller monobutyltin i sedimentet på kontrolovervågningsstationerne. Organotinforbindelser blev fundet i vandløbsedimenter i årene før (tabel 3.47 og 3.48).

**Tablet 3.47.** Organotinforbindelser i sedimentet fra vandløb undersøgt ved kontrol-overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal stationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Periode	2023			
	Dibutyltin	Monobutyltin	Tributyltin	Triphenyltin
N	4	1	4	5
>DG, %	0	0	0	0
MKK	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Median	Ingen værdier over detektionsgrænsen			
90% percentil	Ingen værdier over detektionsgrænsen			
Maksimum værdi	Ingen værdier over detektionsgrænsen			
Periode	2018-2023			
	Dibutyltin	Monobutyltin	Tributyltin	Triphenyltin
N	28	25	28	29
>DG %	14	52	4	0
MKK	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Median	26,5	11	2,7	—
90% percentil	140	57	2,7	—
Maksimum værdi	140	70	2,7	—

**Tablet 3.48.** Organotinforbindelser i sedimentet fra vandløb undersøgt på stationer i den operationelle overvågning i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal stationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Mjlkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Periode	2023			
	Dibutyltin	Monobutyltin	Tributyltin	Triphenyltin
N	1	—	1	1
>DG, %	0	—	0	0
MKK	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Median	Ingen værdier over detektionsgrænsen			
90% percentil	Ingen værdier over detektionsgrænsen			
Maksimum værdi	Ingen værdier over detektionsgrænsen			
Periode	2018-2023			
	Dibutyltin	Monobutyltin	Tributyltin	Triphenyltin
N	80	79	80	80
>DG %	4	22	0	0
MKK	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Median	1,4	6,1	Ingen værdier over detektions-grænsen	
90% percentil	4,4	18	Ingen værdier over detektionsgrænsen	
Maksimum værdi	4,4	19	Ingen værdier over detektions-grænsen	

### 3.3.4 Biota

Fisk fanget på kontrol- og operationelle overvågningsstationer i vandløb er undersøgt for indhold af dioxiner og furaner, PFAS og kviksølv. Der er målt på forskellige fiskearter afhængig af hvilke fisk, det har været muligt at indsamle fra det enkelte vandløb. I den tekniske anvisning for 'Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandløb: Sediment og biota' (Wiberg-Larsen & Rasmussen 2017) er det anført, at "der til analyserne så vidt muligt kun anvendes én fiskeart: Ørred (bækørred). Denne art er den mest udbredte i danske vandløb. I mangel på bækørred kan der anvendes andre rovfisk som aborre, gedder eller sandart. Hvis der ikke findes rovfisk i fangsten, kan der vælges andre arter. Her følger en gennemgang af resultaterne.

### Dioxiner og furaner

Koncentrationen af dioxiner og furaner i biota angives i toksicitetsækvivalenter beregnet med en omregningsfaktor fastsat af WHO (WHO-TEQ). Coplanare PCB-forbindelser har tilsvarende toksicitet, og henregnes til gruppen af dioxiner og furaner som "dioxinlignende forbindelser" og omregnes til toksicitetsækvivalenter, (WHO-TEQ c-PCB) med egne omregningsfaktorer. Der er fastsat faktorer til beregning af WHO-TEQ i 1998 og 2005. Ændringen fra WHO-TEQ 1998 til 2005 betyder, at omregningsfaktorerne for 12378-PCDF og 23478-PeCDF er sat ned fra 0,05 og 0,5 til hhv. 0,03 og 0,3, og for OCDD og OCDF sat op fra 0,0001 til 0,0003. For de dioxinlignende PCBer er omregningsfaktoren ændret fra 0,00001-0,005 til at alle har faktoren

0,00003, undtagen PCB#169 som er sat op fra 0,01 til 0,03 (Van den Berg et al. 2006).

Kvalitetskravet for dioxiner og furaner i overfladevand er fastsat som summen af toksicitetsækvivalenter af dioxiner, furaner og dioxinlignende forbindelser i biota. Kvalitetskravet er for dioxiner og furaner på 0,0035 µg TEQ/kg og 0,0065 µg TEQ/kg for alle de omtalte stoffer (Miljøministeriet 2023a). Miljøkvalitetskravet er baseret Verdenssundhedsorganisationens toksicitetsækvivalensfaktorer fra 2005.

Der blev ikke fundet koncentrationer over kvalitetskravene for denne stofgruppe, hverken på kontrol eller de operationelle overvågningsstationer (tabel 3.49 og 3.50).

Udskræst

**Tabel 3.49.** Dioxiner og furaner samt WHO TEQ værdier i fisk fanget på kontrolovervågningsstationer i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal stationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet.. Enheden er ng/kg VV.

Stof	2023					2018-2023					
	N	>DG, %	Median	90%-percentil	Maksimum	N	>DG, %	Median	90%-percentil	Maksimum	MKK
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzodioxin	3	100	0,280	0,753	0,753	15	20	0,185	0,306	0,753	Ingen
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzofuran	3	100	0,037	0,040	0,040	15	47	0,022	0,040	0,040	Ingen
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran	3	100	0,017	0,023	0,023	15	33	0,017	0,027	0,027	Ingen
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzo-p-dioxin	3	100	0,062	0,134	0,134	15	27	0,047	0,101	0,133	Ingen
1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran	3	0	—	—	—	15	80	0,004	0,004	0,004	Ingen
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran	3	33	0,010	0,010	0,010	15	73	0,011	0,012	0,012	Ingen
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin	3	33	0,012	0,012	0,012	15	67	0,01	0,045	0,045	Ingen
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	3	0	—	—	—	15	100	—	—	—	Ingen
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzo-p-dioxin	3	67	0,012	0,017	0,017	15	67	0,016	0,023	0,023	Ingen
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran	3	0	—	—	—	15	87	0,006	0,006	0,006	Ingen
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzo-p-dioxin	3	33	0,008	0,008	0,008	15	87	0,008	0,008	0,008	Ingen
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran	3	67	0,016	0,019	0,019	15	40	0,019	0,230	0,230	Ingen
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzo-p-dioxin	3	33	0,019	0,019	0,019	15	86	0,028	0,037	0,037	Ingen
2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	3	0	—	—	—	15	93	0,012	0,012	0,012	Ingen
2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran	3	100	0,015	0,032	0,032	15	40	0,032	0,060	0,060	Ingen
2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran	3	100	0,047	0,102	0,102	15	20	0,094	0,174	0,314	Ingen
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin	3	67	0,012	0,018	0,018	15	53	0,018	0,048	0,048	Ingen
WHO-TEQ 2005 c-PCB	3	—	0,027	0,064	0,064	11	—	0,101	0,329	0,680	Ingen
WHO-TEQ 2005 PCDD/F	3	—	0,032	0,078	0,078	11	—	0,044	0,109	0,137	Ingen
WHO-TEQ 2005 total, ekskl. LOQ	3	—	0,059	0,143	0,143	11	—	0,15	0,374	0,817	6,5

**Tabel 3.50.** Dioxiner og furaner samt WHO TEQ værdier i fisk fanget i det operationelle overvågningsprogram i vandløb i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal stationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet. Enheden er ng/kg VV.

Stof	2023					2018-2023					
	N	>DG, %	Median	90%-per- centil	Maksimum	N	>DG, %	Median	90%-percen- til	Maksimum	MKK
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzodi- oxin	6	100	0,388	0,634	0,634	62	97	0,163	0,388	0,634	Ingen
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordiben- zofuran	6	100	0,029	0,063	0,063	62	90	0,017	0,036	0,090	Ingen
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran	6	100	0,0175	0,061	0,061	62	95	0,017	0,038	0,077	Ingen
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzo-p-di- oxin	6	100	0,064	0,148	0,148	62	95	0,038	0,078	0,148	Ingen
1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran	6	33	0,005	0,005	0,005	62	32	0,005	0,012	0,016	Ingen
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran	6	50	0,010	0,020	0,020	62	27	0,014	0,023	0,026	Ingen
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzo-p-dio- xin	6	33	0,006	0,008	0,008	62	18	0,010	0,016	0,026	Ingen
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	6	33	0,012	0,017	0,017	62	27	0,017	0,028	0,048	Ingen
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzo-p-dio- xin	6	67	0,015	0,030	0,030	62	52	0,011	0,026	0,040	Ingen
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran	6	0	—	—	—	62	8	0,016	0,024	0,024	Ingen
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzo-p-dio- xin	6	33	0,007	0,008	0,008	62	31	0,007	0,020	0,025	Ingen
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran	6	50	0,035	0,041	0,041	62	60	0,015	0,041	0,080	Ingen
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzo-p-dioxin	6	33	0,027	0,031	0,031	62	47	0,019	0,046	0,052	Ingen
2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	6	50	0,169	0,169	0,169	62	24	0,011	0,017	0,022	Ingen
2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran	6	67	0,009	0,011	0,010	62	77	0,026	0,065	0,129	Ingen
2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran	6	100	0,043	0,066	0,066	62	97	0,067	0,170	0,475	Ingen
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin	6	83	0,043	0,214	0,214	62	85	0,013	0,028	0,174	Ingen
WHO-TEQ 2005 c-PCB	6	—	0,009	0,021	0,021	61	—	0,065	0,178	0,367	Ingen
WHO-TEQ 2005 PCDD/F	6	—	0,031	0,106	0,106	61	—	0,042	0,100	0,236	Ingen
WHO-TEQ 2005 total, ekskl. LOQ	6	—	0,079	0,284	0,284	61	—	0,107	0,323	0,487	6,5

### Perfluorerede forbindelser (PFAS)

Det er i direktivet om prioriterede stoffer anført, at kvalitetskravet gælder for PFOS og derivater. Det er efterfølgende afklaret, at kun PFOS skal inddrages ved vurdering i forhold til EQS. Miljøkvalitetskravet er fastsat på baggrund af human eksponering, og derfor er det koncentrationen i muskel, kravet gælder for. I overvågningsprogrammet er PFAS i biota målt i fiskelever, fordi der her er størst chance for at detekterer stofferne. For at kunne vurdere resultatet heraf i forhold til miljøkvalitetskravet er der bestemt en omregningsfaktor for fisk i ferskvand (Larsen & Bossi, 2021).

Som det fremgår af tabel 3.51 og 3.52, så er tilstedeværelsen af PFOS en størrelsesorden højere end de øvrige PFAS-forbindelser og det er fundet i alle prøver. Der er ikke målinger der har en koncentration som er højere end det omregnede kvalitetskrav, hverken på kontrol-overvågningsstationerne eller de operationelle stationer.

**Tabel 3.51.** PFAS i fisk fanget på kontrolovervågningsstationer i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal stationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Periode	2023						
Stof	Perfluoro-decan- syre (PFDA)	Perfluoro-hexane- sulfonsyre (PFHxS)	Perfluoro-nonan- syre (PFNA)	Perfluor-oktansulfa- mid (PFOSA)	Perfluoro-oktansulfon- syre (PFOS)	Perfluoro-oktan- syre (PFOA)	Perfluoro-undecansyre (PFUnA)
N	4	4	4	4	4	4	4
>DG, %	100	50	100	100	100	100	100
MKK (ug/kg)	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	91 <sup>1</sup>	Ingen	Ingen
Median	0,78	0,33	0,49	0,37	11,66	0,585	0,385
90% percentil	5,45	0,4	1,13	1,39	56,38	3,1	4,05
Maksimum værdi	5,45	0,4	1,13	1,39	56,38	3,1	4,05
Periode	2018-2023						
N	24	24	24	24	24	24	24
>DG %	71	12,5	58	62,5	100	29	71
MKK	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	91 <sup>1</sup>	Ingen	Ingen
Median	0,83	0,4	0,48	0,47	5,2	0,42	0,48
90% percentil	2,78	0,5	1,3	1,1	14,3	3,1	1
Maksimum værdi	5,45	0,5	1,4	1,39	56,38	3,1	1,16

<sup>1</sup> MKK er omregnet for det forhold at målingen er foretaget i lever, men kvalitetskravet er udregnet/bestemt for muskelvæv (Korrektionsfaktoren er 10 (Larsen og Bossi 2021))

**Tabel 3.52.** PFAS i fisk fanget på de operationelle overvågningsstationer i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal stationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet. Enheden er ug/kg TS.

Periode		2023						
Stof	Perfluoro-decan-syre (PFDA)	Perfluoro-hexane-sulfonsyre (PFHxS)	Perfluoro-nonan-syre (PFNA)	Perfluor-oktansulfamid (PFOSA)	Perfluoro-oktansulfonsyre (PFOS)	Perfluoro-oktansyre (PFOA)	Perfluoro-undecan-syre (PFUnA)	
N	31	31	31	31	31	31	31	
>DG, %	100	39	97	97	100	97	97	
MKK	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	91 <sup>1</sup>	Ingen	Ingen	
Median	0,47	0,265	0,46	0,445	8,65	0,53	0,59	
90% percentil	1,65	0,57	1,16	1,27	18,52	1,89	1,175	
Maksimum værdi	2,27	0,63	1,92	3,57	28,43	2,4	1,42	
Periode		2018-2023						
N	203	203	203	203	203	203	203	
>DG %	56	17	38	55	99	24	46	
MKK	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	91 <sup>1</sup>	Ingen	Ingen	
Median	0,53	0,29	0,44	0,3	2,9	0,475	0,53	
90% percentil	1,97	0,8	1,3	1,26	11,15	1,71	1,42	
Maksimum værdi	4,75	3,72	2,07	7,18	51,55	2,4	2,5	

<sup>1</sup> MKK er omregnet for det forhold at målingen er foretaget i lever, men kvalitetskravet er udregnet/bestemt for muskelvæv (Korrektionsfaktoren er 10 (Larsen og Bossi 2021))



## Kviksølv

Målingerne er foretaget på fiskenes muskelvæv. Det fastsatte miljøkvalitetskrav for kviksølv i biota (fisk) på 20 µg/kg vådvægt gælder for den hele fisk. Larsen (2019) indeholder en oversigt over faktorer for omregning af kviksølvindhold i muskel til indhold i hele fisk. For de undersøgte fisk er den generelle omregningsfaktor på 0,93 (±38%). For at kunne vurdere de fundne kviksølvkoncentrationer i de undersøgte fisk, er disse korrigeret for, at der er målt i muskel i stedet for den hele fisk. Efter korrektion, ved anvendelse af ovennævnte omregningsfaktor, finder man at medianværdien af målingerne er højere end kvalitetskravet. Det gælder både for 2023 alene og for tidsintervallet mellem 2018 og 2023. Og det for både de operationelle stationer og for kontrolovervågningsstationerne (tabel 3.53 og 3.54).

**Tabel 3.53.** Kviksølv i fisk fanget på kontrolovervågningsstationer i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal stationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet. Enheden er ug/kg VV.

Periode	2023
Stof	Kviksølv
N	5
>DG, %	100
MKK	20 ug/kg VV
Median	33,5
90% percentil	94,3
Maksimum værdi	94,3
Periode	2018-2023
Stof	Kviksølv
N	26
>DG %	100
MKK	20 ug/kg VV
Median	60,1
90% percentil	94,3
Maksimum værdi	139

**Tabel 3.54.** Kviksølv i fisk fanget på de operationelle overvågningsstationer i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal stationer, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve. Miljøkvalitetskravene (generelt) (MKK) er angivet. Enheden er ug/kgVV.

Periode	2023
Stof	Kviksølv
N	33
>DG, %	100
MKK	20 ug/kg VV
Median	47,7
90% percentil	77,4
Maksimum værdi	88,9
Periode	2018-2023
Stof	Kviksølv
N	246
>DG %	100
MKK	20 ug/kg VV
Median	56
90% percentil	108
Maksimum værdi	313

### 3.4 Punktkilder

*Pia Lassen*

De årlige kontrolundersøgelser omfatter måling af miljøfarlige forurenende stoffer fra punktkilder. Der udtages en prøve pr år ved de avancerede renseanlæg, mens der udtages prøver tre gange årligt ved renseanlæg uden særlig industri og otte gange om året ved regnbetingede udledninger (RBU). For slam udtages der en prøve årligt.

For renseanlæg kan overvågningen opdeles i større avancerede renseanlæg i tættere bebyggelse og med mulig udledning af spildevand fra industri (Avancerede renseanlæg), og overvågning på mindre renseanlæg uden væsentlig tilledning af spildevand fra industri, og med mere spredt bebyggelse (Mekaniske renseanlæg). Langt den største del af det spildevand, der produceres i Danmark, bliver behandlet på avancerede anlæg. Regn øger mængden af vand i vores kloaksystemer. Dette håndteres i anlæg for regnbetingede udledninger (RBU), som dækker over det spildevand og regnvand, der udledes via afløb til vandløb, søer og havet fra befæstede arealer, såsom tagflader, veje, stier og pladser, der er tilsluttet et kloaknet. RBU kan opdeles i to typer; RBU separat kloak, hvor spildevandet stammer fra separatkloakerede områder, og dermed kun indeholder regnvand fra overflader. RBU fælleskloak er overløb fra fælleskloakerede områder, og består derfor af en blanding af overfladevand og spildevand. RBU vil have varierende tilbageholdelse afhængig af design

Der indgår 15 stofgrupper i punktkildeovervågningen. Metaller, polyaromatiske kulbrinter (PAH), aromatiske kulbrinter, kulbrinter, halogenerede alifatiske kulbrinter, organotinforbindelser, perfluorerede forbindelser (PFAS),

blødgørere, phenoler, anioniske detergenter, pesticider, ethere, phosphortriestre, farmaceutiske stoffer og østrogener.

Data er udtrukket fra PULS-databasen og fremsendt af Miljøstyrelsen for perioden 2018-2023. Der er data for to typer renseanlæg; avanceret og mekanisk. Der er målt på spildevand til- og afløb. Der indgår 15 avancerede anlæg både i perioden 2018-2023 og i 2023. For mekaniske anlæg indgår otte anlæg i perioden 2018-2023 og fem i 2023. For separatkloakerede regnvandsudledninger (RBU, separat kloak) er der målt på spildevand, til- og afløb, samt regnvandsbassin, sediment. Der indgår to anlæg for RBU, separat kloak, både for perioden 2018-2023 og i 2023. For fælleskloakerede regnvandsudledninger (RBU fælleskloak) er der målt på spildevand, afløb. Der indgår to anlæg for perioden 2018-2022, da der ikke er data fra 2023. I tabel 3.55 er der angivet antal datapunkter for 2023 og for perioden 2018-2023 opdelt på parametergrupper.

**Tabel 3.55.**

Parametergruppe	Tidsperiode	renseanlæg			RBU	
		avanceret, til-løb/afløb	mekanisk, til-løb/afløb	fælles kloak afløb	separat kloak til-løb/afløb	separat kloak sediment
Metaller	2023	15	11	0	18	2
	2018-2023	50	80	31	74	10
Aromatiske kulbrinter	2023	15	11	0	18	2
	2018-2023			31	74	11
Kulbrinter	2023					1
	2018-2023					3
Polyaromatiske hydrocarboner (PAHer)	2023				18	2
	2018-2023				74	11
Organotin	2023	15	11	0		
	2018-2023	50	80	31		
Perfluorerede stoffer	2023	15/14	10/8	0		
	2018-2023	50/49	79/77	31		
Pesticider	2023				18	2
	2018-2023				74	10
Blødgørere	2023	15	11	0	18	2
	2018-2023	50	80	31	74	10
Phenoler	2023	15	11	0	18	2
	2018-2023	50	80	31	74	11
Halogenerede alifatiske kulbrinter	2023	15	11	0		
	2018-2023	50	80	31		
Anioniske detergenter	2023	15	11	0	18	
	2018-2023	50	80	31	74	
Phosphor tristre	2023	15	11	0	18	
	2018-2023	50	80	31	74	
Ethere	2023	15	11	0		
	2018-2023	50	80	31		
Farmaceutiske stoffer	2023	15	11	0		
	2018-2023	50	80	31		
Østrogener	2023	15	11	0		
	2018-2023	50	80	31		

### 3.4.1 Metode

Alle data er beregnet for alle anlæg i samme kategori. Resultaterne afspejler derfor en form for "landsværdi". Der er for 2023 beregnet fundhyppighed, median og maksimumværdi. For 2018-2023 er beregnet fundhyppighed, median, 90%percentil og maksimumværdi. Data under detektionsgrænsen (DG) er ikke medtaget i statistikken. Der er beregnet på både tilløb og afløb for renseanlæg og RBU, separat kloak. Da værdier under detektionsgrænsen ikke er medtaget, kan beregnede værdier for til- og afløb dog ikke sammenlignes med henblik på at vurdere en eventuel tilbageholdelsesgraden af stofferne i anlæggene. Dog i de tilfælde, hvor fundprocenten er næsten 100 for både tilløb og afløb, kan man tage en forsigtig vurdering af tilbageholdelsesgraden i anlægget baseret på median og 90%percentil. Tilsvarende vil en lavere fundhyppighed ved afløb give en indikation af tilbageholdelse men kun på et overordnet plan.

### 3.4.2 Gennemgang af data

Resultaterne kan ses i tabel 3.56 til tabel 3.60 på de efterfølgende sider. Tabellerne er opdelt efter følgende kategori/typer med hver sin tabel: Renseanlæg, avanceret, renseanlæg, mekanisk, RBU separat kloak, RBU fælleskloak og RBU separat kloak, sediment.

Tabellerne gennemgås kort i de nedenstående afsnit opdelt på stofgrupper for perioden 2018-2023. I gennemgangen er ikke alle stoffer gennemgået i detaljer, men data for stofgrupperne beskrevet på et overordnet niveau, hvor enkelte stoffer er fremhævet, hvis det er relevant. Der bliver ikke lavet direkte sammenligningerne med miljøkvalitetskriterier for mediankoncentrationer, men der er skelet til miljøkvalitetskriterier/krav ved vurdering af om mediankoncentrationerne vurderes høje eller lave.

For beskrivelse af de enkelte stofgrupper, se kapitel 2.

#### Metaller

Metaller er en af de mest målte stofgrupper i renseanlæg og RBU'er, og findes normalt over detektionsgrænsen i tilløb som de naturligt forekommende stoffer de er. Der måles for 14 forskellige metaller og metalloider, de gængse cadmium, bly, kviksølv, kobber, zink, nikkel, krom og arsen, foruden aluminium, antimon, barium, molybdæn, selen og vanadium.

De gennemsnitlige fundprocenter af metaller varierer for avancerede renseanlæg for 2018-2023 (91% i tilløb, 46% i afløb), mekaniske renseanlæg (70% i tilløb, 68% i afløb) og RBU'er (75% i tilløb, 60% i afløb). For tilløb er det især antimon, der ikke er påvist (23 - 46%), og for kviksølv 30-43%. Kviksølv kan detekteres på meget lavere koncentrationer end med de metoder, der anvendes til analyse i spildevand, men da kravværdierne er højere i spildevandsafløb, er det ikke aktuelt for vurderingen af renseanlæggenes drift.

For renseanlæg falder koncentrationen typisk fra tilløb til afløb, sandsynligvis som følge af nedfældning når der udfældes fosfor i avancerede renseanlæg, medianværdien falder i gennemsnit 35% på tværs af metallerne, generelt er niveauet fra <1 til 10 µg/l i afløbsvand, med højere koncentrationer af aluminium, zink og barium, som er de mest almindeligt forekommende metaller, for aluminium og zink også meget anvendte i industri.

For RBU'er måles der på de samme metaller. Nogle ses der ikke større tilbageholdelse af. Her er <30% forskel på medianværdier mellem tilløb og afløb (tin, kviksølv, kobber, cadmium, bly, antimon) og kun aluminium er højere i afløb. De fleste metaller i ferskvand har koncentrationer på 1-15 µg/l (50 µg/l som 90% percentil), og i sediment mellem 1 og 65 mg/kg (92 mg/kg som 90% percentil). Tilsvarende som for renseanlæg er aluminium- og zinkkoncentrationerne højere for RBU sammenlignet med de med de andre metaller i RBU afløb.

### **Aromatiske kulbrinter og kulbrinter**

Aromatiske kulbrinter måles for alle typer anlæg, til- og afløb, og både i spildevand og sediment, regnvandsbassin. Toluen, som måles på renseanlæg og RBU fælles kloak, har gennemgående de højeste fund% og medianværdier både ved ind og afløb sammenlignet med de andre aromatiske kulbrinter. Værdierne er dog ikke så høje for toluen (0,5-4 µg/l ved afløb). De aromatiske kulbrinter ligger generelt lavt, for de fleste langt under 1 µg/l.

For sediment har de aromatiske kulbrinter lave mediankoncentrationer. Dimethylnaphthalener (mediankoncentration 0,4 mg/kg TS) skiller sig dog ud med en faktor 20-100 gange over mediankoncentrationerne af de andre aromatiske kulbrinter.

For kulbrinter foreligger der kun tre målinger for perioden 2022-2023 i sediment. Værdierne er høje, men det er ikke muligt at konkludere noget på så lille et datagrundlag.

### **Polyaromatiske hydrocarboner (PAHer)**

PAHer bliver målt i RBU separat kloak, spildevand i til- og afløb samt i sediment, regnvandsbassin. For spildevand er fundprocent ved tilløb generelt lave, mellem 4-35%. Endvidere ses der tilbageholdelse i anlæggene, idet fundprocenten ved afløb ligger endnu lavere (0-2,7%). For sediment regnvandsbassin er fundprocenterne generelt høje (73-100%) bortset fra 2-methylpyren, acenaphthen og dibenzothiophen (36-45%). 2,6-dimethylphenanthren er ikke påvist i prøverne. Den høje fundprocent i sediment, i forhold til spildevand stemmer godt overens med, at PAHer bindes til partikulært materiale fremfor at være til stede i vandfasen. Mediankoncentrationerne i afløb og sediment vurderes generelt lave.

### **Organotin**

Organotin bliver målt i spildevand på renseanlæg til- og afløb, og RBU fælleskloak, afløb. Monobutyltin blev detekteret i 96-100% af prøverne for afløb. For dibutyltin lå fundprocenten på afløb for mekaniske renseanlæg og RBU fælleskloak på henholdsvis 23% og 48%, mens den ikke blev påvist i avanceret renseanlæg. Tributyltin havde generelt lave fundprocenter både for ind og afløb, mellem 0 og 4%.

### **Perfluorede stoffer**

Perfluorede stoffer (PFAS) bliver målt i renseanlæg, til- og afløb, og i RBU fælles kloak afløb. Der er stor spredning på fundprocenterne både for til- og afløb. Mediankoncentrationerne er dog betydelig mere ensartede, bortset fra FTS (0,015 µg/l ved tilløb, mekanisk) ligger mediankoncentrationerne på til-

og afløb i intervallet DG-0,0051 µg/l. Dog ses der også høje maksimumkoncentrationer, specielt for PFPA, mekanisk og avanceret (0,23 og 0,11 µg/l tilløb) og PFHxA, avanceret (0,13 µg/l tilløb). For PFOSA er fundprocenten lav for alle typer tilløb 0-6%. For flere andre PFAS er der meget lave fundprocenter for mekaniske renseanlæg og RBU fælles kloak, men det samme er ikke tilfældet for avancerede renseanlæg, hvor fundprocenten generelt er højere. Tilbageholdelse i anlæggende er overordnet ikke god, når der sammenlignes mellem til- og afløb for renseanlæg. For flere af stofferne er fundprocenten og koncentrationerne højere ved afløb end ved tilløb, hvilket kan skyldes, en omdannelse i anlæggene af andre PFAS til de målte stoffer.

### **Pesticider**

Pesticider bliver målt i RBU separat kloak til- og afløb, i spildevand og sediment fra regnvandsbassin men ikke i renseanlæg. 2,6-dichlorbenamid blev ikke fundet i til- og afløb, og diuron blev ikke fundet i afløb og kun med en fundprocent på 1,4 i tilløb. AMPA og glyphosat havde høje fundprocenter for både tilløb og afløb (80-96%). Resten af pesticiderne varierede med 11-61% i fundprocent i tilløb og 6-47% i afløb.

I sediment regnvandsbassin måles fire pesticider. Kun cypermethrin blev detekteret i to ud af 10 prøver, dvs. en fundprocent 20.

### **Blødgørere**

Blødgørere er målt på alle typer anlæg i både spildevand til- og afløb, og sediment i regnvandsbassin. Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP) og diisononylphthalate (DINP) blev fundet i de højeste fundprocenter ved tilløb (92-100%) og i de højeste mediankoncentrationer for alle anlæg. En almindelig kilde til DEHP og DINP er PVC. RBU separat kloak har dog betydeligt lavere mediankoncentrationer sammenlignet med renseanlæg og RBU, fælleskloak, hvilket skyldes oplandstypen. Bortset fra avancerede renseanlæg, ses der dårlig tilbageholdelse af DEHP og DINP. Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA) og di-n-octylphthalat (DNOP) bliver stort set ikke påvist. Benzylbutylphthalat (BBP) bliver fundet i tilløb ved avancerede renseanlæg, men ikke i andre prøvetyper. Der blev målt lidt færre forskellige phthalater i sediment, men ellers er billedet det samme, generelt er mediankoncentrationerne for sediment lave.

### **Phenoler**

Phenoler er målt på alle typer anlæg og i både spildevand til- og afløb, og sediment i regnvandsbassin. Alle phenoler er dog ikke målt ved alle typer anlæg. Bisphenol A er målt på alle anlægstyper, og der er høje fundprocenter (73-100%) for både til- og afløb ved de fleste anlæg, bortset fra RBU separat kloak (19% ved afløb). Selvom brugen af bisphenol A i dag er reguleret, tyder dette på, at dets anvendelse i plastik stadig er ret udbredt. Mediankoncentrationerne ved afløb ligger mellem 0,02-0,13 µg/l. Phenol er ligeledes målt på alle typer anlæg, men ikke i sediment. For phenol i mekanisk renseanlæg og RBU fælleskloak ses ligeledes høje fundprocenter ved afløb (90-98%), men ikke for avanceret og RBU separat kloak, hvor fundprocenten er betydeligt lavere ved afløb (26-44%). For nonylphenoler ses en høj tilbageholdelse i avancerede renseanlæg, men ikke i mekaniske anlæg, hvilket kan skyldes omdannelsen fra nonylphenol etoxylater til nonylphenol i mekaniske renseanlæg. I

sediment fra regnvandsbassin, er det primært 4-tert-octylphenol (fundprocent 100) der bliver fundet, men i lave mediankoncentrationer.

### **Halogenerede alifatiske kulbrinter**

Halogenerede alifatiske kulbrinter er målt i renseanlægs til- og afløb, og RBU fælleskloak, afløb. Fundprocenten for stofferne ligger på 53-80% for tilløb for renseanlæg, men for de avancerede falder fundprocenten til 8-14%, mens den for de mekaniske anlæg ligger på samme høje fundprocent på 79-80% for afløb. For RBU fælles kloak, afløb bliver kun chloroform påvist med en fundprocent på 19%. Mediankoncentrationerne er dog for alle anlæg meget lave.

### **Detergenter**

Der måles en anionisk detergent, LAS. LAS bliver målt i alle typer anlæg, til- og afløb, hvilket afspejler den udbredte anvendelse i vaskemidler. Fundprocenterne ved tilløb er høje, 98-100% for renseanlæg, men ikke RBU separat kloak (9,5%), hvilket viser forskellen i oplandstyper. For avancerede renseanlæg er der høj tilbageholdelse med en fundprocent på 14% ved afløb. For mekaniske anlæg er der mindre reduktion med en fundprocent på 71%, mens fundprocenten for RBU fælleskloak afløb er 100%. Mediankoncentrationerne for afløb fra mekaniske renseanlæg og RBU fælleskloak ligger på 410-490 µg/l, mens avancerede renseanlæg ligger på 16 µg/l. Medianværdien for separat kloak var lav i både til- og afløb, 13-21 µg/l.

### **Phosphor triestre**

Phosphor triestre bliver målt i alle typer anlæg, til- og afløb. Trichloropropylphosphat (TCPP) har høje fundprocenter for både tilløb og afløb for alle typer anlæg (86-100%). Sammenlignes avancerede renseanlæg med mekaniske renseanlæg, ses en betydelig reduktion i TCPP for avancerede anlæg, men ikke for mekaniske. Triphenylphosphat bliver fundet i et højt antal prøver for tilløb 79-79% og for afløb 34-77%, bortset fra RBU separatkloak, hvor tilløb er nede på en fundprocent på 20%.

### **Ethere**

Ethere bliver målt i renseanlæg, til- og afløb, og RBU fælleskloak, afløb. MTBE blev ikke påvist i RBU fælleskloak, og blev kun påvist i enkelte prøver for mekaniske renseanlæg (1,3-2,5%). For avancerede anlæg var en fundprocent i tilløb på 30% og i afløb på 24%. Mediankoncentrationerne var dog generelt meget lave, omkring 0,1 µ/l. Triclosan blev ikke påvist i prøverne.

### **Farmaceutiske stoffer**

Farmaceutiske stoffer blive målt i renseanlæg, til- og afløb, og RBU fælleskloak, afløb. For renseanlæg er fundprocenterne med få undtagelser høje (85-100%) for de farmaceutiske stoffer, og der ses kun begrænset eller ingen reduktion i fundprocent og mediankoncentrationer for afløb sammenlignet med tilløb for de fleste stoffer. For avancerede anlæg ses dog en høj tilbageholdelse af 2-hydroxyibofen, ibuprofen, paracetamol og salicylsyre, baseret på både fundprocent og mediankoncentrationer (ved afløb 0,05-0,2 µg/l). Disse fire stoffer har de højeste mediankoncentrationer for tilløb i avancerede renseanlæg med værdier på 11-46 µg/l, hvor resten af de målte farmaceutiske stoffer ligger mellem 0,04-0,8 µg/l. Den samme høje reduktion for 2-

hydroxiibofen, ibuprofen, paracetamol og salicylsyre ses dog ikke for de mekaniske renseanlæg. Her ligger mediankoncentrationerne for afløb på 9,5-64 µg/l. Enkelte farmaceutiske stoffer er detekteret i mindre omfang. Azithromycin, clarithromycin og sulfamethoxazol er alle fundet med betydelig lavere fundprocenter (5-15% for de avancerede renseanlæg). Trimethoprim har lave fundprocenter ved tilløb for avancerede renseanlæg (15%), men har relativt høje fundprocenter for mekaniske tilløb (72%), hvilket kan skyldes, at lægemidlet også anvendes til dyr. For RBU er billedet generelt lidt mere blandet med mere varierede fundprocenter, men det kan skyldes et mindre opland i forhold til renseanlæggene.

### **Østrogener**

Østrogenerne bliver målt i renseanlæg, til- og afløb, og RBU fælleskloak, afløb. Østron bliver generelt fundet i det højeste antal prøver. For tilløb til renseanlæg 96-100 i fundprocent og for afløb 76% for mekaniske anlæg og 46% af prøver for avancerede anlæg. For RBU fælleskloak er fundprocenten ved afløb 100. 17Beta-østradiol har næsthøjeste fundprocent på 56-64% ved tilløb mens ethinyløstradiol stort set ikke bliver påvist i prøverne.

På de følgende sider ses resultaterne for renseanlæg, avanceret (tabel 3.56) og mekanisk (tabel 3.57), RBU anlæg, fælles kloak (tabel 3.58) samt separat kloak (3.59) og separat kloak sediment regnvandsbassin (tabel 3.60).



**Tabel 3.56.** Avancerede renseanlæg i perioden 2018-2023.

Renseanlæg; avanceret	2023				2018-2023				
	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
<b>Metaller</b>									
Aluminium (Al)	Tilløb 14	100	950	2.100	49	100	1.100	2.520	4.500
	Afløb 15	33	43	310	50	48	60	227	330
Antimon (Sb)	Tilløb 15	53	1,3	3,6	50	46	1,4	2,1	3,6
	Afløb 15	7	1,2	1,2	50	2	1,2	1,2	1,2
Arsen (As)	Tilløb 14	93	2,0	3,6	49	98	2,3	4,3	10,0
	Afløb 15	87	0,7	1,0	50	78	0,7	1,5	11,0
Barium (Ba)	Tilløb 14	100	72	250	49	100	83	174	490
	Afløb 15	100	17	35	50	98	13	24	35
Bly (Pb)	Tilløb 14	100	4,8	27	49	100	6,7	13,2	27
	Afløb 15	0	-	-	50	12	1,2	2,1	2,7
Bor (B)	Tilløb 14	100	138	1100	49	100	240	644	1100
	Afløb 15	100	120	1100	50	100	210	655	1400
Cadmium (Cd)	Tilløb 14	93	0,1	0,5	49	96	0,2	0,4	4,3
	Afløb 15	0	-	-	50	8	0,8	3,4	4,3
Krom (Cr)	Tilløb 14	100	4,4	10,0	49	100	4,8	8,8	18
	Afløb 15	40	1,5	2,5	50	36	1,0	2,7	6,9
Kobber (Cu)	Tilløb 14	100	43	130	49	100	59	134	180
	Afløb 15	73	1,2	5,6	50	68	1,8	7,05	21
Kviksølv (Hg)	Tilløb 14	93	0,11	0,53	49	78	0,23	0,57	9,50
	Afløb 15	33	0,06	0,13	50	30	0,12	0,36	1,90
Molybdæn (Mo)	Tilløb 14	86	2,4	7	49	94	2,7	6,4	8,6
	Afløb 15	53	2	6,6	50	58	1,9	5,6	18
Nikkel (Ni)	Tilløb 14	100	5,2	13,0	49	100	6,1	10,2	15,0
	Afløb 15	73	1,8	5,1	50	72	2,8	5,9	24,0
Selen (Se)	Tilløb 14	86	0,7	7,0	49	71	0,6	1,9	61
	Afløb 15	93	0,2	3,2	50	56	0,1	1,9	71
Tin (Sn)	Tilløb 15	80	2,0	4,5	50	94	3,2	5,2	25
	Afløb 15	7	3,4	3,4	50	4	2,1	3,1	3,4
Vanadium (V)	Tilløb 14	100	2,6	7,3	49	90	4,2	6,9	11
	Afløb 15	0	-	-	50	24	1,9	3,3	7,3
Zink (Zn)	Tilløb 14	100	200	280	49	100	230	362	490
	Afløb 15	93	24	100	50	94	19	65	120
<b>Aromatiske kulbrinter</b>									
Naphthalen	Tilløb 14	43	0,13	4,7	49	78	0,09	0,21	4,7
	Afløb 15	27	0,04	0,06	50	26	0,02	0,06	0,11
2-Methylnaphthalen	Tilløb 15	40	0,07	1,6	50	66	0,06	0,15	1,6
	Afløb 15	7	0,011	0,011	50	4	0,011	0,011	0,011
Dimethylnaphthalener	Tilløb 15	73	0,74	4,1	50	86	0,71	1,48	4,1
	Afløb 15	20	0,014	0,021	50	32	0,020	0,040	0,045
Trimethylnaphthalener	Tilløb 15	33	0,09	1,1	50	56	0,13	0,78	1,5
	Afløb 15	0	-	-	50	4	0,01	0,01	0,015
Benzen	Tilløb 15	80	0,12	0,52	51	84	0,14	0,65	15
	Afløb 15	7	0,051	0,051	50	2	0,051	0,051	0,051
Biphenyl	Tilløb 15	0	-	-	50	0	-	-	-
	Afløb 15	0	-	-	50	0	-	-	-
Ethylbenzen	Tilløb 15	93	0,21	0,6	51	98	0,20	0,67	3,3
	Afløb 15	7	0,05	0,05	50	4	0,06	0,07	0,07

Tabel 3.56. fortsat

Renseanlæg; avanceret		2023			2018-2023				
Enhed µg/l	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
<b>Aromatiske kulbrinter fortsat</b>									
m+p-Xylen	Tilløb 15	100	0,47	1,00	51	100	0,49	1,10	3,1
	Afløb 15	13	0,08	0,14	50	8	0,04	0,11	0,14
o-Xylen	Tilløb 15	67	0,09	0,47	51	82	0,07	0,26	1,2
	Afløb 15	7	0,07	0,07	50	2	0,07	0,07	0,07
Toluen	Tilløb 15	100	1,30	13	51	100	2,20	11,0	78
	Afløb 15	60	0,03	0,15	50	54	0,05	0,17	0,43
Xylen	Tilløb 0	-	-	-	14	100	0,52	1,14	4,4
	Afløb 0	-	-	-	13	0	-	-	-
<b>Organotin forbindelser</b>									
Dibutyltin (DBT)	Tilløb 15	67	2	3	50	54	3	6	8
	Afløb 15	0	-	-	50	0	-	-	-
Monobutyltin (MBT)	Tilløb 15	100	17	80	50	100	18	39	200
	Afløb 15	100	6	19	50	98	6	30	78
Tributyltin (TBT)	Tilløb 15	0	-	-	50	4	4	6	6
	Afløb 15	0	-	-	50	0	-	-	-
<b>Perfluorerede stoffer</b>									
Fluorotelomersulfonsyre (FTS)	Tilløb 15	87	0,0012	0,0046	50	60	0,0017	0,0046	0,0150
	Afløb 14	64	0,0010	0,0072	49	55	0,0023	0,0091	0,0250
Perfluorbutansulfonsyre (PFBS)	Tilløb 14	100	0,0020	0,0054	49	67	0,0016	0,0065	0,0092
	Afløb 14	100	0,0021	0,0057	49	73	0,0022	0,0056	0,0078
Perfluorbutansyre (PFBA)	Tilløb 15	100	0,0031	0,0320	50	86	0,0028	0,0064	0,0320
	Afløb 14	100	0,0030	0,0100	49	90	0,0035	0,0053	0,0100
Perfluorodecansyre (PFDA)	Tilløb 15	73	0,0007	0,0030	50	32	0,0009	0,0021	0,0030
	Afløb 14	64	0,0007	0,0010	49	39	0,0010	0,0022	0,0049
Perfluoroheptansyre (PFHpA)	Tilløb 14	100	0,0012	0,0480	49	65	0,0015	0,0025	0,0480
	Afløb 14	100	0,0016	0,0150	49	84	0,0017	0,0035	0,0150
Perfluorhexansulforsyre (PFHxS)	Tilløb 15	27	0,0019	0,0029	50	28	0,0018	0,0028	0,0110
	Afløb 14	86	0,0005	0,0016	49	49	0,0006	0,0022	0,0077
Perfluorhexansyre (PFHxA)	Tilløb 15	100	0,0031	0,1300	50	82	0,0027	0,0060	0,1300
	Afløb 14	100	0,0046	0,0370	49	96	0,0051	0,0166	0,1300
Perfluorononansyre (PFNA)	Tilløb 15	67	0,0005	0,0040	50	26	0,0005	0,0023	0,0040
	Afløb 14	71	0,0005	0,0014	49	35	0,0008	0,0026	0,0041
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	Tilløb 15	6,7	0,0007	0,0007	50	2,0	0,0007	0,0007	0,0007
	Afløb 14	21	0,0004	0,0004	49	6,1	0,0004	0,0004	0,0004
Perfluoroktansulfonsyre (PFOS)	Tilløb 15	93	0,0024	0,0180	50	84	0,0026	0,0108	0,0290
	Afløb 14	100	0,0015	0,0043	49	96	0,0017	0,0048	0,0140
Perfluoroktansyre (PFOA)	Tilløb 15	100	0,0033	0,0680	50	94	0,0033	0,0062	0,0680
	Afløb 14	100	0,0037	0,0200	49	100	0,0045	0,0078	0,0200
Perfluorpentansyre (PFPA)	Tilløb 15	100	0,0025	0,1100	50	78	0,0024	0,0174	0,1100
	Afløb 14	100	0,0028	0,0300	49	88	0,0032	0,0142	0,0330
<b>Blødgørere</b>									
Benzylbutylphthalat (BBP)	Tilløb 15	47	0,04	0,25	50	50	0,03	0,07	0,25
	Afløb 15	7	0,11	0,11	50	12	0,13	0,50	0,86
Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	Tilløb 15	0	-	-	50	2	0,12	0,12	0,12
	Afløb 15	0	-	-	50	0	-	-	-
Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)	Tilløb 15	93	3,50	7,50	50	98	4,90	8,20	15,00
	Afløb 15	40	0,46	1,50	50	38	0,38	1,08	1,50

Tabel 3.56 fortsat

Enhed µg/l	2023				2018-2023				
	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
<b>Blødgørere fortsat</b>									
Dibutylphthalat (DBP)	Tilløb 15	60	0,16	0,27	50	72	0,21	0,42	0,78
	Afløb 15	0	-	-	50	8	0,11	0,12	0,12
Diethylphthalat (DEP)	Tilløb 15	100	0,81	2,80	50	100	1,40	2,30	4,80
	Afløb 15	33	0,14	0,54	50	20	0,17	0,33	0,54
Diisononylphthalate (DINP)	Tilløb 15	53	5,50	41,00	50	86	14	21	41
	Afløb 15	27	0,51	4,10	50	50	0,37	3,10	7,40
Di-n-octylphthalat (DNOP)	Tilløb 15	27	0,12	0,22	50	14	0,12	0,18	0,22
	Afløb 15	0	-	-	50	0	-	-	-
<b>Phenoler</b>									
Bisphenol A	Tilløb 15	100	0,26	0,72	50	100	0,46	0,83	2,80
	Afløb 15	73	0,03	0,07	50	80	0,04	0,08	0,12
Nonylphenol-diethoxylater (NP2EO)	Tilløb 15	7	0,75	0,75	50	10	0,90	2,38	2,90
	Afløb 15	0	-	-	50	0	-	-	-
Nonylphenoler	Tilløb 15	80	0,17	1,10	50	88	0,20	0,52	1,40
	Afløb 15	0	-	-	50	4	0,06	0,07	0,07
Nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO)	Tilløb 15	27	0,49	0,64	50	48	0,52	1,51	2,00
	Afløb 15	0	-	-	50	0	-	-	-
Phenol	Tilløb 15	100	11	120	50	100	41	111	150
	Afløb 15	53	0,2	0,5	50	44	0,2	0,4	0,5
<b>Halogenerede alifatiske kulbrinter</b>									
Tetrachlorethylen	Tilløb 15	60	0,06	1,10	51	63	0,07	0,17	1,10
	Afløb 15	13	0,05	0,05	50	8	0,04	0,05	0,05
Trichlorethylen	Tilløb 15	53	0,10	0,30	51	53	0,14	0,49	0,80
	Afløb 15	7	0,03	0,03	50	8	0,04	0,05	0,05
Trichlormethan	Tilløb 15	67	0,05	0,77	51	78	0,09	0,58	5,00
	Afløb 15	13	0,05	0,07	50	14	0,06	0,14	0,24
<b>Detergenter</b>									
Lineære alkylbenzensulfonater (LAS)	Tilløb 15	100	96	550	50	100	235	616	980
	Afløb 15	20	13	21	50	14	16	35	49
<b>Phosphor trieste</b>									
Tri-n-butylphosphat	Tilløb 15	67	0,04	0,30	50	68	0,03	0,05	0,30
	Afløb 15	47	0,03	0,28	50	52	0,03	0,07	0,28
Trichlorpropylphosphat (TCPP)	Tilløb 15	87	1,10	4,70	50	96	2,50	3,66	4,80
	Afløb 15	100	0,36	0,91	50	100	0,40	0,65	0,94
Tricresylphosphat	Tilløb 15	7	0,057	0,057	50	22	0,048	0,076	14,000
	Afløb 15	0	-	-	50	0	-	-	-
Triphenylphosphat	Tilløb 15	80	0,07	0,14	50	78	0,11	0,24	0,33
	Afløb 15	33	0,03	0,07	50	34	0,03	0,04	0,07
<b>Ethere</b>									
Methyl-tert-butylether	Tilløb 15	60	0,10	0,53	50	30	0,11	0,70	0,90
	Afløb 15	53	0,10	0,46	50	24	0,13	0,46	4,40
Triclosan	Tilløb 15	0	-	-	50	0	-	-	-
	Afløb 15	0	-	-	50	0	-	-	-

Tabel 3.56 fortsat

Renseanlæg; avanceret		2023			2018-2023				
Enhed µg/l	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
<b>Pharmaceutiske stoffer</b>									
2-hydroxyibuprofen	Tilløb 15	100	19	44	50	100	23	46,1	78
	Afløb 15	53	0,8	3,1	50	76	0,5	1,3	3,1
Azithromycin	Tilløb 15	13	0,02	0,03	50	28	0,04	0,11	0,16
	Afløb 15	13	0,01	0,02	50	22	0,03	0,05	0,07
Carbamazepin	Tilløb 15	100	0,07	0,27	50	90	0,08	0,26	0,41
	Afløb 15	100	0,10	0,28	50	98	0,11	0,29	1,00
Citalopram	Tilløb 15	100	0,19	0,52	50	98	0,24	0,48	1,80
	Afløb 15	93	0,11	0,57	50	94	0,14	0,34	0,82
Clarithromycin	Tilløb 15	27	0,015	0,045	50	24	0,042	0,110	0,180
	Afløb 15	13	0,021	0,025	50	20	0,025	0,043	0,055
Diclofenac	Tilløb 15	100	0,05	0,86	50	92	0,08	0,44	1,20
	Afløb 15	100	0,19	0,70	50	96	0,20	0,40	0,72
Furosemid	Tilløb 15	93	0,8	2,0	50	98	0,8	2,0	4,0
	Afløb 15	100	0,9	2,2	50	100	1,1	1,7	4,0
Ibuprofen	Tilløb 15	100	8,5	21,0	50	100	11,0	17,3	22,0
	Afløb 15	53	0,2	0,2	50	52	0,2	0,5	0,8
Naproxen	Tilløb 15	100	1,1	3,9	50	90	0,3	2,3	3,9
	Afløb 15	100	0,1	19,0	50	82	0,1	0,2	19,0
Paracetamol	Tilløb 15	100	23,0	76,0	50	100	39,5	88,6	210,0
	Afløb 15	13	0,62	0,77	50	20	0,05	0,70	0,77
Propranolol	Tilløb 15	100	0,05	0,20	50	92	0,08	0,21	0,45
	Afløb 15	100	0,04	0,07	50	88	0,06	0,09	0,17
Salicylsyre	Tilløb 15	100	21	83	50	100	45,5	74	110
	Afløb 15	33	0,13	0,33	50	54	0,22	0,662	0,92
Sulfamethiazol	Tilløb 15	87	0,4	1,1	50	94	0,3	0,8	4,5
	Afløb 15	100	0,1	0,7	50	100	0,2	0,6	2,4
Sulfamethoxazol	Tilløb 15	53	0,021	0,077	50	60	0,050	0,111	0,270
	Afløb 15	40	0,019	0,024	50	56	0,031	0,085	0,210
Tramadol	Tilløb 15	100	0,5	1,4	50	98	0,6	1,5	4,9
	Afløb 15	100	0,4	1,6	50	98	0,6	1,4	4,5
Trimethoprim	Tilløb 15	67	0,07	0,17	50	72	0,05	0,12	0,21
	Afløb 15	67	0,03	0,10	50	68	0,04	0,09	0,16
<b>Østrogener</b>									
17Beta-østradiol	Tilløb 15	27	0,019	0,021	50	64	0,043	0,019	0,021
	Afløb 15	13	0,002	0,003	50	4	0,003	0,002	0,003
Ethinyløstradiol	Tilløb 15	0	-	-	50	2	0,042	0,042	0,042
	Afløb 15	0	-	-	50	0	-	-	-
Østron	Tilløb 15	100	0,071	0,180	50	100	0,069	0,122	0,800
	Afløb 15	47	0,007	0,044	50	46	0,005	0,020	0,044

**Tabel 3.57.** Mekaniske renselanlæg i perioden 2018-2023.

Renselanlæg, mekanisk		2023				2018-2023				
Enhed µg/l		N	>DG, %	Median	maks.	N	>DG, %	Median	90%	maks.
					konc.				percentil	konc.
<b>Metaller</b>										
Aluminium (Al)	Tilløb	11	82	250	1100	80	93	310	1510	6700
	Afløb	11	73	87	780	80	86	200	946	10000
Antimon (Sb)	Tilløb	11	27	2,8	12,0	80	23	2,8	9,9	12,0
	Afløb	11	36	6,2	6,6	80	34	3,3	6,42	9,8
Arsen (As)	Tilløb	11	100	0,8	2,8	80	91	1,4	4,88	11
	Afløb	11	82	3,7	6,6	80	93	1,9	6,12	13
Barium (Ba)	Tilløb	11	100	53	190	80	100	68,5	180	250
	Afløb	11	100	37	150	80	100	56,5	161	330
Bly (Pb)	Tilløb	11	82	2,2	5,7	80	84	2,9	7,28	12
	Afløb	11	55	1,5	3,2	80	66	2,3	5,66	65
Bor (B)	Tilløb	11	100	150	310	80	100	190	310	690
	Afløb	11	100	110	340	80	100	160	340	550
Cadmium (Cd)	Tilløb	11	64	0,11	0,22	80	63	0,14	0,24	0,77
	Afløb	11	73	0,14	0,46	80	66	0,11	0,28	2,60
Krom (Cr)	Tilløb	11	64	1,8	8	80	68	2,1	5,6	11
	Afløb	11	18	1,1	1,5	80	58	1,5	4,2	34
Kobber (Cu)	Tilløb	11	100	48	88	80	95	33	85,5	170
	Afløb	11	100	16	44	80	100	20	55,4	360
Kviksølv (Hg)	Tilløb	11	55	0,15	0,26	80	44	0,15	0,98	1,60
	Afløb	11	18	0,15	0,15	80	36	0,14	0,42	0,95
Molybdæn (Mo)	Tilløb	11	64	1,4	4,6	80	66	2	3,88	17
	Afløb	11	64	1,7	3,2	80	68	2,1	4,3	17
Nikkel (Ni)	Tilløb	11	91	2,8	7,6	80	85	3,1	7,5	14
	Afløb	11	82	2,4	4,9	80	73	3,3	8,6	34
Selen (Se)	Tilløb	11	82	0,6	0,9	80	50	0,5	1,0	4,7
	Afløb	11	100	0,4	0,8	80	56	0,5	1,4	7,6
Tin (Sn)	Tilløb	11	55	1,8	2,3	80	50	2,2	4,3	480
	Afløb	11	18	1,1	1,1	80	35	1,8	4,5	17
Vanadium (V)	Tilløb	11	36	1,1	3,1	80	48	2,9	6,3	9,6
	Afløb	11	45	3,9	7,2	80	54	3,5	7,4	32
Zink (Zn)	Tilløb	11	100	100	150	80	94	88	240	440
	Afløb	11	100	51	160	80	96	54	144	1500
<b>Aromatiske kulbrinter</b>										
Naphthalen	Tilløb	11	9,1	0,02	0,02	80	30	0,03	0,07	0,10
	Afløb	11	0	-	-	80	36	0,03	0,12	0,29
2-Methylnaphthalen	Tilløb	11	9,1	0,02	0,02	80	5,0	0,03	0,10	0,13
	Afløb	11	0	-	-	80	6,3	0,02	0,23	0,33
Dimethylnaphthalener	Tilløb	11	73	0,10	0,95	80	81	0,16	0,80	2,10
	Afløb	11	36	0,30	1,60	80	69	0,18	0,72	3,10
Trimethylnaphthalener	Tilløb	11	9,1	0,06	0,06	80	28	0,06	0,17	0,22
	Afløb	11	18	0,50	0,94	80	25	0,09	0,37	0,94
Benzen	Tilløb	11	91	0,12	0,36	79	44	0,17	0,58	2,60
	Afløb	11	36	0,15	0,33	80	30	0,16	0,81	1,30
Biphenyl	Tilløb	11	9,1	0,13	0,13	80	18	0,02	0,07	0,13
	Afløb	11	9,1	0,21	0,21	80	18	0,04	0,22	0,81
Ethylbenzen	Tilløb	11	55	0,05	0,54	79	39	0,08	1,20	3,50
	Afløb	11	36	0,22	0,66	80	36	0,14	2,24	6,70

Tabel 3.57 fortsat

Renseanlæg, mekanisk		2023			2018-2023					
		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
Enhed µg/l										
<b>Aromatiske kulbrinter fortsat</b>										
m+p-Xylen	Tilløb	11	100	0,36	1,30	79	63	0,24	1,30	3,80
	Afløb	11	36	0,71	1,10	80	45	0,35	2,00	5,30
o-Xylen	Tilløb	11	45	0,04	0,22	79	24	0,04	0,17	0,62
	Afløb	11	36	0,03	0,75	80	25	0,04	0,43	1,70
Toluen	Tilløb	11	100	4,10	450	79	84	4,05	90	450
	Afløb	11	64	7,20	310	80	71	8,10	114	310
Xylen	Tilløb	0	-	-	-	28	43	0,08	0,24	0,30
	Afløb	0	-	-	-	29	55	0,08	0,51	0,99
<b>Organotin</b>										
Dibuthyltin (DBT)	Tilløb	11	45	2	7	80	31	3	9	17
	Afløb	11	18	3	4	80	23	3	7	7
Monobutyltin (MBT)	Tilløb	11	100	36	78	80	98	17	52	120
	Afløb	11	100	16	48	80	96	15	52	160
Tributyltin (TBT)	Tilløb	11	0	-	-	80	1,3	6	6	6
	Afløb	11	0	-	-	80	1,3	5	5	5
<b>Perfluorede stoffer</b>										
Fluorotelomersulfonsyre (FTS)	Tilløb	10	20	0,0118	0,0220	79	13	0,0037	0,0235	0,0370
	Afløb	8	13	0,0180	0,0180	77	5	0,0150	0,0194	0,0200
Perfluorbutansulfonsyre (PFBS)	Tilløb	10	0	-	-	79	6	-	-	-
	Afløb	8	63	0,0011	0,0019	77	19	0,0015	0,0026	0,0027
Perfluorbutansyre (PFBA)	Tilløb	10	100	0,0024	0,0035	79	66	0,0026	0,0052	0,0090
	Afløb	8	100	0,0022	0,0041	77	66	0,0028	0,0061	0,0120
Perfluorodecansyre (PFDA)	Tilløb	10	30	0,0012	0,0023	79	10	0,0017	0,0032	0,0054
	Afløb	8	13	0,0012	0,0012	77	10	0,0017	0,0021	0,0022
Perfluoroheptansyre (PFHpA)	Tilløb	10	20	0,0008	0,0012	79	15	0,0012	0,0013	0,0018
	Afløb	8	63	0,0006	0,0014	77	29	0,0014	0,0022	0,0120
Perfluorhexansulforsyre (PFHxS)	Tilløb	10	0	-	-	79	3	0,0021	0,0023	0,0024
	Afløb	8	25	0,0010	0,0010	77	12	0,0015	0,0037	0,0048
Perfluorohexansyre (PFHxA)	Tilløb	10	80	0,0010	0,0011	79	30	0,0012	0,0016	0,0020
	Afløb	8	88	0,0012	0,0017	77	40	0,0017	0,0025	0,0110
Perfluorononansyre (PFNA)	Tilløb	10	20	0,0021	0,0038	79	5	0,0030	0,0057	0,0065
	Afløb	8	13	0,0006	0,0006	77	13	0,0012	0,0037	0,0054
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	Tilløb	10	0	-	-	79	0	-	-	-
	Afløb	8	25	0,0027	0,0045	77	4	0,0012	0,0038	0,0045
Perfluoroktansulfonsyre (PFOS)	Tilløb	10	80	0,0017	0,0022	79	65	0,0021	0,0040	0,0130
	Afløb	8	63	0,0045	0,0059	77	65	0,0033	0,0080	0,0120
Perfluoroktansyre (PFOA)	Tilløb	10	100	0,0019	0,0094	79	76	0,0023	0,0039	0,0110
	Afløb	8	100	0,0017	0,0021	77	75	0,0025	0,0051	0,0140
Perfluoropentansyre (PFPA)	Tilløb	10	30	0,0006	0,0006	78	18	0,0034	0,0383	0,2300
	Afløb	8	88	0,0012	0,0018	76	41	0,0024	0,0140	0,0600
<b>Blødgørere</b>										
Benzylbutylphthalat (BBP)	Tilløb	11	0	-	-	80	7,5	0,1	0,2	0,2
	Afløb	11	0	-	-	80	2,5	0,1	0,1	0,1
Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	Tilløb	11	0	-	-	80	2,5	0,3	0,4	0,4
	Afløb	11	0	-	-	80	3,8	0,3	0,6	0,7
Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)	Tilløb	11	100	8,7	23,0	79	99	12,0	24,0	70,0
	Afløb	11	100	7,9	25,0	80	99	11,0	20,8	66,0

Tabel 3.57 fortsat

Renseanlæg, mekanisk		2023				2018-2023				
Enhed µg/l		N	>DG, %	maks.		N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
				Medan	konc.					
<b>Blødgørere fortsat</b>										
Dibutylphthalat (DBP)	Tilløb	11	64	0,2	0,7	80	55	0,2	0,6	1,3
	Afløb	11	27	0,2	0,2	80	45	0,2	0,5	0,9
Diethylphthalat (DEP)	Tilløb	11	91	2,4	13,0	80	90	0,8	6,0	19,0
	Afløb	11	55	0,5	8,7	80	73	0,6	5,2	19,0
Diisononylphthalate (DINP)	Tilløb	11	45	6,8	43,0	80	89	6,8	19,0	100,0
	Afløb	11	45	0,3	23,0	80	85	5,4	16,3	87,0
Di-n-octylphthalat (DNOP)	Tilløb	11	0	-	-	80	3,8	0,2	0,2	0,2
	Afløb	11	0	-	-	80	6,3	0,2	0,4	0,4
<b>Phenoler</b>										
Bisphenol A	Tilløb	11	100	0,2	0,7	80	100	0,4	0,7	1,3
	Afløb	11	82	0,2	1,2	80	90	0,4	0,8	1,5
Nonylphenol-diethoxylater (NP2EO)	Tilløb	11	0	-	-	80	6,3	0,4	0,7	0,8
	Afløb	11	0	-	-	80	13	0,8	2,6	5,6
Nonylphenoler	Tilløb	11	73	0,10	0,19	80	71	0,1	0,4	0,68
	Afløb	11	27	0,14	0,18	80	59	0,2	0,4	1,5
Nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO)	Tilløb	11	64	0,35	0,57	80	66	0,4	1,0	1,9
	Afløb	11	27	0,18	0,34	80	56	0,3	1,1	4
Phenol	Tilløb	11	100	87	300	80	99	31,0	182	370
	Afløb	11	100	0,63	380	80	98	6,0	223	380
<b>Halogenerede alifatiske kulbrinter</b>										
Tetrachlorethylen	Tilløb	11	18	0,26	0,38	79	5,1	0,12	0,31	0,38
	Afløb	11	9,1	0,03	0,03	80	8,8	0,05	0,29	0,33
Trichlorethylen	Tilløb	11	18	0,31	0,32	79	7,6	0,07	0,31	0,32
	Afløb	11	0	-	-	80	6,3	0,04	0,05	0,06
Trichlormethan	Tilløb	11	27	0,06	0,11	79	23	0,06	0,69	2,10
	Afløb	11	18	0,10	0,18	80	16	0,05	0,34	0,49
<b>Detergenter</b>										
Lineære alkylbenzensulfonater (LAS)	Tilløb	11	91	390	1100	80	98	570	1560	4500
	Afløb	11	36	350	680	80	71	490	1840	2900
<b>Phosphor trieste</b>										
Tri-n-butylphosphat	Tilløb	11	36	0,03	0,04	80	45	0,03	0,07	0,10
	Afløb	11	64	0,03	0,07	80	55	0,04	0,07	0,08
Trichlorpropylphosphat (TCPP)	Tilløb	11	100	2,0	7,0	80	100	1,6	4,8	9,2
	Afløb	11	100	0,8	4,9	80	99	1,4	4,2	6,6
Tricresylphosphat	Tilløb	11	9	0,11	0,11	80	14	0,04	0,06	0,11
	Afløb	11	0	-	-	80	11	0,03	0,05	0,06
Triphenylphosphat	Tilløb	11	91	0,04	1,10	80	79	0,05	0,15	1,20
	Afløb	11	36	0,07	0,11	80	68	0,06	0,19	3,70
<b>Ethere</b>										
Methyl-tert-butylether	Tilløb	11	9,1	0,08	0,08	80	2,5	0,07	0,08	0,08
	Afløb	11	9,1	0,08	0,08	80	1,3	0,08	0,08	0,08
Triclosan	Tilløb	11	0	-	-	79	0	-	-	-
	Afløb	11	0	-	-	80	0	-	-	-

Tabel 3.57 fortsat

Renseanlæg, mekanisk		2023				2018-2023				
----------------------	--	------	--	--	--	-----------	--	--	--	--

Enhed µg/l		N	>DG, %	maks.		N	>DG, %	Median	90%	maks.
				konc.	konc.				percentil	konc.
<b>Pharmaceutiske stoffer</b>										
2-hydroxyibuprofen	Tilløb	11	100	50	290	79	100	22	110	290
	Afløb	11	100	9,2	180	80	100	13,5	67,5	180
Azithromycin	Tilløb	11	0	-	-	80	5,0	0,02	0,03	0,028
	Afløb	11	0	-	-	80	5,0	0,02	0,03	0,027
Carbamazepin	Tilløb	11	45	0,15	1	80	24	0,15	4,52	48
	Afløb	11	45	0,15	1	80	31	0,07	3,42	5,2
Citalopram	Tilløb	11	73	0,57	1,60	80	63	0,14	0,81	1,6
	Afløb	11	73	0,03	0,71	80	63	0,07	0,66	1,8
Clarithromycin	Tilløb	11	0	-	-	80	6,3	0,02	0,03	0,032
	Afløb	11	0	-	-	80	5,0	0,02	0,03	0,03
Diclofenac	Tilløb	11	100	0,2	1,2	80	89	0,2	1,2	16
	Afløb	11	73	0,2	1,6	80	81	0,1	1,4	14
Furosemid	Tilløb	11	73	1,0	18,0	80	86	1,3	7,7	18
	Afløb	11	64	0,4	8,1	80	84	1,0	7,2	12
Ibuprofen	Tilløb	11	100	18	59	79	100	12	29,4	59
	Afløb	11	91	0,8	61	80	96	9,5	27,4	61
Naproxen	Tilløb	11	91	2,9	70	80	71	1,8	24	92
	Afløb	11	82	3,9	88	80	69	1,5	14,6	92
Paracetamol	Tilløb	11	91	110	490	80	91	79	254	580
	Afløb	11	55	99,5	440	80	85	61	279	820
Propranolol	Tilløb	11	27	0,11	0,21	80	31	0,05	0,23	0,62
	Afløb	11	18	0,07	0,07	80	30	0,06	0,23	0,47
Salicylsyre	Tilløb	11	100	55	110	79	95	25	62,2	140
	Afløb	11	82	1,1	95	80	85	11	54,9	130
Sulfamethiazol	Tilløb	11	45	0,05	4,90	80	45	0,05	5,05	79
	Afløb	11	45	0,02	0,44	80	51	0,02	1,3	97
Sulfamethoxazol	Tilløb	11	27	1,7	5,5	80	14	0,3	1,8	5,5
	Afløb	11	18	0,3	0,4	80	13	0,2	0,7	2,6
Tramadol	Tilløb	11	91	3,2	8,3	80	95	0,7	8,3	15
	Afløb	11	100	3	5,4	80	98	0,7	4,8	14
Trimethoprim	Tilløb	11	27	0,32	0,73	80	15	0,09	0,46	0,73
	Afløb	11	18	0,24	0,24	80	11	0,12	0,31	0,58
<b>Østrogener</b>										
17Beta-østradiol	Tilløb	11	27	0,0076	0,025	79	56	0,0043	0,0174	0,089
	Afløb	11	9,1	0,026	0,026	80	43	0,0035	0,00977	0,026
Ethinyløstradiol	Tilløb	11	0	-	-	79	0	-	-	-
	Afløb	11	0	-	-	80	0	-	-	-
Østron	Tilløb	11	100	0,00011	0,00022	79	96	0,055	0,115	0,22
	Afløb	11	73	4,4E-05	0,0002	80	76	0,048	0,12	0,22



Tabel 3.58. RBU separat kloak i perioden 2018-2023.

RBUs separat kloak	2023					2018-2023				
	Enhed µg/l	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
<b>Metaller</b>										
Aluminium (Al)	Tilløb	18	94	630	6.100	74	99	1.100	3.260	8.600
	Afløb	18	72	58	500	74	84	120	527	3500
Antimon (Sb)	Tilløb	18	22	1,5	2,3	74	28	1,3	2,7	4,1
	Afløb	18	0	-	-	74	1,4	2,6	2,6	2,6
Arsen (As)	Tilløb	18	72	1,2	3,8	74	82	1,4	3,2	25
	Afløb	18	67	0,7	1,3	74	64	0,7	1,4	2,8
Bly (Pb)	Tilløb	18	89	1,2	16	74	89	2,6	7,5	54
	Afløb	18	0	-	-	74	27	0,7	3,9	8,2
Bor (B)	Tilløb	18	78	27	58	74	74	36	116	180
	Afløb	18	78	16	46	74	72	27	89	220
Cadmium (Cd)	Tilløb	18	33	0,11	0,41	74	54	0,10	0,22	0,69
	Afløb	18	17	0,10	0,15	74	18	0,15	0,18	0,31
Krom (Cr)	Tilløb	18	67	3,3	28	74	91	4,1	12,4	51
	Afløb	18	50	2,2	15	74	76	1,8	7,4	61
Kobber (Cu)	Tilløb	18	94	7,3	180	74	96	11	40	180
	Afløb	18	100	2,2	8,3	74	88	2,4	12,6	660
Kviksølv (Hg)	Tilløb	18	39	0,14	0,18	74	45	0,13	0,19	0,29
	Afløb	18	50	0,14	0,21	74	43	0,13	0,21	0,31
Nikkel (Ni)	Tilløb	18	78	3,45	21	74	88	4,7	9,14	21
	Afløb	18	39	1,9	4,4	74	47	1,9	8,2	12
Selen (Se)	Tilløb	18	100	0,2	3,5	74	69	0,2	1,8	5,7
	Afløb	18	89	0,09	0,16	74	62	0,09	0,87	9
Tin (Sn)	Tilløb	18	50	1,2	6,5	74	49	1,4	3,9	6,9
	Afløb	18	22	0,7	0,8	74	16	0,9	2,0	4,3
Zink (Zn)	Tilløb	18	100	120	1700	74	100	190	501	1700
	Afløb	18	78	24	120	74	86	33	134	14000
<b>PAHer</b>										
Benz(a)anthracen	Tilløb	18	0	-	-	74	6,8	0,012	0,020	0,024
	Afløb	18	0	-	-	74	0	-	-	-
Benzo(a)pyren	Tilløb	18	0	-	-	74	8,1	0,012	0,022	0,026
	Afløb	18	0	-	-	74	1,4	0,022	0,022	0,022
Benzo(ghi)perylene	Tilløb	18	6	0,011	0,011	74	15	0,013	0,028	0,029
	Afløb	18	0	-	-	74	1,4	0,025	0,025	0,025
Benzo(b+j+k)fluoranthener	Tilløb	18	11	0,020	0,023	74	28	0,018	0,042	0,051
	Afløb	18	0	-	-	74	2,7	0,027	0,038	0,041
Benzo(e)pyren	Tilløb	18	11	0,013	0,013	74	15	0,013	0,026	0,026
	Afløb	18	0	-	-	74	2,7	0,027	0,033	0,035
Chrysen/triphenylen	Tilløb	18	17	0,028	0,27	74	23	0,02	0,051	0,27
	Afløb	18	0	-	-	74	1,4	0,018	0,018	0,018
Fluoranthren	Tilløb	18	11	0,021	0,028	74	27	0,0205	0,0335	0,11
	Afløb	18	0	-	-	74	2,7	0,0315	0,0463	0,05
Indeno(1,2,3-cd)pyren	Tilløb	18	0	-	-	74	4	0,014	0,0164	0,017
	Afløb	18	0	-	-	74	1,4	0,018	0,018	0,018
Phenanthren	Tilløb	18	11	0,031	0,046	74	27	0,02	0,04	0,12
	Afløb	18	0	-	-	74	2,7	0,04	0,05	0,05
Pyren	Tilløb	18	17	0,019	0,03	74	35	0,02	0,03	0,11
	Afløb	18	0	-	-	74	2,7	0,041	0,062	0,067

Tabel 3.58 fortsat

RBUs separat kloak		2023				2018-2023				
Enhed µg/l		N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
<b>Aromatiske kulbrinter</b>										
Naphthalen	Tilløb	18	50	0,02	0,03	74	39	0,01	0,03	0,04
	Afløb	18	56	0,01	0,02	74	39	0,01	0,02	0,03
<b>Pesticider</b>										
2,6-Dichlorbenzamid	Tilløb	18	0	-	-	74	0	-	-	-
	Afløb	18	0	-	-	74	0	-	-	-
AMPA	Tilløb	18	100	0,19	0,98	74	95	0,18	0,74	1,8
	Afløb	18	56	0,07	0,2	74	80	0,05	0,20	0,66
Dicamba	Tilløb	18	33	0,19	2,5	74	11	0,19	1,38	2,5
	Afløb	18	17	0,16	0,5	74	6,8	0,07	0,36	0,5
Diflufenican	Tilløb	18	17	0,04	0,25	74	38	0,032	0,27	3,5
	Afløb	18	11	0,10	0,13	74	27	0,04	0,08	0,13
Diuron	Tilløb	18	0	-	-	74	1,4	0,01	0,01	0,01
	Afløb	18	0	-	-	74	0	-	-	-
Glyphosat	Tilløb	18	94	0,2	2,5	74	96	0,2	2,5	40
	Afløb	18	56	0,05	0,48	74	85	0,06	0,48	2,4
MCPA	Tilløb	18	33	0,16	32	74	36	0,11	0,37	32
	Afløb	18	33	0,05	1,2	74	38	0,04	0,20	7
Mechlorprop	Tilløb	18	61	0,022	0,140	74	61	0,030	0,095	0,140
	Afløb	18	39	0,023	0,077	74	47	0,026	0,060	0,077
Prosulfocarb	Tilløb	18	17	0,026	0,03	74	18	0,06	0,18	0,40
	Afløb	18	6	0,022	0,022	74	9,5	0,07	0,14	0,14
<b>Blødgørere</b>										
Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)	Tilløb	18	100	2,1	8,6	74	92	0,7	3,4	8,6
	Afløb	18	89	1,9	5,9	74	59	0,8	3,3	5,9
Diethylphthalat (DEP)	Tilløb	18	11	0,1	0,1	74	5,4	0,2	0,2	0,3
	Afløb	18	0	-	-	74	0	-	-	-
Diisononylphthalate (DINP)	Tilløb	18	61	0,8	5,8	74	88	1,8	3,8	5,8
	Afløb	18	50	0,5	6,6	74	42	0,3	2,3	6,6
<b>Phenoler</b>										
Bisphenol A	Tilløb	18	100	0,08	0,24	74	97	0,06	0,15	0,27
	Afløb	18	33	0,03	0,1	74	19	0,02	0,11	0,19
Nonylphenoler	Tilløb	18	6	0,36	0,36	74	4,1	0,06	0,30	0,36
	Afløb	18	0	-	-	74	0	-	-	-
Phenol	Tilløb	18	83	0,2	75	74	80	0,3	1,5	75
	Afløb	18	28	0,6	1,6	74	26	0,6	1,7	2,1
<b>Detergenter</b>										
Lineære alkylbensulfonater (LAS)	Tilløb	18	6	22	22	74	9,5	13	22	23
	Afløb	18	0	-	-	74	5,4	21	28	31
<b>Phosphor triestre</b>										
Tri-n-butylphosphat	Tilløb	18	17	0,03	0,07	74	5,4	0,03	0,06	0,07
	Afløb	18	6	0,06	0,06	74	5,4	0,045	0,06	0,06
Trichlorpropylphosphat (TCPP)	Tilløb	18	72	-	-	74	86	0,16	1,34	7
	Afløb	18	100	0,08	0,3	74	88	0,09	0,17	4,3
Tricresylphosphat	Tilløb	18	0	-	-	74	2,7	0,033	0,043	0,045
	Afløb	18	0	-	-	74	1,4	0,05	0,05	0,05
Triphenylphosphat	Tilløb	18	22	0,028	0,14	74	20	0,03	0,07	0,14
	Afløb	18	0	-	-	74	4,1	0,024	0,026	0,027

**Tabel 3.59.** RBU fælleskloak i perioden 2018-2022. Der foreligger ingen data for 2023.

RBU fælles kloak	2018-2022					
		N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
<b>Metaller</b>						
Aluminium (Al)	Afløb	31	100	950	1900	3800
Antimon (Sb)	Afløb	31	13	1,3	1,5	1,6
Arsen (As)	Afløb	31	71	0,7	1,2	1,6
Barium (Ba)	Afløb	31	100	14	34	48
Bly (Pb)	Afløb	31	100	4,8	8,3	17
Bor (B)	Afløb	31	71	53	398	680
Cadmium (Cd)	Afløb	31	61	0,1	0,2	0,2
Krom (Cr)	Afløb	31	90	3,6	9,7	20
Kobber (Cu)	Afløb	31	100	15	28	35
Kviksølv (Hg)	Afløb	31	45	0,13	0,54	0,96
Molybdæn (Mo)	Afløb	31	6,5	1,6	1,8	1,8
Nikkel (Ni)	Afløb	31	84	3,5	9,2	61
Selen (Se)	Afløb	31	48	0,2	0,4	2,1
Tin (Sn)	Afløb	31	58	2,1	6,6	21
Vanadium (V)	Afløb	31	81	3,6	9,1	14
Zink (Zn)	Afløb	31	100	180	340	430
<b>Aromatiske kulbrinter</b>						
Naphthalen	Afløb	31	84	0,022	0,036	0,061
2-Methylnaphthalen	Afløb	31	19	0,013	0,017	0,018
Dimethylnaphthalener	Afløb	31	94	0,040	0,112	0,200
Trimethylnaphthalener	Afløb	31	39	0,021	0,030	0,056
Benzen	Afløb	31	23	0,034	0,608	1,100
Biphenyl	Afløb	31	13	0,014	0,015	0,016
Ethylbenzen	Afløb	31	39	0,033	0,085	0,120
m+p-Xylen	Afløb	31	100	0,140	0,270	0,470
o-Xylen	Afløb	31	81	0,044	0,136	0,200
Toluen	Afløb	31	97	0,195	0,470	1,300
<b>Organotin</b>						
Dibuthyltin (DBT)	Afløb	31	48	0,003	0,005	0,007
Monobutyltin (MBT)	Afløb	31	100	0,014	0,030	0,150
Tributyltin (TBT)	Afløb	31	3,2	0,005	0,005	0,005
<b>Perfluorede stoffer</b>						
1H, 1H,2H,2H- Perfluorooctansulfonsyre	Afløb	21	0	-	-	-
Fluorotelomersulfonsyre (FTS)	Afløb	10	0	-	-	-
Perfluorbutansulfonsyre (PFBS)	Afløb	31	3	0,0016	0,0016	0,0016
Perfluorbutansyre (PFBA)	Afløb	31	68	0,0020	0,0051	0,0170
Perfluorodecansyre (PFDA)	Afløb	31	6,5	0,0016	0,0022	0,0024
Perfluoroheptansyre (PFHpA)	Afløb	31	10	0,0010	0,0015	0,0016
Perfluorhexansulfonsyre (PFHxS)	Afløb	31	0	-	-	-
Perfluorohexansyre (PFHxA)	Afløb	31	42	0,0019	0,0031	0,0167
Perfluorononansyre (PFNA)	Afløb	31	6,5	0,0019	0,0021	0,0022
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	Afløb	31	3,2	0,0008	0,0008	0,0008
Perfluoroktansulfonsyre (PFOS)	Afløb	31	29	0,0020	0,0032	0,0048
Perfluorooctansyre (PFOA)	Afløb	31	39	0,0028	0,0050	0,0068
Perfluorpentansyre (PFPA)	Afløb	31	6,5	0,0007	0,0009	0,0010

Tabel 3.59 fortsat

RBU fælles kloak		2018-2023				
		N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
<b>Blødgørere</b>						
Benzylbutylphthalat (BBP)	Afløb	31	0	-	-	-
Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	Afløb	31	10	0,14	0,23	0,25
Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)	Afløb	31	100	2,40	5,30	57,0
Dibutylphthalat (DBP)	Afløb	31	61	0,15	0,27	0,31
Diethylphthalat (DEP)	Afløb	31	77	0,24	0,41	0,80
Diisononylphthalate (DINP)	Afløb	31	100	6,1	14,0	42,0
Di-n-octylphthalat (DNOP)	Afløb	31	3,2	0,11	0,11	0,11
<b>Phenoler</b>						
Bisphenol A	Afløb	31	100	0,13	0,31	0,49
Nonylphenol-diethoxylater (NP2EO)	Afløb	31	10	0,18	0,31	0,34
Nonylphenoler	Afløb	31	71	0,09	0,12	0,28
Nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO)	Afløb	31	52	0,11	0,24	0,32
Phenol	Afløb	31	90	0,6	1,2	3,6
<b>Halogenerede alifatiske kulbrinter</b>						
Chloroform	Afløb	31	19	0,04	0,12	0,17
Tetrachlorethylen	Afløb	31	0	-	-	-
Trichlorethylen	Afløb	31	0	-	-	-
<b>Detergenter</b>						
Lineære alkylbenzensulfonater (LAS)	Afløb	31	100	150	410	760
<b>Phosphor trieste</b>						
Tri-n-butylphosphat	Afløb	31	3,2	0,03	0,03	0,03
Trichlorpropylphosphat (TCPP)	Afløb	31	97	0,4	0,8	3,6
Tricresylphosphat	Afløb	31	13	0,024	0,033	0,037
Triphenylphosphat	Afløb	31	77	0,039	0,061	0,069
<b>Ethere</b>						
MTBE	Afløb	31	0	-	-	-
Triclosan	Afløb	31	0	-	-	-
<b>Pharmaceutiske stoffer</b>						
2-hydroxyibuprofen	Afløb	31	97	2,9	6,6	13,0
Azithromycin	Afløb	31	10	0,052	0,079	0,086
Carbamazepin	Afløb	31	71	0,036	0,078	0,170
Citalopram	Afløb	31	90	0,052	0,110	0,180
Clarithromycin	Afløb	31	6,5	0,085	0,094	0,096
Diclofenac	Afløb	31	81	0,02	0,12	0,26
Erythromycin	Afløb	31	6,5	0,10	0,16	0,17
Erythrosin	Afløb	2	0	-	-	-
Furosemid	Afløb	31	97	0,36	0,97	1,5
Ibuprofen	Afløb	31	97	1,5	3,8	19
Naproxen	Afløb	31	81	0,2	0,6	3,3
Paracetamol	Afløb	30	100	17	34	100
Propranolol	Afløb	31	35	0,02	0,02	0,04
Salicylsyre	Afløb	31	97	1,03	4,07	15
Sulfamethiazol	Afløb	31	52	0,10	0,43	0,92
Sulfamethoxazol	Afløb	31	26	0,03	0,06	0,08
Tramadol	Afløb	31	97	0,2	0,5	1,1
Trimethoprim	Afløb	31	35	0,03	0,06	0,46
<b>Østrogener</b>						
17Beta-østradiol	Afløb	31	48	0,002	0,005	0,006
Ethinyløstradiol	Afløb	31	6,5	0,009	0,014	0,016
Østron	Afløb	31	100	0,014	0,030	0,041

**Tabel 3.60.** RBU separat kloak, regnvandsbassin i perioden 2018-2023. Tabellen præsenterer antal prøver, procentvis fundhyppighed, medianværdi, 90%-percentil samt den maksimale registrering i en enkelt prøve.

RBU separat kloak sediment	2023				2018-2023					
	Enhed mg/kg TS	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
<b>Metaller</b>										
Aluminium (Al)	2	100	100	16.500	17.000	10	100	17.000	19.500	24.000
Arsen (As)	2	100	100	11	14	10	100	7	12	14
Bly (Pb)	2	100	100	29	35	10	100	23	35	35
Cadmium (Cd)	2	100	100	0,57	0,59	10	100	0,48	0,60	0,64
Krom (Cr)	2	100	100	34	37	10	100	32	42	42
Kobber (Cu)	2	100	100	71	75	10	100	58	77	92
Kviksølv (Hg)	2	100	100	0,088	0,096	10	100	0,066	0,081	0,096
Lithium (Li)	2	100	100	15	17	10	90	14	19	21
Nikkel (Ni)	2	100	100	30	31	10	100	30	42	43
Vanadium (V)	2	100	100	55	60	6	100	49	59	60
Zink (Zn)	2	100	100	1235	1700	10	100	760	1740	2100
<b>Aromatiske kulbrinter</b>										
Naphthalen	2	50	50	0,018	0,018	11	91	0,016	0,027	0,037
1-Methyl-naphthalen	2	0	0	-	-	11	55	0,004	0,010	0,014
2-Methylnaphthalen	2	0	0	-	-	11	64	0,006	0,013	0,014
Dimethylnaphthalener	2	100	100	0,5	0,8	11	100	0,4	1,5	2,1
Trimethylnaphthalener	2	0	0	-	-	11	73	0,018	0,046	0,087
<b>Kulbrinter</b>										
>C10-C15 kulbrinter	1	100	100	13	13	3	100	13	46,6	55
>C15-C20 kulbrinter	1	100	100	44	44	3	100	44	121	140
>C20-C40 kulbrinter	1	100	100	760	760	3	100	760	1752	2000
C6-C10 kulbrinter	1	100	100	7,8	7,8	3	100	7,8	17,6	20
Sum af kulbrinter (C6-C40)	1	100	100	830	830	3	100	830	1926	2200
<b>PAHer</b>										
1-Methylpyren	2	50	50	0,014	0,014	11	73	0,012	0,022	0,025
2,6-dimethylphenanthren	2	0	0	-	-	11	0	-	-	-
2-Methylphenanthren	2	50	50	0,022	0,022	11	91	0,020	0,031	0,066
2-Methylpyren	2	50	50	0,014	0,014	11	36	0,016	0,018	0,019
Acenaphthen	2	0	0	-	-	11	36	0,009	0,013	0,014
Acenaphthylen	2	50	50	0,03	0,03	11	82	0,01	0,03	0,03
Anthracen	2	100	100	0,025	0,026	11	100	0,022	0,029	0,033
Benzo(a)anthracen	2	100	100	0,056	0,065	11	100	0,047	0,065	0,11
Benzo(a)fluoren	2	100	100	0,022	0,025	11	100	0,023	0,043	0,077
Benzo(a)pyren	2	100	100	0,071	0,072	11	100	0,071	0,12	0,16
Benzo(b+j+k)fluoranthener	2	100	100	0,185	0,2	11	100	0,20	0,34	0,51
Benzo(e)pyren	2	100	100	0,088	0,097	11	100	0,097	0,180	0,28
Benzo(ghi)perylene	2	100	100	0,11	0,11	11	100	0,11	0,23	0,3
Chrysen/triphenylen	2	100	100	0,2	0,2	11	100	0,2	0,3	0,6
Dibenzo(a,h)anthracen	2	0	0	-	-	11	73	0,0225	0,143	0,15
Dibenzothiophen	2	0	0	-	-	11	45	0,006	0,012	0,013
Fluoranthen	2	100	100	0,14	0,18	11	100	0,13	0,18	0,29
Fluoren	2	50	50	0,016	0,016	11	91	0,010	0,018	0,033
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2	100	100	0,071	0,072	11	100	0,072	0,160	0,210
Perylen	2	100	100	0,026	0,03	11	100	0,022	0,034	0,052
Phenanthren	2	100	100	0,074	0,088	11	100	0,06	0,11	0,14
Pyren	2	100	100	0,17	0,22	11	100	0,13	0,22	0,3

Tabel 3.60 fortsat

RBU separat kloak sediment	2023				2018-2023				
	N	>DG, %	Median	maks. konc.	N	>DG, %	Median	90% percentil	maks. konc.
<b>Pesticider</b>									
Chlorpyrifos	2	0	-	-	10	0	-	-	-
Cypermethrin	2	0	-	-	10	20	0,09	0,11	0,11
Isoproturon	2	0	-	-	10	0	-	-	-
Tau-fluvalinat	2	0	-	-	10	0	-	-	-
<b>Blødgørere</b>									
Benzylbutylphthalat (BBP)	0	-	-	-	4	0	-	-	-
Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	2	0	-	-	10	10	0,01	0,01	0,01
Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)	2	100	1,2	1,2	10	80	1,3	2,3	3,1
Diisononylphthalate (DINP)	2	0	-	-	10	60	17	22	23
<b>Phenoler</b>									
4-n-octylphenol	2	0	-	-	11	0	-	-	-
4-Nonylphenol	2	0	-	-	11	9	0,0063	0,0063	0,0063
4-tert-octylphenol	2	100	0,016	0,021	11	82	0,007	0,015	0,021
Nonylphenol-diethoxylater (NP2EO)	2	0	-	-	11	0	-	-	-
Nonylphenoler	2	0	-	-	11	18	0,13	0,14	0,14
Nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO)	2	50	0,033	0,033	11	27	0,038	0,048	0,051

## 4 Gennemgang af data for udvalgte parametergrupper på tværs af medierne.

I dette kapitel gennemgås metaller, PAHer og aromater samt organotin forbindelser på tværs af medier og matricer. Data fra marine stationer, ferskvand og punktkilder (renseanlæg) er blevet vurderet i matricerne vand og spildevand, sediment og biota. Alle tilgængelige data fra 1998 til 2023 er inddraget, men da der er forskel på tidsserierne indenfor de forskellige medier, er der primært lagt vægt på kortere tidsserier af hensyn til sammenligningsmulighederne. På baggrund af data er trend og niveauer vurderet indenfor de enkelte medier.

Der er i kapitlet både anvendt miljøkvalitetskrav og -kriterier. For en beskrivelse af forskellen mellem disse to samt hvilke der er anvendt i denne rapport henvises der til bilag 3.

For at kunne sammenligne parametre på tværs matricer og områder, med det formål at kunne give en overordnet vurdering af belastningen indenfor de udvalgte stofgrupper, er der taget udgangspunkt i såkaldte forureningsindekser. Der findes flere tilgange og metoder til dette (Gustavson et. al. 2023). I forbindelse med denne rapport var det primære mål at skabe et generelt overblik fremfor at give en samlet vurdering. I denne rapport er der taget udgangspunkt i 'Chemical status assesment tool' (CHASE) værktøjet (Andersen et al.), som er velegnet til vurdering på tværs af matricer og medier.

Princippet i CHASE er, at der beregnes en samlet koncentration ( $C_m$ ) for hver parameter i hver matrice i hvert medie. Denne værdi divideres med en tærskelværdi ( $T_m$ ), til beregning af en 'Kontamineringsratio',  $CR=C_m/T_m$ . På baggrund af disse værdier kan der opstilles matrix baseret på medier og matricer. CHASE modellen beregner efterfølgende en samlet status værdi,  $CS$ , baseret på basis af de enkelte  $CR$ -værdier.  $CS$  kan derefter anvendes til at klassificere tilstanden. I CHASE modellen er der lagt følgende kriterier ind for vurdering af tilstanden:  $CS<0,5$ : høj;  $0,5<CS<1$ : God,  $1<CS<5$ : moderat;  $5<CS<10$  ringe,  $CS>10$ : dårlig.

I denne rapport anvendes CHASE princippet til beregning af kontamineringsratioer  $CR$ , men der beregnes ikke en samlet statusværdi.  $C_m$  er beregnet som median for de enkelte medier og matricer og opdelt på regioner for at give et overblik over, om der er forskel på de forskellige områder i Danmark. Da region Syddanmark dækker både Nordsøen og Vadehavet på den ene side og indre Danske farvande som Lillebælt, er denne region opdelt i Sønderjylland og Fyn/øerne for at adskille den meget åbne Nordsø fra de lukkede indre danske bælt. Som tærskelværdier er anvendt miljøkvalitetskrav og -kriterier. Vurdering er derfor kun foretaget på stoffer, hvor der er fastsat miljøkvalitetskrav og -kriterier. Beregnede værdier (median/MKK) betegnes i denne rapport som risikokvotienter.

Afhængig af medie er der taget udgangspunkt i forskellige tidsserier, Spildevand, renseanlæg 1998-2023, ferskvand 2011/12-2023, dog 1998-2023 for metaller i vandløb, og marint biota 2012-2023. Der er lavet beregninger for metaller og PAHer. For organotin var der ikke tilstrækkelig med data over detektionsgrænsen for alle medier og matricer til at kunne fortage robuste beregninger.

For spildevand, renseanlæg, vandløbsvand samt ferskvandssediment for søer og vandløb er der anvendt et statistisk værktøj fra MetalStat (Sørensen et al, 2024) til beregning af medianværdier. Dette er gjort fordi, dette værktøj kan tage højde for koncentrationsmålinger, som ligger under detektionsgrænsen, herunder varierende detektionsgrænser. Desuden kan værktøjet tage højde for variation i målingerne mellem årene. For biota-data er der beregnet almindelige medianværdier uden inddragelse af data under detektionsgrænsen på grund af et mere begrænset datasæt.

## 4.1 Metaller

*Martin Mørk Larsen*

Metaller er målt i både vand fra vandløb (9 metaller), 15 metaller i renseanlæg (WWTP) og 9 metaller i sediment fra søer samt marine muslinger (9 metaller inkl. kviksølv) og kviksølv i fisk på tværs af marine vande, vandløb og søer.

### Kviksølv

Der er ikke defineret et gyldigt MKK for kviksølv i fersk- og marint vand, men der er et forslag på 70 ng/l for fersk- og saltvand i EQS dossieret for kviksølv (2005). Det anbefales kun at bruge fiske kravet i dossieret. Figur 4.1 viser kviksølvmålinger i forhold til MKK for biota og ferskvand taget fra dossieret. Ud fra MKK'erne kan der beregnes en risikokvotient eller ratio mellem målte koncentrationer og MKK'erne for den gældende matrice. Figur 4.1 viser et boxplot af ratioen for marine muslinger (ukorrigeret og trofisk korrigeret), de tre fiske overvågningsprogrammer, vandløbs vand og renseanlæg. Muslingernes trofisk justerede krav er sat til 1,25 µg/kg mod fisk 20 µg/kg jævnfør (Larsen&Strand, 2018). Boxplot viser spændet af 25 til 75% percentilen som en boks, med en linje der indikerer medianværdien inde i boksen. Et par linjer stikker op og ned som indikation for laveste og højeste prøver der hører til datasættet og alle prøver, der falder udenfor disse defineres som outliers og markeres som individuelle prikker.

**Tabel 4.1.** Samlet vurdering af kviksølv fra 1998/2012 til 2023 som ratioer til MKK for fisk (20 µg/kg, dog 1,25µg/kg for trofisk korrigerede muslinger) og ferskvand/spildevand (70 ng/l).

Matrix	Musling trofisk						Renseanlæg udløb
	Marin musling	korrigeret.	Marin fisk	Vandløbsfisk	Søfisk	Vandløbsvand	
n	272	272	90	267	280	4	130
min	0,20	3,20	0,38	0,04	0,01	0,07	< DL
median	0,70	11,20	2,43	2,85	3,11	0,13	< DL
90% Percentil	1,69	27,04	8,95	6,23	22,88	0,25	2,87
maks	6,81	108,96	33,05	30,15	144,65	0,29	27,14

Medianværdierne af ratioerne er ca. ens for de tre fiskeovervågningsprogrammer (tabel 4.1). I overvågningen benyttes 4 marine arter: Rødspætter, skrubbler, ålekvabber og sortmundet kutling. Der er et større span i arter i ferskvand, selvom de fleste vandløbsfisk er ørred, er der også fanget lige fra hundestejler til gedder, hvilket giver et større spænd i de trofiske niveauer. For søerne bruges fortrinsvis aborre, som skal være over en vis størrelse for at



blive predator og opnå det trofiske niveau den normalt regnes for. Men også her er der fanget både hundestejler og gedder for nogle søer. For vandprøver er det desuden væsentligt at huske, at opholdstiden af vandet er større i søer, og bundmaterialet mere organisk, hvilket potentielt kan give dannelse af metylkviksølv som opkoncentreres mere i fisk end uorganisk kviksølv.

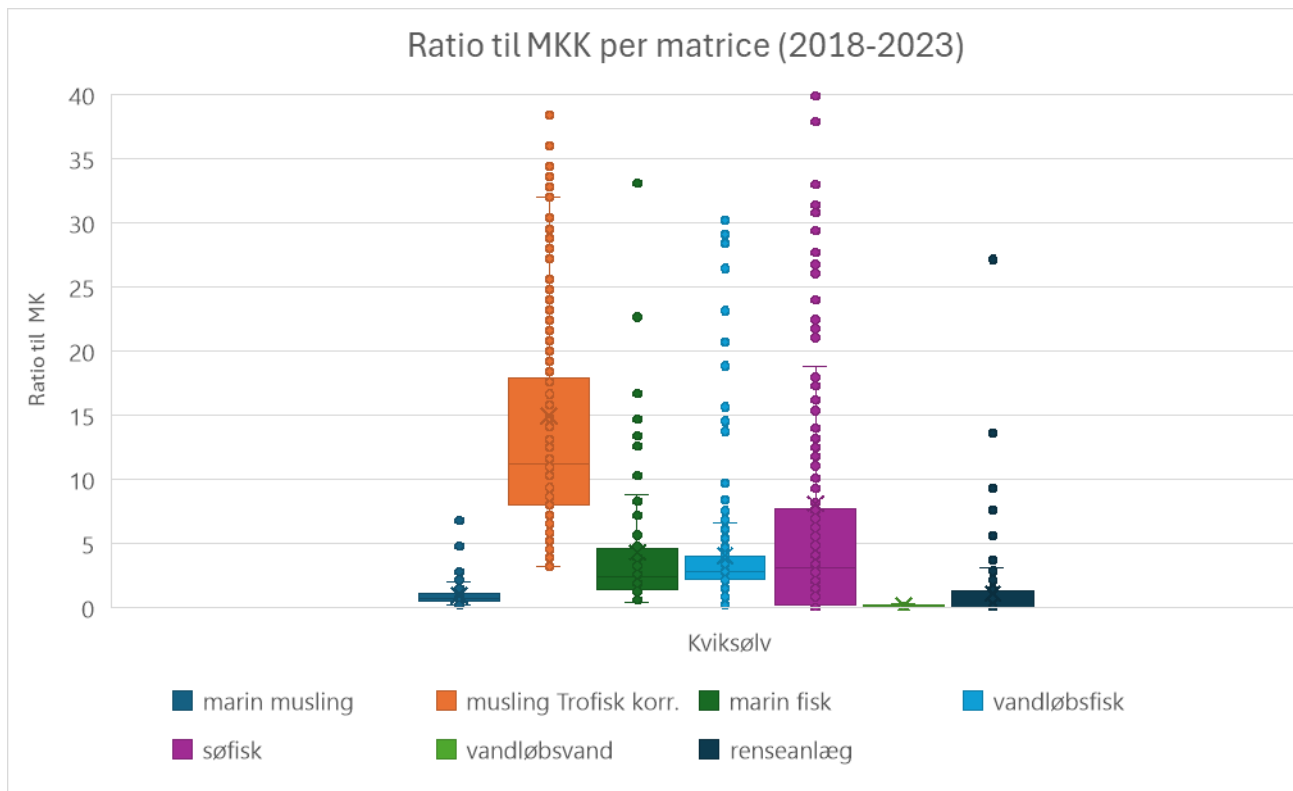
Hvis der ikke korrigeres for trofisk niveau for marine muslinger, er der en stigende udvikling i ratioen (figur 4.1) fra medianværdien for muslinger, marine-, vandløbs og sø-fisk, med en lille spredning for muslingerne ("boksens" størrelse), en noget større spredning for marine fisk, som er på samme niveau som vandløbsfisk, samt stor spredning (25-75%) for søfisk.

Med trofisk korrektion af muslinger (orange bar), lader ratioen til at "overkompensere" muslingernes påvirkning og vise væsentligt højere ratioer end fiskemuskler. Det indikerer, at den trofisk-korrigerede MKK værdien er alt for lav i forhold til fisk, og derfor overkompenser betydningen af det trofiske niveau.

Det skal bemærkes at lipidindholdet i fiskemuskler og bløddele af muslinger er nogenlunde ens (1-2%), så for organiske stoffer der måles i fiskemuskel og muslinger vil lipid-normalisering ikke have stor betydning.

Endelig er der kun få målinger af kviksølv fra 2021 i vandløbsvand, så tallene repræsenterer stort set alle de 4 målinger.

Detektionsgrænserne for kviksølvanalyserne i renseanlægsudløb er i 2/3 af målingerne ikke tilstrækkelig til at vise et resultat. Detektionsgrænserne varierer mellem 2 ng/l, median 50 ng/l og helt op til 3000 ng/l (3 µg/l). 90% percentilen er ca. 200 ng/l, så detektionsgrænser på 50 ng/l for spildevandsprøver er et absolut minimumskrav, hvis data skal kunne bruges, og 2 ng/l vil være ønskværdigt.



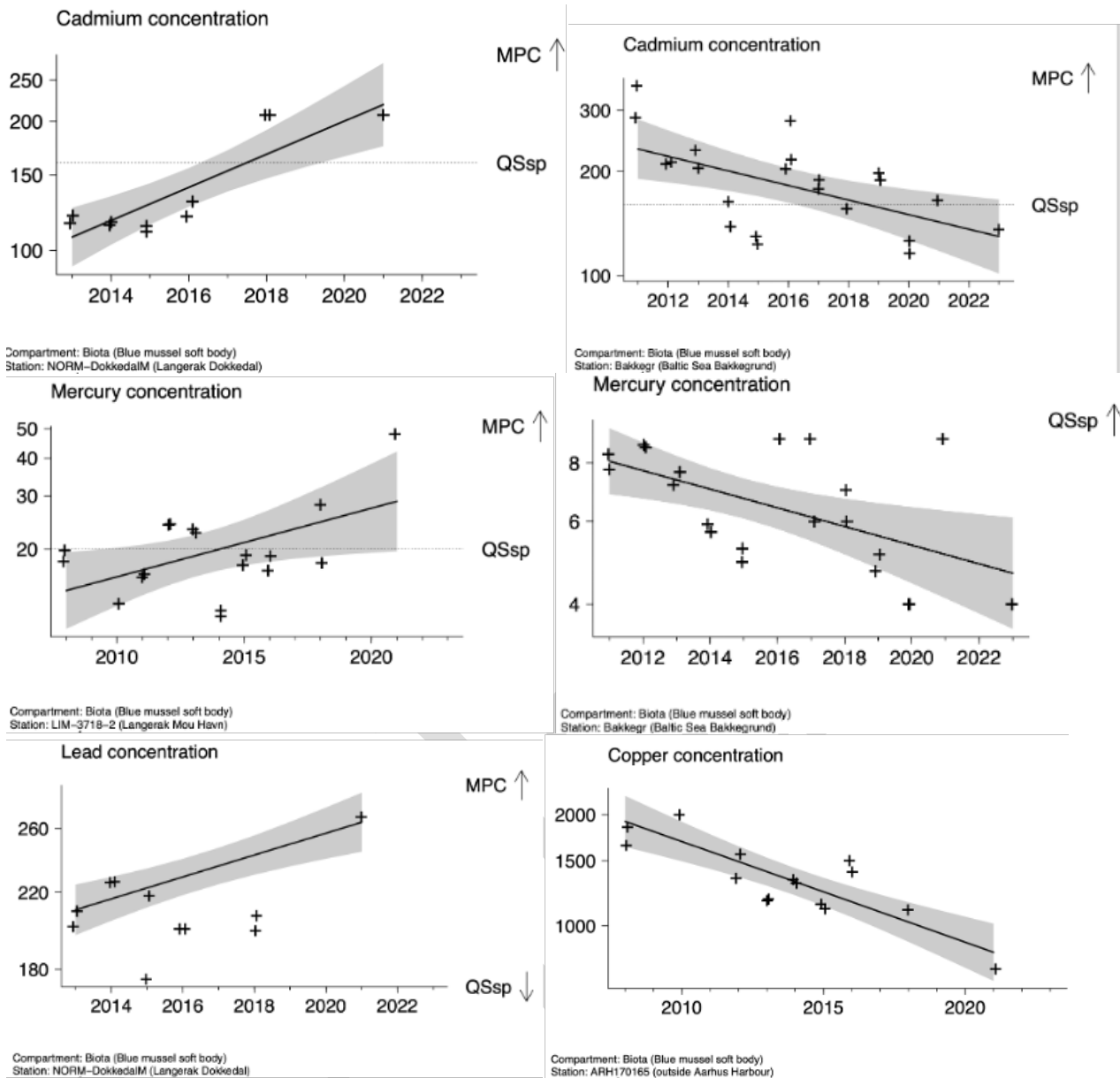
Figur 4.1. Kviksølvmålinger i forhold til MKK.

### Andre metaller

For marine prøver er der mange stationer med nok gentagne prøvetagninger til at kunne gennemføre tidstrend analyser. Under et fælles projekt mellem OSPAR, HELCOM og AMAP er et analyseværktøj HARSAT (HARSAT, 2024) udviklet til R, som, baseret på dataudtræk fra ICES DOME databasen, genererer individuelle tidstrends for stationer med mere end 3 års data indenfor de sidste 6 år. Hvis der er mere end 6 års data, vil der blive fittet en ikke-lineær model. Modellen vurderer de sidste 6 års tidsligeudvikling statistisk i log-lineær transformation for at lave MFS data tilnærmelsesvis normalfordelte, hvilke de oftest ikke er. Resultaterne for danske data rapporteret fra VanDa og tidligere ODA til ICES er blevet analyseret, og tabel 4.2 viser antallet af signifikante tidstrends og deres tendens retning. Figur 4.2 viser nogle eksempler på disse tidstrends. Bemærk at der for både kviksølv og cadmium er både opadgående og faldende tidstrends, men for bly kun opadgående tidstrends, hvorimod der for kobber og organotin kun er faldende tendenser over de sidste 6 år, med et gennemsnitlig fald på hhv. 10 % og 11,6% pr år for de 4 og 8 stationer med signifikante faldende tidstrends.

Tabel 4.2. Tidstrend analyser udført på alle data tilgængelige i ICES for metaller og organotin

Parameter	Hg	Cd	Pb	Cu	TBSN+	DBSN+	MBSN+
% op	0,8%	1,1%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
% ned	0,4%	2,3%	0,0%	2,4%	26,7%	0,0%	3,3%
#stationer	263	176	169	169	30	4	30



**Figur 4.2.** Eksempler på tidstrend analyser lavet vha. HARSAT værktøjet på marine stationer. QSsp er de danske MKK og MPC er fødevarekravene. Pilen angiver at MPC eller QSsp befinder sig over/under den del af akse, som er vist på figuren.

For biota i ferskvand er der ikke nok gentagelser af stationerne til at man kan lave tidstrendanalyser på denne måde, da det kræver mindst 4 resultater at kunne lave lineær regression, og helst flere resultater indenfor de sidste 6 år.

For renselanlæg ses det at sammenlignes koncentrationerne for hele perioden med 2018-2023 findes der 7 metaller der i median er faldet i forhold til 1998-2023, og 4 med øget koncentration, kun aluminium, barium og kobber er øget på mediankoncentrationen.

## Regionale forskelle

For at se på de regionale forskelle mellem landsdelene er der beregnet en "risikokvotient" svarende til CHASE for de enkelte regioners data. Medianværdien for disse ratioer for hver region er vist i figur 4.3 (dog Sønderjylland delt op i prøver vest for Jylland (Sønderjylland) og øst for Jylland (Fyn og øer)).

Kviksølvresultaterne fordelt på de 5 landsdele viser ligesom boxplottet i figur 4.1, at der ikke er stor forskel på tværs af landet. Dette gælder dog ikke for marine fisk, hvor der er en tydelig tendens til højere koncentrationer i prøver fra hovedstadsområdet. Dette kan tilskrives flere prøver fra kendte forurenede områder (Kalvebodløbet og Københavns havn). Ligeledes ses højere koncentrationer af kviksølv i prøver af spildevand fra Nordjylland sammenlignet med de øvrige områder. Generelt er koncentrationen af kviksølv i biotaprøver højere end MKK (ratio >1) hvorimod vandprøverne har koncentrationer under (ratio <1).

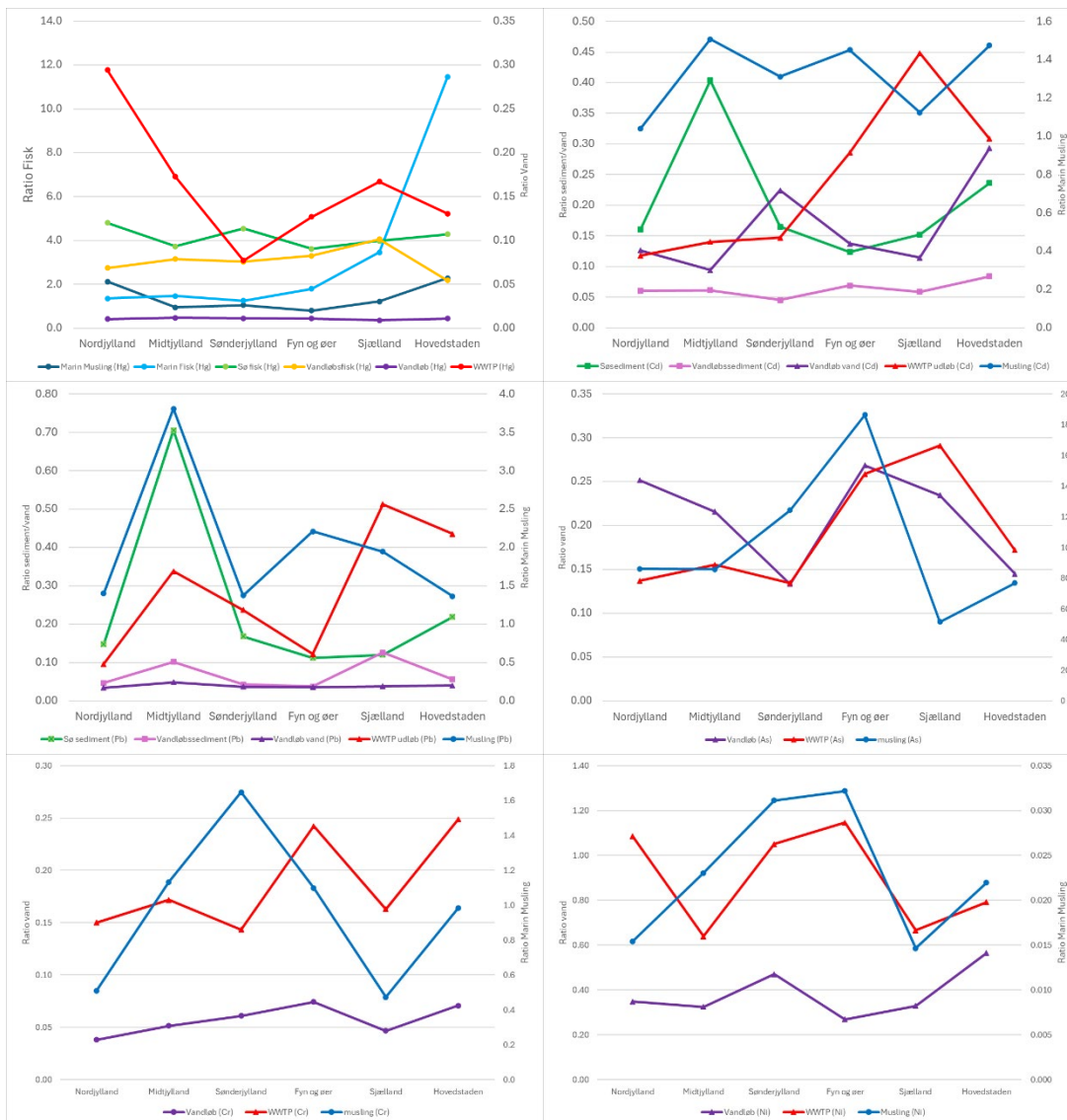
Kun kviksølv måles på tværs af alle fisk og muslinger fra vandløb, søer og marineområder. Kviksølvkoncentrationerne er generelt lavest i marine muslinger, fulgt af marine fisk, lidt højere i vandløbsfisk og højest i søfisk. For de øvrige metaller måles der i vand fra vandløb og spildevand, sediment fra søer og vandløb.

For bly, cadmium, krom, kviksølv og nikkel er koncentrationsniveauerne generelt højere i spildevand end i vandløbsvand. For arsen derimod varierer koncentrationen mellem at være højest i spildevand og i vandløbsvand afhængig af regionerne, men generelt er koncentrationen nogenlunde ens.

For bly og cadmium i ferskvandssediment er indholdet i søsediment generelt højere end i vandløbssediment. Dette skyldes sandsynligvis dels den længere opholdstid af vand i søerne, og dels det ofte mere finkornede sediment og større organisk kulstof indhold, som giver flere muligheder for at opkoncentrere metallerne i sedimentet.

Koncentrationerne af arsen, krom og nikkel i vandprøverne er generelt lavere end MKK (undtagen nikkel fra spildevand i Nordjylland og Sønderjylland på begge sider, der er op til ratio 1.1). For muslinger er ratioen generelt over 1 for kviksølv, cadmium, bly og arsen. Især for arsen mangler et baggrunds niveau for vurderingen overfor MKK. Der er et naturligt højt arsen-indhold i havvand (1-4 µg/l typisk) som MKK for marin biota ikke synes at tage højde for. Ligeledes er det typisk ikke uorganisk (giftigt) arsen der findes her, men forskellige arsenosukre, arsenobetain eller andre organiske arsenforbindelser, som ikke er særligt giftige (Tibon et al, 2023).

Endelig er cadmium og bly målt i både marine muslinger samt vand og sediment fra vandløb og søer. For spildevand ser der ud til at være højere koncentrationer i Østdanmark, men det afspejles ikke i vand- og sedimentkoncentrationer fra vandløb og søer. Søsediment i Midtjylland viser forhøjet ratio i forhold til resten af landet, men ellers er cadmium og bly i vandløbssediment og vand jævnt fordelt over hele landet, og med en ratio <1.



**Figur 4.3.** Ratio af metal koncentrationer vs. MKK-værdier for biota, sediment og vandprøver hvor de er målt i prøver fra marine områder, vandløb, søer og spildevand. Bemærk forskellige skaler for biota, vand og sediment, akse angiver hvilke prøvetyper der er indikeret på højre og venstre Y-akse.

## Opsummering

Koncentrationerne af kviksølv i muslinger samt marine, vandløbs- og søfisk stiger med ovennævnte rækkefølge. Dette skyldes formodentlig trofisk niveau stigning fra musling til fisk, og derefter afstanden til punktkilder og diffus forurening fra land. Endelig har den højere opholdstiden af vandet i søer sandsynligvis også betydning. Regionalt er der en stor forskel på Hovedstaden og de øvrige landsdele for kviksølv i de marine fisk, sammenholdt med indholdet i sø- og vandløbsfisk, dette tilskrives højere koncentrationer i kalvebodsløbet og omkring Københavnshavn.

Spildevandskoncentrationerne er generelt højere end koncentrationerne i vandløbsvand med en faktor 2-10, dog undtagen for arsen som er næsten ens i spildevand og vandløbsvand. For bly, cadmium og arsen er der en tendens til højere koncentrationer på Sjælland og ved Hovedstaden sandsynligvis som følge af større befolkning og industripåvirkning. Bortset fra disse ser fordelingen imellem landsdelene ud til at være rimelig jævnt. For søsediment er der nogle høje risikokvotienter for cadmium og bly fra Midtjylland, men ellers

en jævn fordeling i koncentrationsniveau i sediment mellem landsdelene i både vandløbs og søsediment.

For metallerne i marine prøver er den tidlige udvikling afhængig af områder og metaller. For kobber ses der i marine prøver et fald i de prøver, hvor der er en tidlig udvikling, og for bly stigninger. Cadmium og kviksølv viser både stigninger og fald. For de tre sidste metaller er der lavet mange indgreb og begrænsninger i anvendelsen, så forventningen var generelt faldende tendenser.

Risikokvotienterne for metaller i muslinger (og fisk for kviksølv) er generelt over 1 for kviksølv, cadmium, bly og arsen, med faktorer på 2-12 for kviksølv og 50-180 for arsen. Resultatet understøtter de seneste MST vurderinger, at kviksølv, cadmium og bly er årsag til manglende målsætningsopfyldelse i mange vandrammedirektivsområder. Arsen niveauet er sandsynligvis naturligt, da det meste arsen i muslinger er organiske forbindelser som er mindre giftige end uorganisk arsen, men dette tager MKK fastlæggelsen og analysen for total arsen ikke hensyn til.

## 4.2 PAHer

*Pia Lassen*

PAHer er en stofgruppe som stammer naturligt fra olie (petrogene kilder), men PAHer dannes også ved afbrænding (pyrogener kilder) af træ, kul og olie. For nærmere beskrivelse af PAHer se af snit 2.2.

I NOVANA programmet findes der data for PAHer i marine muslinger, i ferskvandssediment, i punktkilder i RBU separatkloak spildevand, afløb og regnvandssediment. For renseanlæg er der data i spildevand frem til og med 2015.

For de aromatiske kulbrinter er der data i marine muslinger, i sediment for ferskvand og for punktkilder er der data i renseanlæg, spildevand samt RBU både spildevand og sediment. Naphthalen og de methylerede naphthalener er de eneste af aromaterne, der bliver målt i alle medier.

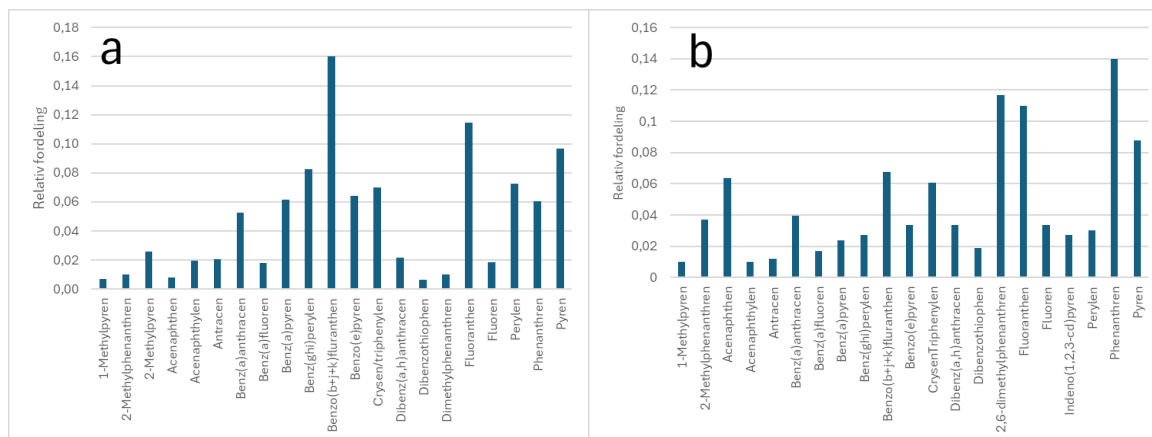
I nedenstående afsnit gennemgås forekomst, trend og niveauer for PAHer og kulbrinter. Data vil blive præsenteret på udvalgte PAHer og aromater for overskuelighedens skyld. Der er data tilbage til 1998, men ikke for alle medier. Primært er der derfor taget udgangspunkt i data fra 2011/12 og fremefter, da der fra det tidspunkt begynder at være tilstrækkeligt med data for de fleste medier til at der kan sammenlignes over tid eller mellem medier.

Gennemgående på alle medier er der nogle få PAHer, der gennemgående skiller sig ud med højere koncentrationer end resten: benzo(b+j+k)fluranthen, pyren og fluoranthen. Af hensyn til robustheden i data er der primært taget udgangspunkt i disse PAHer i forbindelse med præsentation af data

De PAHer, der forekommer i de næsthøjeste koncentrationer, er benzo(ghi)perylen, indeno(1,2,3-cd)pyren, phenanthren og i enkelte tilfælde benzo(a)pyren.

Den relative fordeling af PAH er en smule anderledes for muslinger, som dog er den eneste biotatype, hvor der bliver monitoreret for PAHer under

NOVANA. For muslinger er de methylerede PAHer og phenanthren generelt lidt højere, hvilket kan skyldes, at muslinger er udsat for et højere bidrag fra olieholdige kilder, dvs. forureningssammensætningen kan have andre dominerende kilder i det marine, sammenlignet med ferskvand og punktkilder. I figur 4.4 ses den relative sammensætning af PAHer for dels søsediment a) og for muslinger b).



Figur 4.4. Den relative fordeling af PAHer i a) søsediment og b) muslinger baseret på mediankoncentrationer 2012-2023

For naphthalenerne ses de højeste koncentrationer for dimethylnaphthalener i alle matricer. I di- og trimethylnaphthalenerne indgår der flere stoffer i summen. Flest for dimethylnaphthalenerne. For biota ligger koncentrationerne af trimethylnaphthalenerne næsten lige så højt som for dimethylnaphthalenerne. De andre mere vandopløselige aromater, benzen, biphenyl, ethylbenzen, toluen og xylen, bliver målt i punktkilder og enkelte i vandløbsvand, og her er det specielt xylen og toluen, som har de højeste koncentrationer.

I tabel 4.5 og 4.6 ses koncentrationsniveauerne for medier og matricer baseret på medianer for PAHer og aromatiske kulbrinter. For renseanlæg er der kun angivet afløbsværdier. Da der er tale om forskellige matricer, kan data ikke direkte sammenlignes, men tabellen kan give en fornemmelse af koncentrationsniveauerne. For renseanlæg er der dog en vis bias i forhold til resten af tabellen. Dels er der ikke data frem til 2023 (1998-2015) og dels ligger detektionsgrænser for spildevand typisk noget højere sammenlignet med ferskvand.

**Tabel 4.5.** Median koncentrationer for PAHer fordelt på medier og matricer. Tallene kan ikke direkte sammenlignes, da der er tale om måling i forskellige matricer, som kan have forskellige detektionsgrænser. Der forekommer variation i størrelsen af datagrundlaget mellem de forskellige medier. <DG: ingen data over detektionsgrænsen

Matrice	Marint	Vandløb	Sø	MBU fælles- kloak regn- vandsbassin	MBU fælles- kloak	rens anlæg avanceret	Rens anlæg mekanisk
	Musling µg/kg VV	Sediment mg/kg TS	Sediment mg/kg TS	Sediment mg/kg TS	spildevand, afløb µg/l	spildevand, af- løb µg/l	spildevand, af- løb µg/l
1-Methylpyren	0,2	0,006	0,006	0,012	0,020	0,010	0,019
2-Methylphenanthren	1,2	0,007	0,009	0,020	0,026	0,016	<DG
2-Methylpyren	ND	0,022	0,023	0,019	0,021	0,041	<DG
Acenaphthen	1,1	0,006	0,007	0,008	0,019	0,014	0,012
Acenaphthylen	2,6	0,013	0,017	0,018	0,037	0,013	0,017
Antracen	0,3	0,016	0,018	0,022	0,019	0,016	0,014
Benz(a)anthracen	0,9	0,039	0,046	0,047	0,036	0,019	0,014
Benzo(a)fluoren	0,4	0,010	0,016	0,023	0,021	0,014	<DG
Benzo(a)pyren	0,5	0,052	0,054	0,071	0,040	0,017	0,015
Benzo(ghi)perylene	0,6	0,048	0,072	0,110	0,043	0,015	0,051
Benzo(b+j+k)fluranthen	1,5	0,110	0,140	0,200	0,059	0,028	0,017
Benzo(e)pyren	0,9	0,042	0,056	0,097	0,030	0,013	0,022
Crysen/triphenylen	1,3	0,057	0,061	0,150	0,050	0,019	0,012
Dibenzo(a,h)anthracen	0,4	0,014	0,019	0,023	0,020	0,013	<DG
Dibenzothiophen	0,6	0,004	0,006	0,007	0,030	0,051	<DG
2,6-dimethylphenanthren	0,7	0,004	0,009	0,022	0,016	0,016	<DG
Fluoranthren	2,4	0,084	0,100	0,130	0,040	0,019	0,014
Fluoren	0,9	0,005	0,016	0,011	0,015	0,015	0,012
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,6	0,044	glemt	0,073	0,045	0,016	<DG
Perylen	0,6	0,057	0,064	0,026	0,017	0,017	0,019
Phenanthren	2,8	0,032	0,053	0,060	0,028	0,020	0,025

**Tabel 4.6.** Median koncentrationer aromatiske kulbrinter fordelt på medier og matricer. Tallene kan kun delvist sammenlignes, da der er tale om måling i forskellige matricer, som kan have forskellige detektionsgrænser. Der forekommer variation i størrelsen af datagrundlaget mellem de forskellige medier.

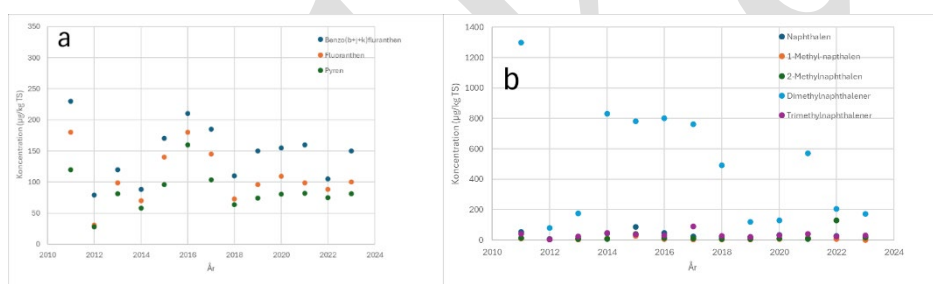
Matrice	Marint	Vandløb	Sø	MBU fælles- kloak regn- vandsbassin	MBU fælles- kloak	rens anlæg avanceret	Rens anlæg mekanisk
	Musling µg/kg VV	Sediment mg/kg TS	Sediment mg/kg TS	Sediment mg/kg TS	spildevand, af- løb µg/l	spildevand, af- løb µg/l	spildevand, af- løb µg/l
Naphthalen	2,514	0,010	0,0250	0,026	0,028	0,032	0,026
1-Methyl-naphthalen	1,022	0,003	0,0051				
2-Methyl-naphthalen	1,326	0,004	0,0080	0,011	0,018	0,04	0,055
Dimethylnaphthalener	3,790	0,043	0,4400	0,37	0,053	0,051	0,084
Trimethylnaphthalener	4,025	0,019	0,0320	0,02	0,022	0,045	0,036
Benzen					0,091	0,0765	0,125
Biphenyl					0,021	0,02	0,0265
Ethylbenzen					0,050	0,063	0,13
Toluen		0,435			0,207	0,1	2,5
Xylen		0,172			0,156	0,16	0,12



For søer er der stor forskel mellem maksimumkoncentrationer og 90%percentil (en faktor 5-10), når data vurderes samlet over hele tidsperioden. Det betyder, at vi har enkelte søer i Danmark med meget høje koncentrationer af PAHer. Den højeste maksimumkoncentration (benzo(b+j+k)fluoranthen) ligger på 19 mg/kg TS, hvor median ligger på 0,14 mg/kg TS og 90%percentile på 0,772 i mg/kg TS.

Tendensmæssigt er PAH koncentrationerne i søsediment nogenlunde konstante gennem årene, baseret på medianer. I figur 4.5a er mediankoncentrationen for tre PAHer afbilledet som funktion af tid, som eksempel. Frem til 2018 er data meget spredte dog med forhøjede værdier for 2015-2017. Efter 2018 ser niveauerne ud til at blive mere stabile. Om denne ændring skyldes valget af stationer eller en forbedret analysekvalitet vides ikke.

For aromater, naphthalener, er billedet lidt anderledes. Dimethylnaphthalener findes i langt højere koncentrationer end resten. Data er generelt meget spredt mellem årene for dimethylnaphthalener, men noget kunne tyde på en tendens til faldende koncentrationer. Det samme billede ses ikke for de andre naphthalener, her er koncentrationerne rimelig konstante gennem årene. Igen dog forhøjede værdier for 2015-2017 sammenlignet med den efterfølgende periode. Der ses det samme billede med få meget forurenede søer. De meget høje koncentrationer ses ved sammenligning af maksimumkoncentration 15 mg/kg TS og median på 0,44, samt 90% percentil på 1,91 mg/kg TS for dimethylnaphthalener. Dette er vist i figur 4.5b.

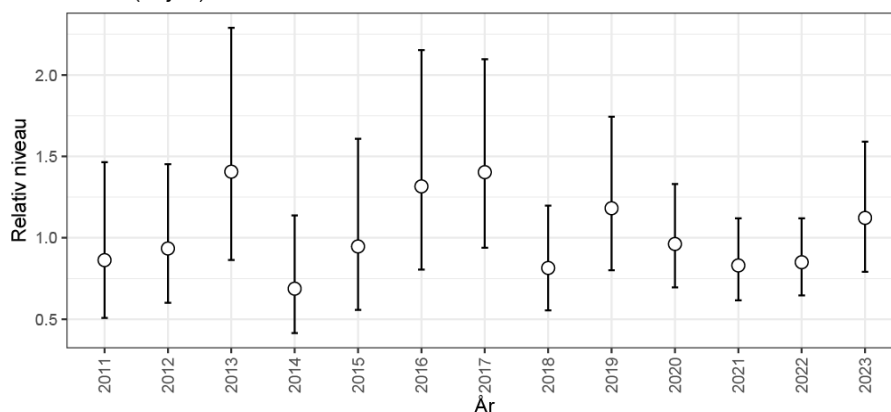


**Figur 4.5.** Medianer af udvalgte PAH og naphthalerne for søsediment.

Der er et temmelig stort datagrundlag for koncentrationerne af PAH i vandløbssediment. Imidlertid er data for de enkelte år mere spredt sammenlignet med søer, og det er sværere umiddelbart at vurdere, om der foreligger en trend. For at håndtere dette blev anvendt samme statistik, som ligger bag MetalStat til at behandle data (Sørensen et al, 2024). Ud fra dette kan det konstateres, at der heller ikke for vandløbssediment ses et fald i koncentrationerne af PAH. Som eksempel vises det relative niveau af benzo(b+j+k)fluoranthen i figur 4.6. Igen ses en stigning omkring 2015-17, som ikke rigtig kan forklares.

Niveauet er generelt lidt lavere i vandløbssediment i forhold til i søsediment, hvilket også er forventet, bl.a. på grund af højere sedimentering samt højere indhold af organisk materiale i søer.

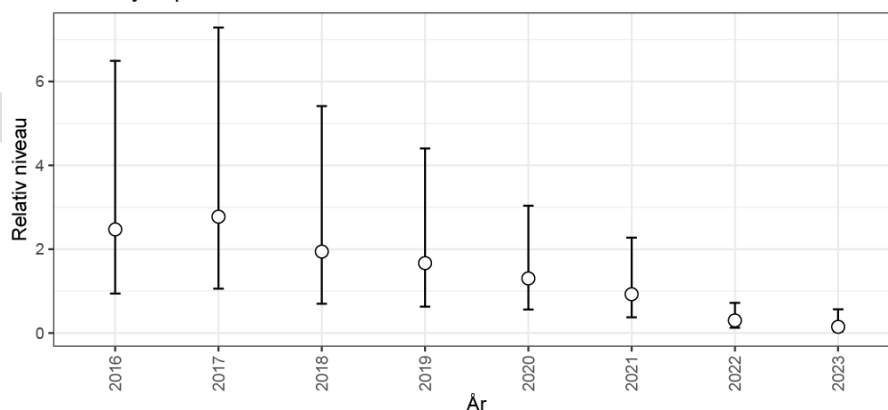
Benzo(b+j+k)fluoranthen – Vandløbssediment



**Figur 4.6.** Viser data for vandløbssediment baseret på statistikken fra metalstat. På y-aksen er data plottet i forhold til en estimeret mediankoncentration for alle data, som sat til 1 og medianen for de enkelte år er angivet relativt i forhold til den.

For naphthalen og methylnaphthalener ses et mindre fald i niveauet i vandløbssediment, men ikke for dimethyl- og trimethylnaphthalener. Dog viser disse tal også stor spredning (se figur 4.7).

2-Methylnaphthalen – Vandløbssediment

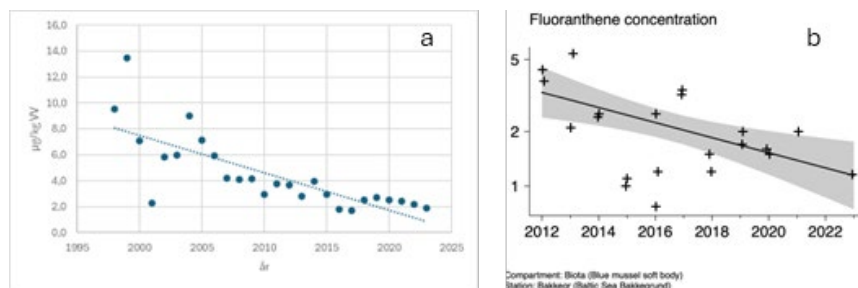


**Figur 4.7.** Viser data for vandløbssediment baseret på statistikken fra metalstat. På y-aksen er data plottet i forhold til en estimeret mediankoncentration for alle data, som sat til 1 og medianen for de enkelte år er angivet relativt i forhold til den.

Der ses ikke en række vandløb som er signifikant højere end hovedparten, som det var tilfældet for søerne. For vandløb ligger maxværdien typisk en faktor 1,1-2 over 90% percentilen, når der sammenlignes inden for samme år. Dog er der i det samlede datasæt 4 stationer, som adskiller sig med markant højere koncentrationer end for resten af vandløbene. Disse stationer er målt i 2021 og 2022, og må betragtes som ret forurenede. Her ligger fluoranthen og benzo(b+j+k)fluoranthen som de højest med værdier omkring 1-6 mg/kg TS.

For muslinger i det marine miljø ses et fald i koncentrationen af både naphthalener og PAHer i perioden 1998-2023. To PAHer, acenaphthen og acenaphthylen, udviser ikke samme trend. For disse to PAHer er koncentrationerne på samme niveau gennem hele perioden. Sammenligner man medianværdier for perioden 1998-2002 med 2018-2023 er koncentrationerne cirka halveret for både PAHer og naphthalener. I figur 4.8 a og b ses trenden for den tidlige udvikling af fluoranthen koncentrationen som eksempel. Figur 4.8a viser

medianer over alle data fordelt på år. På figur 4.8b ses målinger på en enkelt station (Bakkegrund). Da der i det marine program er tre stationer som gentages hver år, er det her muligt at lave en reel tidstrend på enkelt stationsniveau. Her er anvendt analyseværktøjet HARSAT, som er udviklet under OSPAR, HELCOM og AMAP-regi (HARSAT, 2024). For nærmere beskrivelse se afsnit 4.1.



**Figur 4.8.** Tidstrend for fluoranthen i muslinger. a) viser tendens for medianen for samtlige data over årene. b) viser tendensen for en station ved Bornholm, Bakkegrund, baseret på analyseværktøjet HARSAT

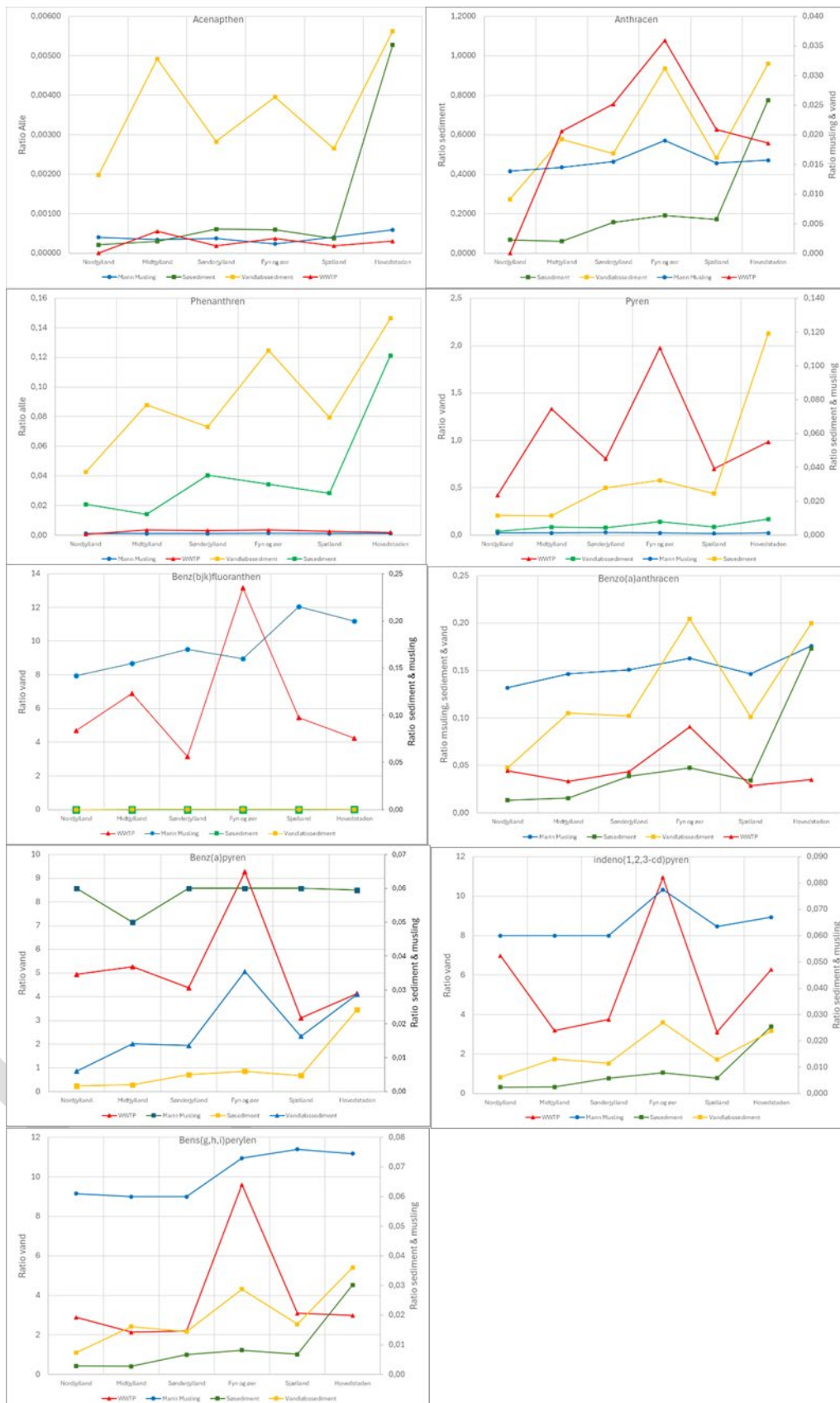
For punktkilder er tidsserierne mere diverse. For renseanlæg er der kun data frem til 2015, og for RBU fælles og separat kloak er der taget ganske få prøver hvert år, desuden er der mange ikke-påviste målinger i datasættet. Det er derfor svært at vurdere om der ses et fald i koncentrationerne eller ej. For målinger af stofkoncentrationer i sediment i regnvandsbassin er der taget to prøver pr år. Der ses ingen ændringer i koncentrationsniveauet.

#### Vurdering af PAHer på tværs af matricer og områder

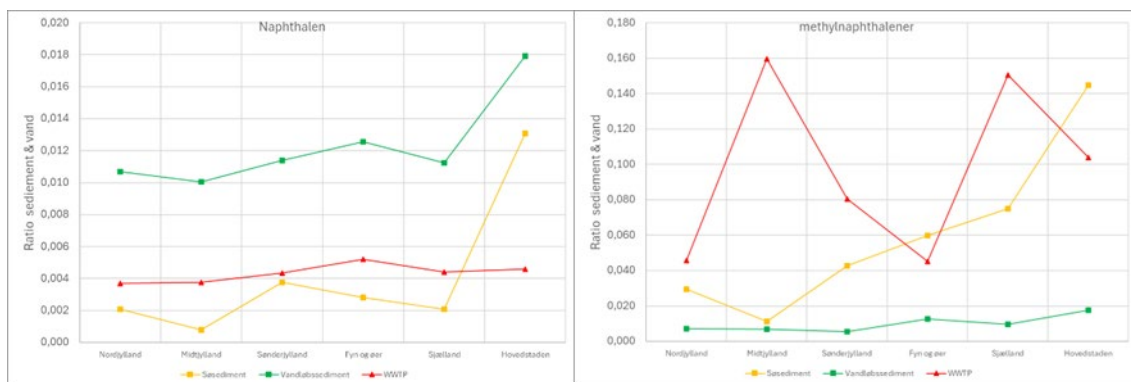
For at kunne sammenligne parametre på tværs matricer og områder med det formål at kunne give en overordnet vurdering af belastningen indenfor de udvalgte stofgrupper, er der beregnet risikokvotienter. Der er beregnet medianer for alle koncentrationsmålinger og sammenlignet med miljøkvalitetskrav og -kriterier for stofferne (se bilag 3). Princippet er beskrevet i det indledende afsnit til dette kapitel.

Da der er taget udgangspunkt i miljøkvalitetskrav og -kriterier kan følgende PAHer evalueres: acenaphthen, anthracen, benzo(ghi)perylen, benzo(a)anthracen, benzo(a)pyren, benzo(b+j+k)fluoranthen, indeno(1,2,3-cd)pyren, phenanthren og pyren. For aromater kan naphthalen og sum af methylnaphthalener evalueres.

For alle matricer er der beregnet medianer som er sammenholdt med miljøkvalitetskrav og -kriterier til beregning af risikokvotienter. I figur 4.9 og 4.10 ses en grafisk fremstilling af de beregnede risikokvotienter. Tabellerne kan findes i bilag 4.



Figur 4.9. Ratio (forureningsindex) af PAH-mediankoncentrationer vs. MKK-værdier for biota, sediment og vandprøver målt i prøver fra marine områder, vandløb, søer og spildevand. Bemærk der er to skalaer for Y-aksen i de tilfælde, hvor der er stor forskel på ratioerne for de forskellige matricer til at de kan afbilledes på en skala. Ratio vand referer til spildevand.



**Figur 4.10.** Ratio (risikokvotienter) af median koncentrationer for naphthalener vs. MKK værdier for biota, sediment og vandprøver målt i prøver fra marine vandløb, søer og spildevand. Musling ikke medtaget, på grund af meget lave risikokvotienter. Ratio vand referer til spildevand.

Risikokvotienter for PAHer og naphthalener er generelt meget lave. De eneste steder der er for enkelte varierende PAHer i spildevand afløb. Til trods for at det generelt vurderes at PAHer stammer fra diffuse kilder er der alligevel forskelle mellem regionerne. For muslinger ses det højeste niveauer i Region Hovedstaden. Dette gælder primært for de lettere PAHer, mens belastningen på de tungere PAHer er mere ensartet for alle områder. For spildevand topper koncentrationen for de fleste PAHer på Fyn og øerne. Man skal dog være lidt forsigtig med at lægge for meget vurdering i renseanlæggene, da der indgår ret få anlæg og datamaterialet derfor ikke er så robust. Koncentrationen for PAHer i søsediment er generelt også højest i region Hovedstaden, mens koncentrationerne målt i vandløb er forholdsvis jævnt fordelt over hele landet, dog med en tendens til at være lidt højere i Hovedstaden. Koncentrationen af naphthalen er igen højere for Region Hovedstaden for målinger fra både søsediment og vandløbssediment. For methylnaphthalener ses der en koncentrationsstigning, når man bevæger sig østpå.

Generelt ses højere belastning i region Hovedstaden, hvilket nok ikke er så overraskende, grundet det højere befolkningsgrundlag med større trafikbelastning og brændeovne.

### Opsummering

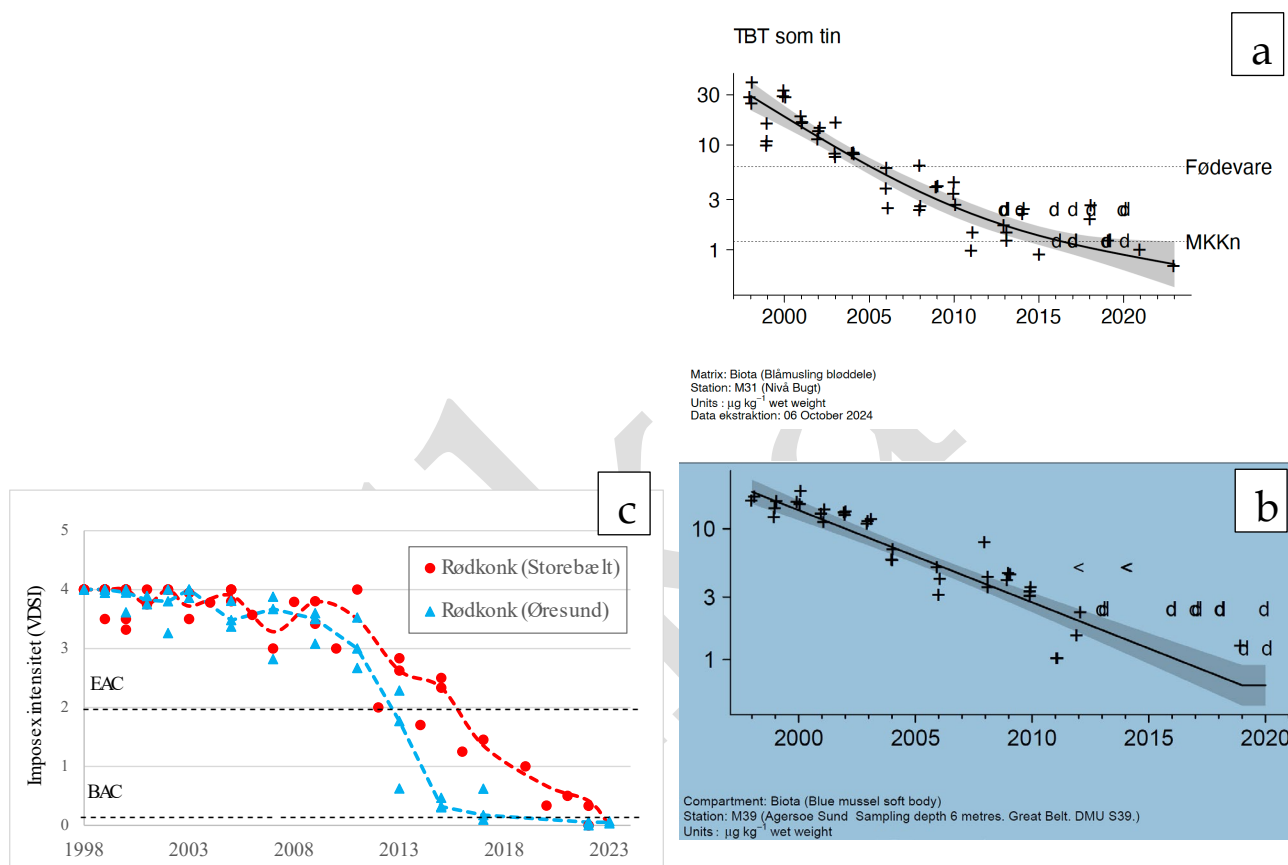
Skal der samlet konkluderes på data for PAH under NOVANA programmet, så holder koncentrationerne sig rimeligt stabile gennem årene uden faldende eller stigelede tendenser for de fleste medier. Konklusionen på dette er, at PAH nok mest stammer fra diffuse pyrogene kilder. Koncentrationerne er dog generelt lave.

En undtagelse er dog marine muslinger. Her ses klart et fald gennem årene, og samtidig viser indholdet af målte PAH, at muslinger muligvis er belastet af en anden forureningssammensætning med større bidrag fra olieholdige kilder (petrogene).

### 4.3 Organotin forbindelser

Jakob Strand

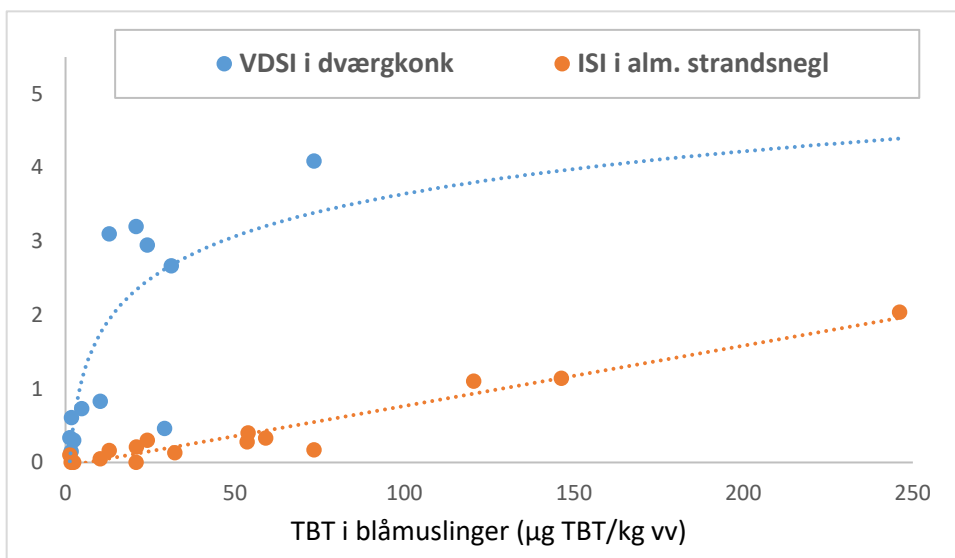
Den tidlige udvikling af organotin forbindelser viser at indholdet i muslinger er faldet markant efter forbuddet mod TBT i bundmalinger trådte i kraft i 2003 og at nedadgående tendenser er fortsat i perioden efter 2008. Tilsvarende er der sket et markant fald i forekomsten af imposex i havsnegle i både kystnære om åbne farvande. I Rødkonk har faldet først været markant efter 2008, hvilket også kan hænge sammen med at disse snegle ofte kan være mere end 5 år gamle når de undersøges. I Figur 4.11 er tidstrends for TBT i blåmuslinger og havsnegle vist for målinger fra Øresund og Storebælt.



**Figur 4.11.** Tidstrends for indholdet af TBT i blåmuslinger fra to stationer i a) Øresund og b) Storebælt og c) forekomst af TBT inducerede effekter i form af imposex i havsneglen rødkonk indsamlet i Storebælt og Øresund. Bemærk TBT koncentrationerne som tin, dvs. kvalitetskravene er divideret med 2,44.

Undersøgelser af TBT og effekter i kystnære havsnegle i danske havneområder: I 2020 og 2022 blev der indsamlet dværgkonk (*Nassius reticulata/nitida*) og almindelig strandsnegl (*Littorina littorea*) fra en række danske havne og marinaer på Sjælland, Fyn og i Jylland for at undersøge forekomsten af imposex og intersex, som tegn på hormonforstyrrelser forårsaget af tributyltin (TBT). Samtidigt blev der indsamlet blåmuslinger til analyse for indholdet af TBT fra disse havneområder.

Undersøgelserne viste, at imposex i dværgkonk og intersex i almindelig strandsnegl stadigvæk forekommer i en række danske havne, og at der er en tydelig sammenhæng til de målte niveauer af TBT (figur 4.12). De højeste niveauer af TBT og TBT-effekter blev fundet i Nordhavn fiskerihavn på Sjælland.



**Figur 4.12.** Sammenhæng mellem forekomsten af imposex (målt som VDSI) og intersex (målt som ISI) i to arter af havsnegle (hvv. dværgkonk og almindelig strandsnegl) ind-samlet i havneområder sammenholdt med indholdet af TBT i blåmuslinger i 2020 og 2022.

For ferskvand ses ikke det samme kraftige fald, som for det marine miljø ved gennemgang af data. Imidlertid starter tidserierne i søer og vandløb reelt set først omkring 2012 og på det tidspunkt er der allerede sket en kraftig reduktion i organotin i miljøet baseret på målingerne i det marine miljø. Koncentrationerne af organotin i ferskvand er dog generelt lave og under MKK.

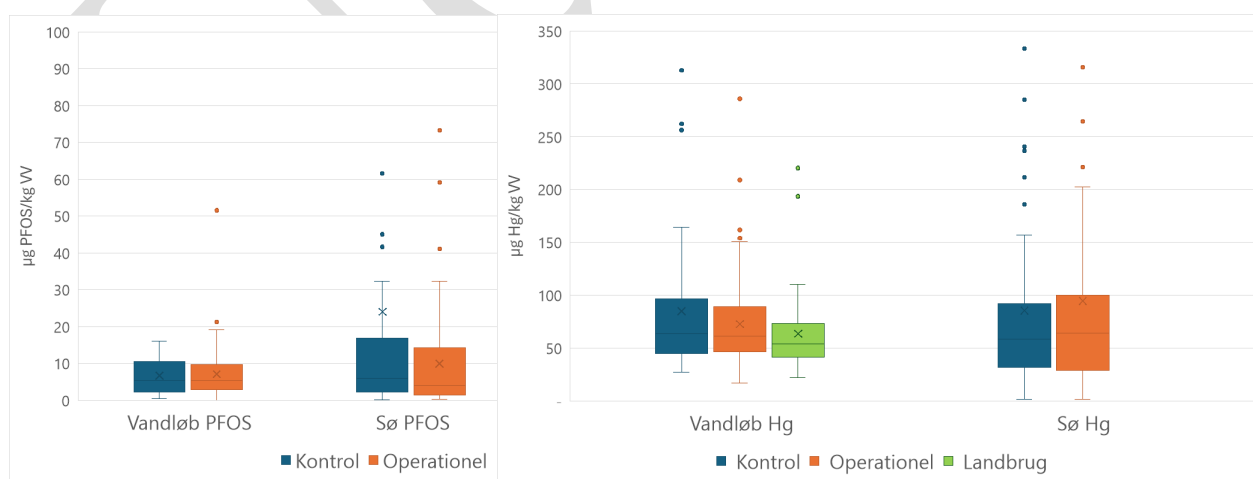
## 5 Temaafsnit. Operationelle vandløbsstationer.

Martin Mørk Larsen

NOVANA overvågningen opererer med forskellige typer af overvågningsstationer, kontrol stationer der skal give et billede af et vandområdes generelle tilstand ved at sikre, at lange tidsserier fortsættes til dokumentation af effekter på miljøet, herunder klimaforandringerne, og operationelle stationer, som skal beskrive den økologiske og kemiske tilstand i ferskvand, fjorde og kystvande, hvor der ifølge vandrammedirektivet er risiko for manglende målopfyldelse, eller hvor der mangler datagrundlag til vurdering af miljømål og -tilstand (MST, 2023a)

I dette kapitel er der taget udgangspunkt i biotaprøver i vandløbsprogrammet. For vandløb er der to typer operationel overvågning i grundprogrammet, et specifikt for landbrugsoplande, hvor der kun måles for kviksølv i fiskemuskel, og et mere generelt, hvor der måles kviksølv og perfluorede stoffer (PFAS). I fisk i kontrolovervågningsprogrammet analyseres herudover også for dioxiner og dioxin-lignende PCBer. Som supplement til den operationelle overvågning har der kørt forskellige supplerende programmer igennem de sidste 6 år med fokus på PFAS, rottemidler samt data til at understøtte en videre udvikling af modelværktøjet, MetalStat for vandløbsindhold af miljøfarlige forurenende stoffer.

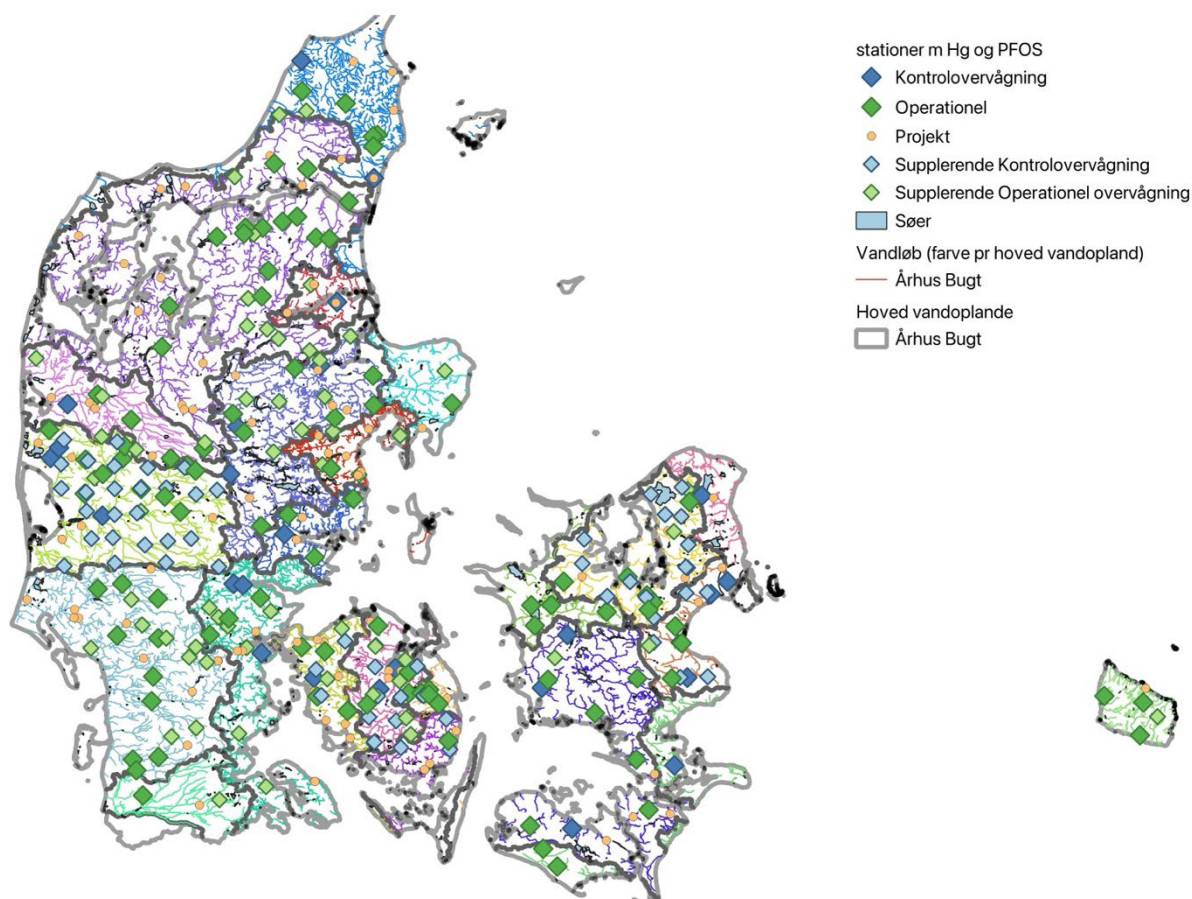
De to parametre, der stort set altid findes over detektionsgrænsen, er kviksølv og PFOS. Samles disse indenfor det ordinære NOVANA program for 2018-2023 fås box-plots som vist i figur 5.1. Landbrugsoplande måles kun for kviksølv, så denne type er kun med her. Bemærk at begge figurer er afskåret, så enkelte målinger over 100 og 400  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ikke er vist for søer (en prøve for to stationer, en fra kontrol (908  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) og en fra operationel (1166  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) for PFOS, samt en for kontrolstation for kviksølv (450  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )).



**Figur 5.1.** Oversigt for PFOS og kviksølv (Hg) i forhold til alle data vs. overvågningskategori. Der er ingen indikation om, at operationelle prøver generelt har et højere niveau end kontrol stationer, som forventet hvis de er baseret på potentielle punktkilder. For kviksølv er der dog en tydelig indikation af at landbrugsoplande generelt er mindre forurenede end områderne udtaget til kontrol og operationel overvågning, hvilket er som forventet.



Data fra alle prøver i VanDa/Miljøportalens 377 stationer fra 2003 til 2023 blev gennemgået for kviksølv og PFOS, som modelstoffer for anvendelsen af operationel/kontrol tilgangen. Hvert resultat blev tilknyttet en kategori: Kontrol og Operationel for stationer der indgik i det ordinære program. Herudover har der været kørt flere runder af supplerende analyser for kontrol og operationelle stationer, et metal og pesticid program (M&P) for understøttelse af MetalStat modellering, samt andre projekter.



**Figur 5.2.** Oversigt over de forskellige typer af målte prøver: Kontrol, operationelle og tilhørende supplerende kontrol og operationelle prøver samt projektp prøver fra forskellige projektyper. Bemærk de supplerende kontrolprøver i Ringkøbing Fjord oplandet og Roskilde/Isefjord oplandet, som tester et nyt koncept for stationsplanlægningen. Vandløbene i de enkelte oplande har forskellige farver for nemmere at følge hvilke prøver der hører til de enkelte oplande.

De supplerende kontrolprøver er en del af starten på et nyt koncept, hvor der udtages prøver i et net udlagt over hele landet, med det formål at få et billede på den generelle tilstand, i 2022 og 2023 fokuseret på Østjylland og Sjælland (figur 5.2). De operationelle stationer er typisk lagt ud fra placering af renseanlæg, regnbetingede udløb, punktkilder (fx industri og dambrug) og landbrugsoplande, og projektp prøverne inkluderer både generelle projekter, herunder metal og pesticidprojektet (M&P) i 2022-2023 som indeholdt 250 stationer til at skabe datagrundlag til MetalStat projektet. MetalStat har til formål at skabe en model over vandløbskoncentrationer af miljøfarlige forurenende stoffer i hele Danmark (Sørensen et al, 2024)).

Koncentrationsniveauerne for kontrol og operationelle stationer for 2003 til 2023 er vist i tabel 5.1 For PFOS er der kun en prøve fra de supplerende operationelle stationer, så den er ikke medtaget. For de øvrige prøver er der meget

lille forskel mellem medianen og maksimumkoncentrationer, hvilket indikerer at der generelt ikke er stor forskel på PFOS-koncentrationer i vandløbsfisk. For kviksølv er variationen noget højere for kontrolprøverne (K), en faktor 9 mellem højeste og laveste værdier, og de operationelle (O) prøver ser ud til at være på ca. samme niveauer som kontrolprøverne, hvorimod de supplerende kontrolstationer (sK) og supplerende operationelle har lavere median og maksimum koncentrationer.

**Tabel 5.1.** Oversigt over resultater fra kontrol og operationel overvågning af PFOS og kviksølv

µg/kg VV	PFOS Kontrol	PFOS Operationel	PFOS supp. Operationel	Hg Kontrol	Hg Supp. Kontrol	Hg Operationel	Hg supp. Operationel
n	12	25	31	52	61	96	29
Median	22	23	22	63	51	57	48
90% fraktil	24	24	24	94	121	99	80
max	24	26	26	475	275	400	129

Ved en yderligere inddeling i vandløbssystemer er det opgjort hvordan forholdet mellem operationelle og kontrolstationerne hænger sammen (figur 5.3 for kviksølv, 5.4 for PFOS).  $\Sigma O$  angiver den højeste værdi af middelværdien af operationelle eller supplerende operationelle stationer for hvert vandløb. Det skal bemærkes, at de operationelle stationer i princippet er tilknyttet en potentiel forureningskilde, men det er ikke sikkert den kilde bidrager med kviksølv og PFOS specifikt. Ofte er kontrolstationerne nedstrøms, da de skal give et overblik over hele vandsystemet, og dermed kan flere operationelle stationer bidrage til de koncentrationer ved kontrolstationerne, eller være fortyndet hvis de kommer i mindre grene af vandløbssystemerne.

**Figur 5.3.** Middelt kviksølv ratioer for operationelle og supplerende operationelle prøver versus kontrolprøver ( $\Sigma O/K$ ) og ditto versus supplerende kontrolprøver ( $\Sigma O/sK$ ) samt projektp prøver versus den højeste middelværdi af alle kontrol og operationelle prøver. Værdier  $>1$  indikerer at de operationelle prøver har højere koncentrationer end kontrolprøverne, og projektp prøver (gule)  $>1$  viser at der er fundet højere middelmiddelværdier i projektet end de eksisterende operationelle og kontrol stationer af alle slags for vandløbssystemet.

Der er ikke målt PFOS som supplerende kontrolprøver (bortset fra en gang), så der er væsentligt færre vandløb med mulighed for sammenligning. Samtidig er variationen mellem kontrol og operationel meget lille, indenfor  $\pm 15\%$ .

De gennemsnitlige PFOS-koncentrationer varierer ikke meget igennem vandløbene som beskrevet for Hg ovenfor, men alligevel er der en overvægt af operationelle stationer, som er højere end kontrolstationerne, dog igen for relativt få vandløb (tabel 5.2). Projektprøverne er ligeledes generelt højere end kontrol- og operationelle prøver, men indenfor endnu snævrere grænser. For kviksølv ses der en mindre andel af operationelle prøver som har højere koncentrationer end kontrolstationerne, indenfor en faktor 0,4 til 1,4. De supplerende kontrolprøver viser dog større forskelle i forhold til de operationelle med op til en faktor 4 højere for de operationelle prøver. For projektprøverne (P) er der lige mange over som under kontrol og operationelle prøver ( $\sum KO$ , læses som maksimum af Kontrol og Operationelle prøver), og forskellen varierer mellem 0,5 og 2,3 gange. Så selvom der er større span for kviksølv er der ikke nogen indikation af, at de operationelle stationer har højere koncentrationer generelt end kontrolstationerne.

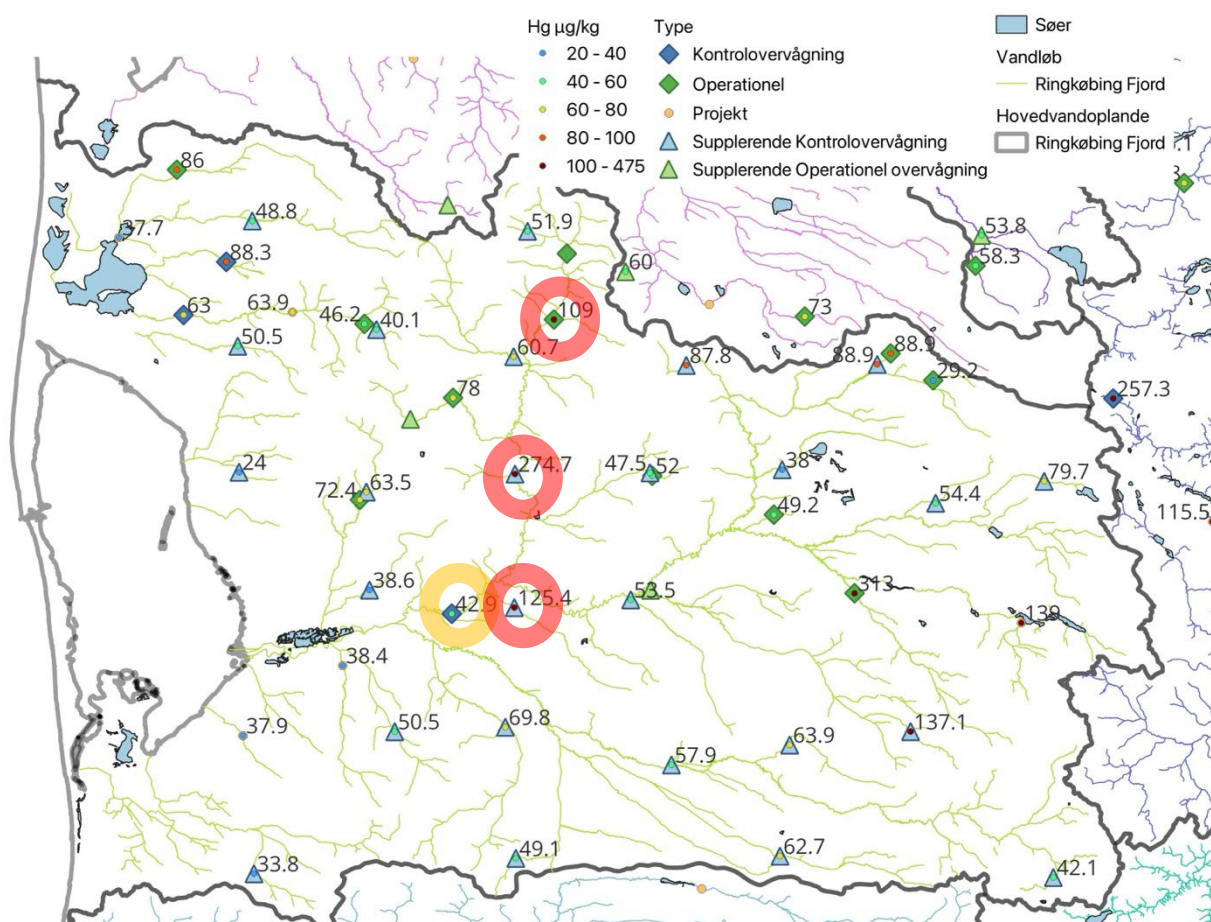
**Tabel 5.2.** Ratio for vandløbs operationelle (O) koncentrationer til Kontrol (K) stationer eller supplerende kontrol stationer (sK)

Ratio pr. vandløb	PFOS $\sum O/k$	PFOS $P/\sum KO$	Hg $\sum O/K$	Hg $\sum O/sK$	Hg $P/\sum KO$
n	5	15	12	12	20
>1	3	10	2	8	10
<1	2	5	10	4	10
Min ratio	0,97	0,91	0,40	0,53	0,53
Max ratio	1,15	1,10	1,37	4,30	2,29

**Figur 5.3.** Middel PFOS ratioer for operationelle og supplerende operationelle prøver versus kontrolprøver ( $\sum O/K$ ) og projektprøver versus den højeste middelværdi af alle kontrol og operationelle prøver. Værdier >1 indikerer at de operationelle prøver har højere koncentrationer end kontrolprøverne (blå). For projektprøver (gule) viser >1, at der er fundet højere koncentrationer sammenlignet med de eksisterende operationelle og kontrolstationer af begge slags.

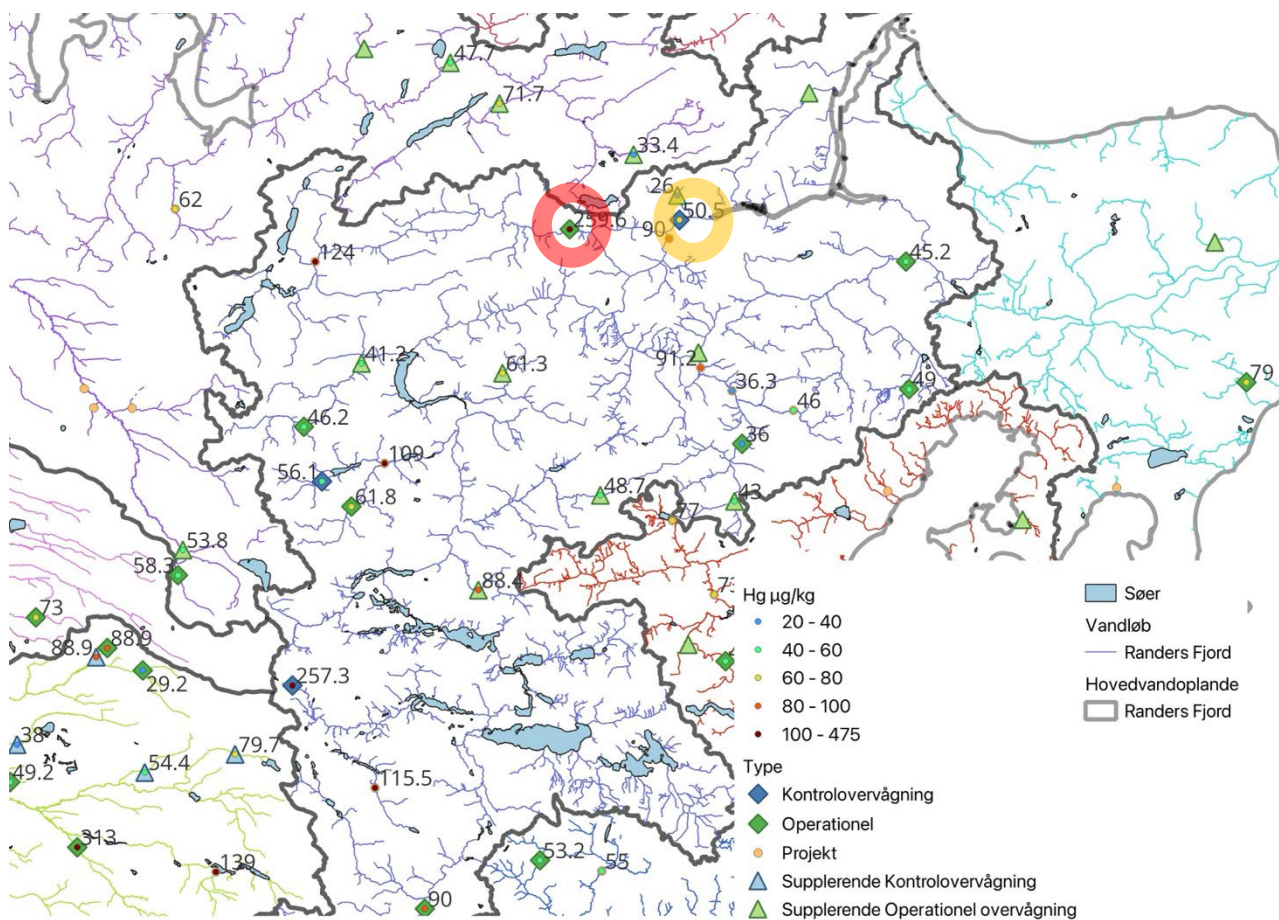
En anden indgangsvinkel til vurderingen er at se på udvalgte vandløbssystemer, især for hovedoplandet til Ringkøbing Fjord, hvor der er 52 prøver fra hele perioden (figur 5.4), især supplerende kontrolprøver, samt Gudenåen, hvor der er 26 prøver (figur 5.5).

For Ringkøbing og specifikt Skjernå systemet ses koncentrationer for kviksølv inde i landet på 275 og 313  $\mu\text{g}/\text{kg}$  VV, med 125  $\mu\text{g}/\text{kg}$  VV tæt på kontrolstationen (markeret med orange cirkel) lige før Skænkens sø. Noget af dette kan dog skyldes at målingerne er foretaget i forskellige arter og ikke kun fortynding igennem vandløbet. Nogle af de supplerende kontrolstationer virker i dette tilfælde som valgt ud fra mere operationel tilgang, og mange af de operationelle stationer med lave koncentrationer er landbrugsoplandsstationer, som ikke forventes at have stærkt øgede kviksølv koncentrationer.



**Figur 5.4.** Kviksølv koncentrationer i Ringkøbing Fjord oplandet. Bemærk flere høje supplerende kontrol og operationelle inde i landet og midt i området (røde cirkler) men stadig lave koncentrationer ved kontrolstationen i Skjern Å (angivet med orange cirkel) ret tæt på en supplerende kontrolovervågningsstation lige opstrøms (125,4  $\mu\text{g}/\text{kg}$  VV).

For Gudenå systemet ses koncentrationer inde i landet på 260  $\mu\text{g}/\text{kg}$  i Nørreå lige før sammenløbet med Gudenå, og 90  $\mu\text{g}/\text{kg}$  umiddelbart før kontrolstationen på 50  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , med 125  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tæt på kontrolstationen lige før Skænkens sø. Noget af dette kan dog skyldes at målingerne er foretaget i forskellige arter og ikke kun fortynding igennem vandløbet. Som for Skjern Å er nogle af de supplerende kontrolstationer også i dette tilfælde valgt ud fra mere operationel tilgang, og mange af de lave operationelle stationer er landbrugsoplandsstationer, som ikke forventes at have stærkt øgede kviksølv koncentrationer. Længere inde i landet ses også flere operationelle stationer med forhøjede koncentrationer, men generelt er niveauet omkring 40-60  $\mu\text{g}/\text{kg}$  på de fleste stationer.



**Figur 5.5.** Kviksølv koncentrationer i Randers Fjord oplandet. Bemærk høje koncentrationer oppe i Nørreå (260 µg/kg markeret med rød cirkel) lige før sammenløbet med Gudenå og kontrol stationer (markeret med orange).

På baggrund af data, kan det konstateres at udvælgelsen af kontrol- og operationelle stationer ikke giver noget entydigt billede af højere koncentrationer på operationelle stationer. Fra 2018 er udvælgelsen af operationelle stationer kvalificeret med potentielle kilder til forurening (rensaneanlæg, RBU, punktkilde mv), hvilket kan bruges i tolkningen af resultaterne, men med et fast måleprogram for fisk, hvor der kun måles for kviksølv og PFAS de fleste steder, er det ikke sikkert, at disse måleparametre kan forventes at være forhøjede i forhold til udvælgelseskriteriet. De supplerende kontrolprøver kan være anvendt, fordi kun kontrolprøver inkluderer dioxiner og dioxin-lignende PCB'er, så det i virkeligheden er analysepakken og ikke overvejelser om potentielle kilder til forurening er grundlaget for at de er kørt som kontrolprøver.

Et mere differentieret måleprogram efter hvilke kilder, der forventes, kan øge mulighederne for at se om de operationelle stationer faktisk er påvirkede, men det kræver samtidig at kontrolprøverne i samme vandløbssystemer også måles for disse differentierede parametre. Der skal dog tages det forbehold at ovenstående gennemgang kun er foretaget på biota prøver, og det er muligt at billedet ville være anderledes, hvis vand og sedimentprøver var blevet inddraget.

## 6 Referencer

Alber, C.N. (2024): Diffus grundvandsforurening med trifluoreddikesyre (TFA). Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Rapport 2024/4

Bak, J. & Larsen, M.M. (2014) Baggrunds niveau for barium, zink, kobber, nikkel og vanadium i fersk- og havvand. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 11 s.

Boutrup, S., Holm, A.G., Bjerring, R., Johansson, L.S., Strand, J., Thorling, L., Brusch, W., Ernstsen, V., Ellermann, T. & Bossi, R. (2015) Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandmiljøet. Tilstand og udvikling 2004-2012. Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 142, 241 s.

Boutrup, S., Kjær, C., Johansson, L.S., Larsen, M.M., Poulsen, M.B., Bossi, R., Christensen, M.R. & Frank-Gopolos, T. 2021 Miljøfarlige forurenende stoffer i vandmiljøet. NOVANA. Tilstand og udvikling 2008-2019. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 288 s. - Videnskabelig rapport nr. 466 <https://dce2.au.dk/pub/SR466.pdf>

Bundschuh, M., Goedkoop, W. & Kreuger, J. (2014) Evaluation of pesticide monitoring strategies in agricultural streams based on the Toxic Unit concept - Experiences from long-term measurements. Science of the Total Environment 484: 84-91.

Eckhardt, E., Breivik, K., Manø, S. and Stohll, A. 2007. Record high peaks in PCB concentrations in the Arctic due to long-range transport after biomass burning. Atmospheric Chemistry and Physics 7(17):4527-4536

EU 2006: KOMMISSIONENS FORORDNING (EF) Nr. 1881/2006 af 19. december 2006 om fastsættelse af grænseværdier for bestemte forurenende stoffer i fødevarer, L 364 Den Europæiske Unions Tidende, 20.12.2006.

EU 2008: DIRECTIVE 2008/105/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council.

EU 2011: KOMMISSIONENS FORORDNING (EU) Nr. 1259/2011 af 2. december 2011 om ændring af forordning (EF) nr. 1881/2006 for så vidt angår grænseværdier for dioxiner, dioxinlignende PCB'er og ikke-dioxinlignende PCB'er i fødevarer. L 320/18 Den Europæiske Unions Tidende 3.12.2011.

EU 2012. EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS FORORDNING (EU) Nr. 528/2012 af 22. maj 2012 om tilgængeliggørelse på markedet og anvendelse af biocidholdige produkter

EU 2013: EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2013/39/EU af 12. august 2013 om ændring af direktiv 2000/60/EF og 2008/105/EF for så vidt angår prioriterede stoffer inden for vandpolitikken. Den Europæiske Unions Tidende L 226/1, 23.8.2013.

EU (2014) Technical Report - 2014 - 083. COMMON IMPLEMENTATION STRATEGY FOR THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE (2000/60/EC) Guidance Document No. 32. ON BIOTA MONITORING (THE IMPLEMENTATION OF EQSBIOTA) UNDER THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE

EU 2019. EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS FORORDNING (EU) 2019/1021 af 20. juni 2019 om persistente organiske miljøgifte. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019R1021>

EU 2022a. EU KOMMISSIONEN 2022/1307 af 22. juli 2022. Afgørelse om oprettelse af en observationsliste over stoffer med henblik på EU-dækkende overvågning inden for vandpolitikken i henhold til Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2008/105/EF.

EU 2022b. KOMMISSIONENS FORORDNING (EU) 2022/2388 af 7. december 2022. om ændring af forordning (EF) nr. 1881/2006 for så vidt angår grænseværdier for perfluoralkylstoffer i visse fødevarer. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R2388>

Davies, I. M., & Vethaak, D. (2012). Integrated marine environmental monitoring of chemicals and their effects. ICES cooperative research report Nr. 315.

HARSAT (2024): Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Helsinki Commission (HELCOM), OSPAR Commission (OSPAR), International Council for the Exploration of the Sea (ICES), AmbieSense Ltd (2024). harsat: Harmonized Regional Seas Assessment Tool. R package version 1.0.2, <https://osparcomm.github.io/HARSAT/>, <https://github.com/osparcomm/HARSAT>.

HELCOM 2023: TBT and imposex. <https://indicators.helcom.fi/indicator/tbt-and-imposex/> <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/tbt-shellfish/>

HELCOM, 2018. Inputs of hazardous substances to the Baltic Sea. Baltic Sea Environment Proceedings No. 162. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP162.pdf>

Larsen, M.M. & Strand, J. 2018. Værktøj til håndtering og behandling af data for miljøfarlige forurenende stoffer. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 42 s. - Teknisk rapport nr. 127. <http://dce2.au.dk/pub/TR127.pdf>

Larsen, M.M. & Bossi, R. 2021. Omregning af indhold af PFAS mellem lever og muskel i fisk. Under udarbejdelse (Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 44 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 199)

Larsen, M.M., Strand, J., Tairova, Z. & Göke, C. 2023. Vurdering af tilstanden i danske havområder for Havstrategi D8. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 85 s. - Teknisk rapport nr. 286 [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske\\_rapporter\\_250-299/TR286.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske_rapporter_250-299/TR286.pdf)

Larsen M.M. & Vorkamp, K. 2023. Omregning af indhold af HBCDD mellem fiskemuskel og hele fisk. Aarhus Universitet DCE- Nationelt center for miljø

og energi. 53 sider. Teknisk rapport nr 280. [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske\\_rapporter\\_250-299/TR280.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske_rapporter_250-299/TR280.pdf)

Larsen, M.M., Bossi, R., & Vorkamp, K. (2024). PFAS overvågning i det danske marine miljø. *Vand & Jord*, 31(2).

Hansen, A.B. and Lassen, P. 2008. Screening of phenolic substances in the Nordic environments, *TemaNord* 2008:530, Nordic Council, [www.norden.org](http://www.norden.org)

Martínez-Gómez, C., Bignell, J., & Lowe, D. (2015). Lysosomal membrane stability in mussels. In *ICES Techniques in Marine Environmental Sciences*. No. 56. 41 pp. (Vol. 56, Issue 56).

Miljøministeriet 2023a: Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand. Bekendtgørelse nr. 796 af 17. juni 2023.

Miljøministeriet 2023b: Bekendtgørelse om overvågning af overfladevandets, grundvandets og beskyttede områders tilstand og om naturovervågning af internationale naturbeskyttelsesområder. Bekendtgørelse nr 792 af 13. juni 2023.

Miljø- og Fødevarerministeriet 2021: Lov om vandplanlægning. Lov nr. 126 af 26. januar 2017.

Miljø- og Fødevarerministeriet 2018: Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål. Bekendtgørelse nr. 1001 af 27. juni 2018.

Miljø- og Ligestillingsministeriet 2023c. Bekendtgørelse om skaldyrvande. BEK nr. 794 af 13/06/2023.

Miljø- og ligestillingsministeriet 2024. Bekendtgørelse om spildevands-tilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 41. BEK nr. 532 af 27/05/2024.

OSPAR 2005: 2005 Assessment of data collected under the Co-ordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP). OSPAR Commission. – Assessment and Monitoring Series, Publication Number 2005/235, 115 pp. <http://www.ospar.org/documents?v=7017>.

OSPAR. (2007). JAMP Guidelines for General Biological Effects Monitoring (OSPAR Agreement 1997-7). Technical annexes revised – 2007. Technical annex 6 revised in 2013.

OSPAR 2009: CEMP assessment report: 2008/2009. Assessment of trends and concentrations of selected hazardous substances in sediments and biota. Monitoring and Assessment Series, Publication Number 390/2009, 78 pp. [http://qsr2010.ospar.org/media/assessments/p00390\\_2009\\_CEMP\\_assessment\\_report.pdf](http://qsr2010.ospar.org/media/assessments/p00390_2009_CEMP_assessment_report.pdf).

OSPAR 2013. Background document and technical annexes for biological effects monitoring, Update 2013. Monitoring and Assessment Series. Publication number: 589/2013.



OSPAR 2019: The OSPAR List of Chemicals for Priority Action. Suggestions for future actions <https://www.ospar.org/documents?v=40953>

OSPAR 2021a: Updated audit trail of OSPAR Environmental Assessment Criteria (EAC) and other assessment criteria used to distinguish above and below thresholds, Hazardous Substances and eutrophication series 798. <https://www.ospar.org/documents?v=46271>

OSPAR 2021b: Background document on Background Assessment Concentrations (BAC) for Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDE) in fish and shellfish, Hazardous Substances and eutrophication series 796. <https://www.ospar.org/documents?v=46274>

OSPAR 2023: Status and Trends in the Levels of ImPOSEX in Marine Gastropods (TBT in Shellfish)

Rasmussen, J.J., Wiberg-Larsen, P., Baattrup-Pedersen, A., Cedergreen, N., McKnight, U.S., Kreuger, J., Jacobsen, D. & Friberg, N. (2015) The legacy of pesticide pollution: An overlooked factor of current risk assessments of freshwater systems. *Water Research* 84: 25-32.

Sørensen, P.B., Damgaard, C.F., Bak, J.L., Andersen, H.E., Voutchkova, D., Thorling, L., Bjerg, P.L., Holm, P.E. 2024. Videreudvikling og klargøring af MetalStat for landsdækkende beregninger. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 68 s. - Videnskabelig rapport nr. 606

Tairova, Z., & Strand, J. (2021). Status for biological effect indicators monitored in Danish marine ecosystems. November, 34. [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater\\_2021/N2021\\_59.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2021/N2021_59.pdf)

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rolighed, J., Kjær, C., Larsen, S.E., Ovesen, N.B. & Blicher-Mathiesen, G. 2023. Vandløb 2021. -Kemisk vandkvalitet, stoftransport og miljøfarlige forurenende stoffer. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 90 s. - Videnskabelig rapport nr. 527 <http://dce2.au.dk/pub/SR527.pdf>

Tibon, J., Gomez-Delgado, A.I., Agüera, A., Strohmeier, T., Silva, M.S., Lundebye, A.-K., Larsen, M.M., Sloth, J.J., Amlund, H., & Sele, V. 2023. Arsenic speciation in low-trophic marine food chain - An arsenic exposure study on microalgae (*Diacronema lutheri*) and blue mussels (*Mytilus edulis* L.). *Environmental Pollution*, 334, 122176.

Van den berg et al. 2006: The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds. *ToxSci Advance Access*, 7 July 2006. [tef\\_values r.xls \(who.int\)](#)

Vollertsen, J., Bester, K., Rudelle, E.A., Bollmann, U., Minelgaite, G., Stephansen, D.A., Nielsen, A.H. & Pedersen, M.L., 2017: Biocider i urbane småsøer. Miljøstyrelsen 2017.

Wiberg-Larsen, P. & Rasmussen, J.J. 2017: Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandløb: sediment og biota. Teknisk anvisning V20, version 2

## Bilag 1 Oversigt over miljøfarlige forurenende stoffer målt i det nuværende NOVANA program

### Metaller

parameter	CAS-nr.	Marint		Søer		Vandløb	
		Muslinger	Fisk	Sediment	Fisk	Vand	Fisk
Aluminium (Al)	7429-90-5			x			
Antimon (Sb)	7440-36-0						
Arsen (As)	7440-38-2	x		x		x	
Barium (Ba)	7440-39-3					x	
Bly (Pb)	7439-92-1	x		x		x	
Bor (B)	7440-42-8						
Cadmium (Cd)	7440-43-9	x		x		x	
Krom (Cr)	7440-47-3	x		x		x	
Kobber (Cu)	7440-50-8	x		x		x	
Kviksølv (Hg)	7439-97-6		x		x		x
Lithium (Li)	7439-93-2						
Molybdæn (Mo)	7439-98-7						
Nikkel (Ni)	7440-02-0	x		x		x	
Selen (Se)	7782-49-2						
Sølv (Ag)	7440-22-4	x					
Tin (Sn)	7440-31-5						
Vanadium (V)	7440-62-2			x		x	
Zink (Zn)	7440-66-6	x		x		x	

parameter	CAS-nr.	Punktkilde			
		Renseanlæg	RBU fælles kloak	RBU separat kloak	RBU sediment
Aluminium (Al)	7429-90-5	x	x	x	x
Antimon (Sb)	7440-36-0	x	x	x	
Arsen (As)	7440-38-2	x	x	x	x
Barium (Ba)	7440-39-3	x	x		
Bly (Pb)	7439-92-1	x	x	x	x
Bor (B)	7440-42-8	x	x	x	
Cadmium (Cd)	7440-43-9	x	x	x	x
Krom (Cr)	7440-47-3	x	x	x	x
Kobber (Cu)	7440-50-8	x	x	x	x
Kviksølv (Hg)	7439-97-6	x	x	x	x
Lithium (Li)	7439-93-2				x
Molybdæn (Mo)	7439-98-7	x	x		
Nikkel (Ni)	7440-02-0	x	x	x	x
Selen (Se)	7782-49-2	x	x	x	
Sølv (Ag)	7440-22-4				
Tin (Sn)	7440-31-5	x	x	x	
Vanadium (V)	7440-62-2	x	x		
Zink (Zn)	7440-66-6	x	x	x	x

## PAHer

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb	Punktkilde	
		Muslinger	Sediment	Sediment	RBU separat kloak	RBU sediment
Acenaphthen	83-32-9	x	x	x		x
Acenaphthylene	208-96-8	x	x	x		x
Anthracen	120-12-7	x	x	x		x
Benzo(a)anthracen	56-55-3	x	x	x	x	x
Benzo(a)fluoren	238-84-6	x	x	x		x
Benzo(a)pyren	50-32-8	x	x	x	x	x
Benzo(e)pyren	192-97-2	x	x	x	x	x
Benzo(ghi)perylene	191-24-2	x	x	x	x	x
Benzo(b+j+k)fluoranthener	205-99-2/205-82-3 /207-08-9	x	x	x	x	x
Chrysen/triphenylen	218-01-9/ 217-59-4	x	x	x	x	x
Dibenzo(a,h)anthracen	53-70-3	x	x	x		x
Dibenzothiophen	132-65-0	x	x	x		x
3,6-dimethylphenanthren	1576-67-6	x	x	x		x
Fluoranthren	206-44-0	x	x	x	x	x
Fluoren	86-73-7	x	x	x		x
Indeno(1,2,3-cd)pyren	193-39-5	x	x	x	x	x
2-methylphenanthren	2531-84-2	x	x	x		x
1-methylpyren	2381-21-7	x	x	x		x
2-methylpyren	3442-78-2		x	x		x
Perylen	198-55-0	x	x	x		x
Phenanthren	85-01-8	x	x	x	x	x
Pyren	129-00-0	x	x	x	x	x

## Aromatiske kulbrinter

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb	Punktkilde			
		Muslinger	Sediment	Sediment	Renseanlæg	RBU fælles kloak	RBU separat kloak	RBU sediment
Naphthalen	91-20-3	x	x	x	x	x	x	x
1-Methylnaphthalen	90-12-0	x	x	x				x
2-Methylnaphthalen	91-57-6	x	x	x	x	x		x
Dimethylnaphthalener	28804-88-8	x	x	x	x	x		x
Trimethylnaphthalener	28652-77-9	x	x	x	x	x		x
Benzen	71-43-2				x	x		
Biphenyl	92-52-4				x	x		
Ethylbenzen	100-41-4				x	x		
Toluen	108-88-3				x	x		
Xylen	1330-20-7				x	x		

## Organotin

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb	Punktkilde	
		Muslinger	Sediment	Sediment	Renseanlæg	RBU fælles kloak
Tributyltin (TBT)	688-73-3	x	x	x	x	x
Triphenyltin (TPHT)	668-34-8	x	x	x	x	x
Dibutyltin (DBT)	100-53-5	x	x	x		
Monobutyltin (MBT)	78763-54-9	x	x	x	x	x

### PCBer

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb
		Fisk	Fisk	Fisk
PCB #28	7012-37-5	x		
PCB #31	16606-02-3	x		
PCB #52	35693-99-3	x		
PCB#77	32598-13-3	x	x	x
PCB#81	70362-50-4	x	x	x
PCB #101	37680-73-2	x		
PCB #105*	32598-14-4	x	x	x
PCB#114*	74472-37-0	x	x	x
PCB #118*	31508-00-6	x	x	x
PCB#123*	65510-44-3	x	x	x
PCB#126	57465-28-8	x	x	x
PCB #138	35065-28-2	x		
PCB #153	35065-27-1	x		
PCB #156*	38380-08-4	x	x	x
PCB#157*	69782-90-7	x	x	x
PCB#167*	52663-72-6	x	x	x
PCB#169	33574-16-6	x	x	x
PCB #180	35065-29-3	x		
PCB#189*	39635-31-9	x	x	x
WHO-TEQ 2005, Sum c-PCB		x	x	x

\*Indgår i WHO-TEQ, sum PCB beregningen

### Dioxiner og furaner

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb
		Fisk	Fisk	Fisk
2378-TCDD	1746-01-6	x	x	x
12378-PeCDD	40321-76-4	x	x	x
123478-HxCDD	39227-28-6	x	x	x
123678-HxCDD	57653-85-7	x	x	x
123789-HxCDD	19408-74-3	x	x	x
1234678-HpCDD	35822-46-9	x	x	x
OCDD	3268-87-9	x	x	x
2378-TCDF	51207-31-9	x	x	x
12378-PeCDF	57117-41-6	x	x	x
23478-PeCDF	57117-31-4	x	x	x
123478-HxCDF	70648-26-9	x	x	x
123678-HxCDF	57117-44-9	x	x	x
123789-HxCDF	72918-21-9	x	x	x
234678-HxCDF	60851-34-5	x	x	x
1234678-HpCDF	67562-39-4	x	x	x
1234789-HpCDF	55673-89-7	x	x	x
OCDF	39001-02-0	x	x	x
WHO-TEQ 2005,Sum PCDD/F		x	x	x
WHO-TEQ 2005, Total sum*		x	x	x

\* WHO-TEQ total sum er summen af WHO-TEQ sum PCB og WHO-TEQ sum PCDD/F

### Bromerede flammehæmmere

parameter	CAS-nr.	Marint
		Fisk
BDE#28	41318-75-6	x
BDE#47	5436-43-1	x
BDE#66	189084-61-5	x
BDE#99	60348-60-9	x
BDE#100	189084-64-8	x
BDE#153	68631-49-2	x
BDE#154	207122-15-4	x
α-HBCDD	134237-50-6	x
β-HBCDD	134237-51-7	x
γ-HBCDD	134237-52-8	x
BDE#175	446255-22-7	x
BDE#183	207122-16-5	x
BDE#197	117964-21-3	x
BDE#203	337513-72-1	x
BDE#209	1163-19-5	x

### Perfluorede stoffer

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb	Punktkilde	
		Fisk	Fisk	Fisk	Renseanlæg	RBU fælles kloak
Perfluorohexansyre (PFHxA)	307-24-4				x	x
Perfluoroheptansyre (PFHpA)	376-85-9				x	x
Perfluorbutansulfonsyre (PFBS)	375-73-5				x	x
Perfluorbutansyre (PFBA)	375-22-4				x	x
Perfluorpentansyre (PFPA)	2706-90-3				x	x
Fluorotelomersulfonsyre (FTS)	27619-97-2				x	x
Perfluoroktansulfonsyre (PFOS)	1763-23-1	x	x	x	x	x
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	754-91-6	x	x	x	x	x
Perfluorhexansulfonsyre (PFHxS)	355-46-4	x	x	x	x	x
Perfluorodecansyre (PFDA)	335-76-2	x	x	x	x	x
Perfluorononansyre (PFNA)	375-95-1	x	x	x	x	x
Perfluorooctansyre (PFOA)	335-67-1	x	x	x	x	x
Perfluoroundecansyre (PFUnA)	2058-94-8	x	x	x		

## Pesticider

parameter	CAS-nr.	Marint	Vandløb	Punktkilde	
		Fisk	Vand	RBU separat kloak	RBU sediment
2,6-Dichlorbenzamid	2008-58-4		x	x	x
AMPA	1066-51-9		x	x	x
Azoxystrobin	131860-33-8		x		
Bentazon	25057-89-0		x		
Carbendazim	10605-21-7		x		
Chlorpyrifos	2921-88-2			x	x
Cypermethrin	52315-07-8			x	x
Dicamba	1918-00-9			x	x
Diflufenican	83164-33-4			x	x
Diuron	330-54-1			x	x
DNOC	534-52-1		x		
Glyphosat	1071-83-6		x	x	x
Isoproturon	34123-59-6			x	x
MCPA	94-74-6		x	x	x
Mechlorprop	7085-19-0		x	x	x
Prosulfocarb	52888-80-9		x	x	x
Tau-fluvalinat	102851-06-9			x	x
DDT, p,p'-*	50-29-3	x			
DDE, p,p'-*	72-55-9	x			
Chlordan (trans-nonachlor)*	12789-03-6	x			
Gamma Lindan (HCH)*	58-89-9	x			
Hexachlorcyclohexan + isomerer*	608-73-1	x			

\*tilhører gruppen af gamle chlorerede pesticider

## Blødgørere

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb	Punktkilde			
		Sediment	Sediment	Vand	Rense-anlæg	RBU fælles kloak	RBU separat kloak	RBU sediment
Benzylbutylphthalat (BBP)	85-68-7	x	x	x	x	x		
Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	103-23-1	x	x	x	x	x		x
Di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP)	117-81-7	x	x	x	x	x	x	x
Diisononylphthalate (DINP)	28553-12-0	x	x	x	x	x	x	x
Di-n-octylphthalat (DNOP)	117-84-0	x		x	x	x		
Dibutylphthalat (DBP)	84-74-2	x	x	x	x	x		
Diisodecylphthalat (DIDP)	26761-40-0	x						
Diethylphthalat (DEP)	84-66-2				x	x	x	

## Phenoler

parameter	CAS-nr.	Marint	Søer	Vandløb	Punktkilde			
		Sediment	Sediment	Vand	Rense-anlæg	RBU fælles kloak	RBU separat kloak	RBU sediment
Bisphenol A	80-05-7			x	x	x	x	
Nonylphenoler	25154-52-3	x	x	x	x	x	x	x
4-Nonylphenol	104-40-5	x	x	x				x
4-nonylphenol, forgrenet	84852-15-3		x					x
Nonylphenol-monoethoxylater (NP1EO)		x	x	x	x	x		x
Nonylphenol-diethoxylater (NP2EO)		x	x	x	x	x		x
4-n-octylphenol	1806-26-4	x	x	x				x
4-tert-octylphenol	140-66-9	x	x	x				x
Phenol	108-95-2				x	x	x	

### Halogenerede alifatiske kulbrinter

		Vandløb
parameter	CAS-nr.	Vand
Trifluoreddikesyre (TFA)	76-05-1	x
Trichloreddikesyre (TCA)	76-03-9	x

### Anioniske detergenter

		Vandløb	Punktkilde		
parameter	CAS-nr.	Vand	Renseanlæg	RBU fælles kloak	RBU separat kloak
Alkylbenzensulfonat (LAS)	42615-29-2	x	x	x	x

### Phosphor triestre

		Punktkilde		
parameter	CAS-nr.	Renseanlæg	RBU fælles kloak	RBU separat kloak
Trichlorpropylphosphat (TCPP)	26248-87-3	x	x	x
Tricresylphosphat	1330-78-5	x	x	x
Tri-n-butylphosphat	126-73-8	x	x	x
Triphenylphosphat	115-86-6	x	x	x

### Halogenerede syrer

		Vandløb
parameter	CAS-nr.	Vand
Trifluoreddikesyre (TFA)	76-05-1	x
Trichloreddikesyre (TCA)	76-03-9	x

### Ethere

		Punktkilde	
parameter	CAS-nr.	Renseanlæg	RBU fælles kloak
Methyl ter-butyl ether (MTBE)	1634-04-4	x	x
Triclosan	3380-34-5	x	x

### Farmaceutiske stoffer

parameter	CAS-nr.	Vandløb	Punktkilde	
		Vand	Renseanlæg	RBU fælles kloak
2-hydroxyibuprofen	51146-55-5		x	x
Azithromycin	83905-01-5		x	x
Carbamazepin	298-46-4		x	x
Citalopram	59729-33-8		x	x
Clarithromycin	81103-11-9		x	x
Claritromycin	81103-11-9		x	x
Diclofenac	15307-86-5		x	x
Erytrocin	114-07-8		x	x
Furosemid	54-31-9		x	x
Ibuprofen	15687-27-1		x	x
Naproxen	22204-53-1		x	x
Paracetamol	103-90-2		x	x
Propranolol	525-66-6		x	x
Salicylsyre	69-72-7		x	x
Sulfadiazin	68-35-5	x		
Sulfamethiazol	144-82-1	x	x	x
Sulfamethoxazol	723-46-6	x	x	x
Tramadol	27203-92-5		x	x
Trimethoprim	738-70-5	x	x	x

### Østrogener

parameter	CAS-nr.	Punktkilde	
		Renseanlæg	RBU fælles kloak
Østron	53-16-7	x	x
17Beta-østradiol	50-28-2	x	x
Ethinyløstradiol	57-63-6	x	x



## Bilag 2 Andre marine vurderingskriterier

I nedenstående bilag er angivet kriterierne for række stoffer under OSPAR konventionerne. Der er til sammenligning angivet internationale vurderingskriterier for miljøfarlige forurenende stoffer fra EU (2006, 2008, 2011, 2013) og OSPAR (2005, 2009) samt nationale miljøkvalitetskrav (MKK) (Miljøministeriet 2023a) for det marine miljø.

Internationale vurderingskriterier for miljøfarlige forurenende stoffer i biota fra EU (2006, 2008, 2011, 2013) og OSPAR (2005, 2009) samt nationale miljøkvalitetskrav (MKK), som er anvendt til at vurdere indholdet af metaller og organiske miljøfarlige forurenende stoffer i NOVANA-prøver. De orange tal angiver stofgrupper, hvor der findes vurderingskriterier for muslinger, men kun overvåges i fisk, som har deres egne vurderingskriterier.

Reference	Musling	Muslinger				Fisk (muskel)			
	DK MKK <sup>1</sup>	BAC <sup>9</sup>	EAC <sup>9</sup>	EQS <sup>7</sup>	Fødevarer	BAC <sup>9</sup>	EAC <sup>9</sup>	EQS <sup>7</sup>	Fødevarer
Basis <sup>2</sup>	BEK. 796	OSPAR	OSPAR	EU	EU	OSPAR	OSPAR	EU	EU
Stof/Enhed	VV	TV [VV]	TV	VV	VV	VV	VV	VV	VV
	μg kg <sup>-1</sup>	μg kg <sup>-1</sup>	μg kg <sup>-1</sup>	μg kg <sup>-1</sup>	μg kg <sup>-1</sup>	μg kg <sup>-1</sup>	μg kg <sup>-1</sup>	μg kg <sup>-1</sup>	μg kg <sup>-1</sup>
Kviksølv (Hg)	-	90 [14]	-	20	500	35	-	20	500
Bly (Pb)	110	1.300	-	-	1.500	26	-	-	300
Cadmium (Cd)	160	960	-	-	1.000	26	-	-	50
Tributyltin (TBT) <sup>4</sup>	(3)	5	12	-	(30)	-	-	-	-
Naphthalen	2.400	-	340	-	-	-	-	-	-
Antracen	2.400	-	290	-	-	-	-	-	-
Phenanthren	-	11	1.700	-	-	-	-	-	-
Pyren	-	9	100	-	-	-	-	-	-
Benz[a]anthracen	-	2,5	80	-	-	-	-	-	-
Chrysene	-	8,1	-	-	-	-	-	-	-
Fluoranthren	-	12,2	110	30	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyren	-	1,4	600	5	5	-	-	-	-
Benzo(b,k) fluoranthren	-	-	-	5	-	-	-	-	-
Benzo(g,h,i) perylen	-	2,5	110	5	-	-	-	-	-
Indeno(1,2,3- cd) pyren	-	2,4	-	5	-	-	-	-	-
Methylnaphthalener (Σ)	2.400	-	-	-	-	-	-	-	-
PAH (Σ4) <sup>5</sup>	-	-	-	-	35	-	-	-	-
DDT (p,p-DDE)	-	0,63	10	-	-	0,1	50 <sup>8</sup>	10	-
Hexachlorbenzen (HCB)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexachlorcyclohexan (γ-HCH)	-	0,97	1,45	-	-	-	1,1 <sup>8</sup>	-	-
Perfluoroctansulfonsyre (PFOS)	-	-	-	-	-	-	-	9,1 <sup>8</sup>	7,0 <sup>(EU2022)</sup>
Dioxin+furaner	-	-	-	0,0012 <sup>9S</sup>	0,0035	-	-	0,0065	0,0035
Dioxiner+ furaner + DL-PCB <sup>3</sup>	-	-	-	0,0065	0,0065	-	-	-	0,0065
Non-DL PCB/ Sum <sup>5</sup> ICES 6	-	-	-	-	75	0,08	67-317 LV <sup>6</sup>	-	75
CB118	-	0,6	1,2	-	-	0,1	24 LV <sup>6</sup>	-	-
CB153	-	0,6	80	-	-	0,1	1.600 LV <sup>6</sup>	-	75
PBDE (Σ6) <sup>5</sup>	-	-	-	-	-	0.06520	20-240LV <sup>6</sup>	0,0085	-
Hexabromcyclododecan (HBCDD)	-	-	-	-	-	-	-	167	-

<sup>1</sup> Miljøkvalitetskrav (MKK) (Miljøministeriet 2023a).

<sup>2</sup> Basis for enhederne: TV = tørvægt (muslinger i DK i gennemsnit 16 % TS, omregnet til VV angivet i [ ] for kviksølv), VV vådvægt og LV lipidindhold.

<sup>3</sup> Angivet som TEQ-værdier (WHO 2005). Gælder ikke for ål og visse ferskvandsfisk, som bl.a. gedde.

<sup>4</sup> Supplerende miljøkvalitetskriterier for TBT i muslinger fra Miljøstyrelsen (2021)

<sup>5</sup> PAH (Σ4) = sum af benzo(a)pyren, benz(a)anthracen, benzo(b)fluoranthren og chrysen, non-DL PCB (Σ6) = sum af PCB28, 52, 101, 138, 153 og 180),

PBDE (Σ6) = sum af BDE28, 47, 99, 100, 153 og 154.

<sup>6</sup> Angivet med enhed normaliseret i forhold til lipidindhold (LV) i stedet for til vådvægt (VV). Interval indikerer individuelle målværdier for summerede stoffer.

<sup>7</sup> EQS for de lipofile og biomagnificerende stoffer PBDE, dioxinlignende forbindelser, HBCDD og HCB med log Kow > 3 sammenholdes med normaliserede koncentrationer henholdsvis 1 % fedt for muslinger og 5 % fedt for fisk, svarende til proxy for fisk på trofisk niveau 4,5 i henhold til EC guidance document (EU 2014). PAH i muslinger vurderes at være lipofile og normaliseres derfor også til 1 % fedt.

<sup>8</sup> OSPAR EAC for  $\gamma$ -HCH og p,p-DDE i fisk samt EQS for PFOS i fisk bør multipliceres med faktor 10 (PFOS dog 4,5) i de tilfælde, hvor stofferne er målt i fiskelever fremfor i muskel i henhold til (OSPAR 2005) og (Larsen & Bossi 2021).

<sup>9</sup> OSPAR BAC/EAC indgår ikke i dansk lovgivning, men har været anvendt i NOVANA siden 1998 og er medtaget for sammenligneligheden med tidligere år.

#### Potentielle indikatorer og deres anvendelse i regionale konventioner (Larsen et al 2023)

Stof	TV <sub>biota</sub> [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]	Type	NOVANA	HELCOM	OSPAR
Bly	110	National	Ja	Ja	(BAC)
Cadmium	160	National	Ja	Ja	(BAC)
Kviksølv	20	EU	Ja	Ja	Ja
PFOS	9,1	EU	Ja	Ja	Ja
HBCDD	167	EU	Ja	Ja	Ja
$\Sigma$ PBDE	0,0085	EU	Ja	Ja	(FEQG)
Ikke-dioxinlignende PCB	75	EU	Ja	Ja	Ja
dioxinlignende PCB	0,0065	EU	Ja	Ja	Ja
Benz(a)pyren	5	EU	Ja	Ja	Ja
Fluoranthen	30	EU	Ja	Ja	Ja
<sup>137</sup> Cs	20 Bq kg <sup>-1</sup> Vådvægt	HELCOM	DTU	Ja	Nej

Nationale indikatorer og deres anvendelse i regionale konventioner (DK=dansk, S=Svensk). Enheder  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tørret materiale (TS).

Stof	TV <sub>sediment</sub> [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS]	Type	NOVANA	HELCOM	OSPAR
Bly	120 000	DK QS <sub>Sediment</sub>	Ja	Ja	(ERL)
Cadmium	2 300	DK QS <sub>Sediment</sub>	Ja	Ja	(ERL)
Kobber	30 000	DK/S QS <sub>Sediment</sub>	Ja	Ja	(ERL)
Anthracen	24	DK QS <sub>Sediment</sub>	Ja	Ja	(ERL)
Fluoranthen	3 500 (5%TOC)	DK QS <sub>Sediment</sub>	Ja	Ja	(ERL)
TBT	1,3 (5%TOC)	DK/S QS <sub>Sediment</sub>	Ja	Ja	Ja (2,5% TOC)

Potentielle indikatorer og deres anvendelse i regionale konventioner, samt i hvilke dyr indikatormålingerne er foretaget. NOVANA delprogrammet for havstrategi er angivet som (Ja), da der kun er data fra 1-2 stationer hvert år. HELCOM indikator er angivet (Ja) fordi den indikator var fravalgt i perioden op til HOLAS II udgivet i 2018.

Indikator/Dyr	Vurderings kriterie (OSPAR)	Type	NOVANA	HEL-COM	OSPAR
TBT- specifikke effekt indikatorer: imposex og intersex/snegle	Klasse A-F	National	Ja	Ja	Ja
VDSI / havsnegle <i>Rødkonk og Purpursnegl</i>	BAC: index 0,3 EAC: index 2	National	Ja	Ja	Ja
<i>Almindelig konk og dværgkonk</i>	BAC: index 0,1 EAC: index 0,3				
ISI / havsnegle					
<i>Almindelig strandsnegl</i>	EAC: Index 0,1				
Misdannelser af yngel (typer B-G) / fisk	BAC: 1% EAC: 2%	National	(Ja)	(Ja)	Nej
Sent døde unger (type A) / fisk	BAC: 2% EAC: 4%	National	(Ja)	(Ja)	Nej
Tidligt død yngel (type 0) / fisk	BAC: 2,5% EAC: 5%	National	(Ja)	(Ja)	Nej
Abnorm udvikling af yngel (alle typer) / fisk	BAC: 5% EAC: 10%	National	(Ja)	(Ja)	Nej
CYP1A (EROD) aktivitet / fisk	BAC: 10 pmol min <sup>-1</sup> mg protein <sup>-1</sup>	National	(Ja)	(Ja)	Ja (arts specifik BAC)
PAH metabolitter / fisk	BAC: 92 ng ml <sup>-1</sup> (EAC: 483 ng ml <sup>-1</sup> )	National	(Ja)	Ja	Ja (arts specific BAC/EAC)
Lysosomal membran stabilitet (LMS) / blåmusling	BAC: 120 EAC: 50	National	Ja	Ja	Ja (andet mål end LMS)

Andre relevante miljøkvalitetskriterier for organotin forbindelser i biota (muslinger) og sediment i vandmiljøet (OSPAR 2023, HELCOM 2023, Miljø- og ligestillingsministeriets miljøkvalitetskriterier (2021)). \* µg TBT/ kg VV , \*\* µg TBT/kg TS

	OSPAR		Miljøstyrelsen	
	BAC	EAC	BKK (sek.forgift.)	HKK
Tributyltin (TBT), muslinger	5 **	12 **	3 *	30 *
Tributyltin (TBT), sediment	-	-	1.3 **	-

Miljøkvalitetskriterier for graden af TBT-effekter i havsnegle hormonforstyrrelser, der medfører synlige tegn på kønsforandringer i form af imposex og intersex opgorts som VDSI (Vas Deferens Sekvens Indeks) og ISI (Intersex Indeks) (OSPAR 2023, HELCOM 2023).

Imposex (VDSI) / Intersex (ISI)	Parameter	BAC	EAC:
Purpursnegl	VDSI	0.3	2
Rødkonk	VDSI	0.3	2
Almindelig konk	VDSI	0.1	0.3
Dværgkonk	VDSI	0.1	0.3
Almindelig strandsnegl	ISI	-	0.1

## Bilag 3 Oversigt over stoffer med miljøkvalitetskriterier

Der er kapitel 4 udover miljøkvalitetskrav også anvendt miljøkvalitetskriterier. Nedenfor ses en beskrivelse af de to typer.

### Miljøkvalitetskriterier:

Et kvalitetskriterium i vandmiljøet er det højeste koncentrationsniveau, ved hvilket der skønnes, ikke at forekomme uacceptable negative effekter på vandøkosystemer. Miljøstyrelsen (MST) udarbejder kvalitetskriterier for kemikalier i vandsøjlen, i sediment, i dyr og planter (biota) og for human konsum. Miljøstyrelsen bruger kvalitetskriterierne som det faglige grundlag til at kunne fastsætte miljøkvalitetskrav, hvorved der forstås den endelige koncentration af et bestemt forurenende stof i vand, sediment eller biota, som ikke må overskrides af hensyn til beskyttelsen af miljøet og menneskers sundhed.

### Miljøkvalitetskrav:

Metodikken, der anvendes til udarbejdelse af miljøkvalitetskrav, er harmoniseret i EU og baserer sig på vandrammedirektivet (EU, 2000), EU's vejledning til fastsættelse af kvalitetskriterier i vandmiljøet (EU, 2018) og Miljøstyrelsens vejledning til fastsættelse af vandkvalitetskriterier (Miljøstyrelsen, 2004). Metodikken er endvidere i overensstemmelse med EU's vejledning til risikovurdering under REACH forordningen (EU, 2008).

Miljøstyrelsen har udviklet en lang række miljøkvalitetskriterier, der er baseret på EQS guidelinen fra EU. Disse kan findes på nedenstående link:

<https://mst.dk/erhverv/sikker-kemi/kemikalier/graensevaerdier-og-kvalitetskriterier/kvalitetskriterier-for-miljoefarlige-forurenende-stoffer-i-vandmiljoet>

Nedenfor er en opstilling af de kvalitetskriterier, der hentet fra ovenstående liste og anvendt i denne rapport.

Kvalitetskriterier for metaller i overfladevand

	Vand (µg/l)				Sediment		Biota	
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration		mg/kg TS		µg/kg VV	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk/Marint	human konsum
Antimon	113	11,3	177	177				
Arsen	4,3	0,6	43	1,1	2,2	0,4	33	0,074
Barium	19	5,8	145	145				
Bly					163	163		
Bor	0,62	0,62	1,7	0,85				19.600
Cadmium <sup>1</sup>	<0,08-0,5**	0,2	≤0,45-1,5**	≤0,45-1,5**	2,3	3,8	18	50
Kobber	1	1	4,9	4,9				
Krom VI	1,3	2	5,4	85	9,2	9,2		365
Krom III	0,3	0,3	21	93	9,2	9,2		182,5
Kviksølv								
Molybdæn	67	6,7	587	587				
Nikkel					15	6,8	2300	0,45
Selen	0,1	0,08	3,1	31			15	243
Sølv	0,17	0,36	0,2	1,2	1500			
Tin	0,44	0,04			18,2*	1,82*		
Vanadium	4,8	0,48	100	100	4,2	0,42		
Zink	7,8	7,8	8,4	8,4				

\* Kvalitetskriteriet er fastlagt ud fra 5% OC

\*\* Kvalitetskriteriet for vand er graduerede afhængig af vandets hårdhed

Kvalitetskriterier for PAHer i overfladevand

	Vand (µg/l)				Sediment		Biota	
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration		mg/kg TS		µg/kg VV	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk/Marint	human konsum
Acenaphthen	0,15	0,15	3,8	0,76	0,481	0,0481	3.200	610
Acenaphthylen	1,3	0,13	3,6	3,6				
Anthracen	0,1	0,1	0,1	0,1	0,024	0,024	2.100	490
Benzo(a)anthracen	0,0005	0,0005	0,1	0,01	0,30*	0,03*		6,14
Benzo(a)pyren	0,00017	0,00017	0,27	0,027	2,7*	7*		10**
Benzo(b+j+k)fluoranthen	0,00017	0,00017	0,017	0,017	677	67,7		10**
indeno(1,2,3-cd)-pyren	0,0082***	0,00082***			2,7	7		10**
benz(g,h,i)perylene	0,0082***	0,00082***			2,7	7		10**
Chrysen	0,0028	0,0014	0,007	0,0014	0,231*	0,0231*		61,4
Dibenz(a,h)anthracen	0,0014	0,00014	0,018	0,018				
Fluoranthen	0,0063	0,0063	0,12	0,12	3,5*	3,5*	11.522	30
Fluoren	2,3	0,23	21,2	21,2				
Phenanthren	0,94	0,94	6,26	6,26	0,39*	0,9*	2.400	4.900
Pyren	0,0023	0,0023	0,04	0,04	0,84*	0,42*	1.520	

\* Kvalitetskriteriet er fastlagt ud fra 5% OC

\*\* human konsum baseret på muslinger

Benz(a)pyren betragtes som markør for benz(b)fluoranthen, benz(k)fluoranthen, benz(g,h,i)perylene og indeno(1,2,3-cd)-pyren

\*\*\*Iht dokumentation er der angivet andre værdier end der står i BaP (2020/2021)- gældende BaP værdier brugt i vurdering

Kvalitetskriterier for aromater i overfladevand

	Vand (µg/l)				Sediment		Biota	
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration		mg/kg TS		µg/kg VV	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk/Marint	human konsum
Benzen	10	8	50	50	0,7	0,7		1,1
ethylbenzen	20	2	180	180				
Methylnaphthalener, sum*	0,12	0,12	2	2	0,478 x foc	0,478 x foc	2.400	
Naphthalen	2	2	130	130	0,138	0,0138	12.300	2.400
Toluen	74	7,4	380	380				
Xylener (o-, p- og m)	Σ=10	Σ=1	Σ=100	Σ=100				

\*Sum af methylnaphthalener, herunder 1-methylnaphthalen, 2-methylnaphthalen, dimethylnaphthalen og trimethylnaphthalen.

Kvalitetskriterier for organotin i overfladevand

	Vand (µg/l)				Sediment		Biota	
	Generelt kvalitetskrav		Maksimumkoncentration		mg/kg TS		µg/kg VV	
	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk	Marin	Fersk/Marint	human konsum
Tributyltin (TBT)	0,0002	0,0002	0,0015	0,0015	0,0013*	0,0013*	3	30

\* Kvalitetskriteriet er fastlagt ud fra 5% OC

## Bilag 4 Risikokvotienter opdelt på regioner

I kapitel 4 er anvendt risikokvotienter baseret på CHASE princippet og opdelt på landområder at givet et overblik over, om der er forskel på de forskellige områder i Danmark, primært regioner, men da region Syddanmark dækker både Nordsøen og Vadehavet på den ene side og indre Danske farvande som Lillebælt, er denne region opdelt i Sønderjylland og Fyn/øerne.

Til risikokvotienter er anvendt medianværdier og som tærskelværdier er anvendt miljøkvalitetskrav og -kriterier. Vurdering er derfor kun foretaget på stoffer, hvor der er fastsat miljøkvalitetskrav og -kriterier.

Hvis miljøkvalitetskrav og -kriterier har forskellige værdier, er miljøkvalitetskrav anvendt. Der er primært anvendt biotakrav, sekundær forgiftning. Dog i de tilfælde hvor et sådan ikke eksisterer men hvor der er et biotakrav til human konsum er dette blevet anvendt.

For beskrive af CHASE værktøjet se introduktion i kapitel 4.

Afhængig af medie er der taget udgangspunkt i forskellige tidsserier, Spildevand, renseanlæg 1998-2023, ferskvand 2011/12-2023, dog 1998-2023 for metaller i vandløb, og marint biota 2012-2023.

For spildevand, renseanlæg, vandløbsvand samt ferskvandssediment for søer og vandløb er der anvendt et statistisk værktøj fra MetalStat (Sørensen et al, 2024) til beregning af medianværdier. For biota-data er der beregnet almindelige medianværdier uden inddragelse af data under detektionsgrænsen på grund af et mere begrænset datasæt.

Nedenstående tabeller viser de beregnede risikokvotienter, som er præsenteret i kapitel 4. Tabellerne er opdelt på regioner/landområder.

Risikokvotienter	Region Nordjylland							
	Vandløb Vand µg/l	Vandløb Sediment mg/kg TS	Vandløb Fisk µg/kg VV	Sø Sediment mg/kg TS	Sø Fisk µg/kg VV	Marint Muslinger µg/kg VV	Marint Fisk µg/kg VV	Wwpt Afløb µg/l
<b>Metaller</b>								
Antimon								0,00
Arsen	0,27					186		0,26
Barium	0,97							0,57
Bly	0,04	0,037		0,11		2,2		0,12
Bor								0,81
Cadmium	0,14	0,069		0,12		1,5		0,29
Kobber	0,94							1,71
Krom	0,07	0,461		1,08		1,1		0,24
Kviksølv	0,01		2,75		4,8	2,1	1,35750006	0,13
Molybdæn								0,01
Nikkel	0,27					0,032		1,15
Selen								0,50
Sølv								
Tin		0,000						0,23
Vanadium	0,14	1,780		0,58				0,18
Zink	0,41					37.656		4,88
<b>PAH</b>								
Acenaphthen		0,002		0,0002		0,00		0,00
Acenaphtylen								0,00
Anthracen		0,274		0,0685		0,01		0,00
benz(g,h,i)perylene		0,007		0,0029		0,06		2,90
Benzo(a)anthracen		0,048		0,0133		0,13		0,04
Benzo(a)pyren		0,006		0,0017		0,06		4,94
Benzo(bjk)fluoranthen		0,000		0,0000		0,14		4,69
Dibenz(a,h)anthracen								
Fluoranthen		0,010		0,0035		1,64		
Fluoren								
indeno(1,2,3-cd)- pyren		0,006		0,0024		0,06		6,98
Phenanthren		0,043		0,0209		0,00		0,00
Pyren		0,038		0,0116		0,00		0,42
<b>aromater</b>								
Benzen								0,0001
ethylbenzen								0,0000
Sum af methyl-naphthalener		0,0071		0,0296		0,0046		0,0458
Naphthalen		0,0107		0,0021		0,0006		0,0037
Toluen								0,0001



Risikokvotienter	Region Midtjylland							
	Vandløb Vand µg/l	Vandløb Sediment mg/kg TS	Vandløb Fisk µg/kg VV	Sø Sediment mg/kg TS	Sø Fisk µg/kg VV	Marint Muslinger µg/kg VV	Marint Fisk µg/kg VV	Wwpt Afløb µg/l
<b>Metaller</b>								
Antimon								0,01
Arsen	0,13					124		0,13
Barium	2,27							0,63
Bly	0,04	0,042		0,17		1,4		0,24
Bor								2,13
Cadmium	0,22	0,045		0,17		1,3		0,15
Kobber	0,86							1,21
Krom	0,06	0,652		1,13		1,6		0,14
Kviksølv	0,01		3,15		3,73	1,0	1,475	0,08
Molybdæn								0,03
Nikkel	0,47					0,031		1,05
Selen								0,63
Sølv								
Tin		0,190						0,06
Vanadium	0,08	0,680		0,44				0,17
Zink	0,87					22.000		4,03
<b>PAH</b>								
Acenaphthen		0,005		0,0003		0,00		0,00
Acenaphtylen								0,00
Anthracen		0,578		0,0613		0,01		0,02
benz(g,h,i)perylene		0,016		0,0027		0,06		2,14
Benzo(a)anthracen		0,105		0,0155		0,15		0,03
Benzo(a)pyren		0,014		0,0020		0,05		5,27
Benzo(bjk)fluoranthen		0,000		0,0000		0,16		6,91
Dibenz(a,h)anthracen								
Fluoranthen		0,020		0,0034		1,71		
Fluoren								
indeno(1,2,3-cd)- pyren		0,013		0,0025		0,06		3,20
Phenanthren		0,088		0,0141		0,00		0,00
Pyren		0,085		0,0115		0,00		1,33
<b>aromater</b>								
Benzen								0,0003
ethylbenzen								0,0000
Sum af methyl-naphthalener		0,0068		0,0113		0,0036		0,1596
Naphthalen		0,0101		0,0008		0,0008		0,0038
Toluen		0,0000						0,0002

Risikokvotienter	Sønderjylland							
	Vandløb Vand µg/l	Vandløb Sediment mg/kg TS	Vandløb Fisk µg/kg VV	Sø Sediment mg/kg TS	Sø Fisk µg/kg VV	Marint Muslinger µg/kg VV	Marint Fisk µg/kg VV	Wwpt Afløb µg/l
<b>Metaller</b>								
Antimon								0,00
Arsen	0,14					77		0,17
Barium	3,54							1,36
Bly	0,04	0,056		0,22		1,4		0,44
Bor								1,92
Cadmium	0,29	0,084		0,24		1,5		0,31
Kobber	1,24							2,93
Krom	0,07	0,596		1,78		1,0		0,25
Kviksølv	0,01		3,025		4,55	1,1	1,25	0,13
Molybdæn								0,02
Nikkel	0,56					0,022		0,79
Selen								1,90
Sølv								
Tin		0,160						0,13
Vanadium	0,12	0,779		1,15				0,27
Zink	0,92					23.829		6,77
<b>PAH</b>								
Acenaphthen		0,003		0,0006		0,00		0,00
Acenaphthylen								0,00
Anthracen		0,505		0,1576		0,02		0,03
benz(g,h,i)perylene		0,014		0,0067		0,06		2,20
Benzo(a)anthracen		0,102		0,0386		0,15		0,04
Benzo(a)pyren		0,014		0,0050		0,06		4,38
Benzo(bjk)fluoranthen		0,000		0,0001		0,17		3,15
Dibenz(a,h)anthracen								
Fluoranthen		0,018		0,0085		1,97		
Fluoren								
indeno(1,2,3-cd)-pyren		0,011		0,0058		0,06		3,75
Phenanthren		0,073		0,0405		0,00		0,00
Pyren		0,080		0,0280		0,00		0,81
<b>aromater</b>								
Benzen								0,0004
ethylbenzen								0,0000
Sum af methyl-naphthalener		0,0055		0,0428		0,0038		0,0805
Naphthalen		0,0114		0,0038		0,0008		0,0043
Toluen		0,0070						0,0003

Risikokvotienter	Fyn og øerne							
	Vandløb Vand µg/l	Vandløb Sediment mg/kg TS	Vandløb Fisk µg/kg VV	Sø Sediment mg/kg TS	Sø Fisk µg/kg VV	Marint Muslinger µg/kg VV	Marint Fisk µg/kg VV	Wwpt Afløb µg/l
<b>Metaller</b>								
Antimon								0,00
Arsen	0,25					86		0,14
Barium	3,28							1,67
Bly	0,03	0,047		0,15		1,4		0,10
Bor								2,46
Cadmium	0,13	0,060		0,16		1,0		0,12
Kobber	1,52							1,62
Krom	0,04	0,580		1,16		0,5		0,15
Kviksølv	0,01		3,30500007		3,61975009	0,8	1,80000009	0,29
Molybdæn								0,04
Nikkel	0,35					0,015		1,08
Selen								1,73
Sølv								
Tin		0,164						0,14
Vanadium	0,09	0,655		0,60				0,13
Zink	0,80					22.883		2,12
<b>PAH</b>								
Acenaphthen		0,004		0,0006		0,00		0,00
Acenaphtylen								0,00
Anthracen		0,936		0,1925		0,02		0,04
benz(g,h,i)perylene		0,029		0,0082		0,07		9,60
Benzo(a)anthracen		0,205		0,0475		0,16		0,09
Benzo(a)pyren		0,035		0,0060		0,06		9,27
Benzo(bjk)fluoranthren		0,000		0,0001		0,16		13,16
Dibenz(a,h)anthracen								
Fluoranthren		0,044		0,0095		1,87		
Fluoren								
indeno(1,2,3-cd)-pyren		0,027		0,0079		0,08		10,94
Phenanthren		0,125		0,0343		0,00		0,00
Pyren		0,141		0,0324		0,00		1,98
<b>aromater</b>								
Benzen								0,0002
ethylbenzen								0,0001
Sum af methyl-naphthalener		0,0128		0,0597		0,0038		0,0451
Naphthalen		0,0126		0,0028		0,0007		0,0052
Toluen		0,0058						0,0003

Risikokvotienter	Region Sjælland							
	Vandløb Vand µg/l	Vandløb Sediment mg/kg TS	Vandløb Fisk µg/kg VV	Sø Sediment mg/kg TS	Sø Fisk µg/kg VV	Marint Muslinger µg/kg VV	Marint Fisk µg/kg VV	Wwpt Afløb µg/l
<b>Metaller</b>								
Antimon								0,001
Arsen	0,23					515		0,29
Barium	2,32							2,07
Bly	0,04	0,126		0,12		1,9		0,51
Bor								1,94
Cadmium	0,11	0,059		0,15		1,1		0,45
Kobber	1,48							7,19
Krom	0,05	0,894		1,24		0,5		0,16
Kviksølv	0,01		4,05375		3,985	1,2	3,46000016	0,17
Molybdæn								0,02
Nikkel	0,33					0,015		0,67
Selen								1,05
Sølv								
Tin		0,310						0,15
Vanadium	0,10	1,171		0,75				0,25
Zink	0,63					20,776		4,73
<b>PAH</b>								
Acenaphthen		0,003		0,0004		0,00		0,00
Acenaphtylen								0,00
Anthracen		0,484		0,1721		0,02		0,02
benz(g,h,i)perylene		0,017		0,0068		0,08		3,10
Benzo(a)anthracen		0,101		0,0340		0,15		0,03
Benzo(a)pyren		0,016		0,0047		0,06		3,10
Benzo(bjk)fluoranthen		0,000		0,0001		0,22		5,46
Dibenz(a,h)anthracen								
Fluoranthen		0,022		0,0072		1,57		
Fluoren								
indeno(1,2,3-cd)-pyren		0,013		0,0059		0,06		3,11
Phenanthren		0,079		0,0284		0,00		0,00
Pyren		0,086		0,0246		0,00		0,70
<b>aromater</b>								
Benzen								0,0002
ethylbenzen								0,0001
Sum af methyl-naphthalener		0,0096		0,0751		0,0039		0,1505
Naphthalen		0,0112		0,0021		0,0007		0,0044
Toluen		0,0116						0,0005

Risikokvotienter	Region Hovedstaden							
	Vandløb Vand µg/l	Vandløb Sediment mg/kg TS	Vandløb Fisk µg/kg VV	Sø Sediment mg/kg TS	Sø Fisk µg/kg VV	Marint Muslinger µg/kg VV	Marint Fisk µg/kg VV	Wwpt Afløb µg/l
<b>Metaller</b>								
Antimon								0,00
Arsen	0,22					86		0,16
Barium	2,05							0,80
Bly	0,05	0,102		0,71		3,8		0,34
Bor								1,68
Cadmium	0,09	0,061		0,40		1,5		0,14
Kobber	1,23							2,49
Krom	0,05	0,555		2,98		1,1		0,17
Kviksølv	0,01		2,18		4,285	2,3	11,45	0,17
Molybdæn								0,02
Nikkel	0,32					0,023		0,64
Selen								0,80
Sølv								
Tin		0,287						0,17
Vanadium	0,11	0,593		0,86				0,18
Zink	0,84					23.422		3,56
<b>PAH</b>								
Acenaphthen		0,006		0,0053		0,00		0,00
Acenaphtylen								0,00
Anthracen		0,959		0,7761		0,02		0,02
benz(g,h,i)perylene		0,036		0,0302		0,07		2,99
Benzo(a)anthracen		0,200		0,1733		0,18		0,04
Benzo(a)pyren		0,029		0,0242		0,06		4,14
Benzo(bjk)fluoranthen		0,000		0,0002		0,20		4,25
Dibenz(a,h)anthracen								
Fluoranthen		0,038		0,0333		1,49		
Fluoren								
indeno(1,2,3-cd)-pyren		0,024		0,0255		0,07		6,29
Phenanthren		0,146		0,1213		0,00		0,00
Pyren		0,169		0,1191		0,00		0,98
<b>aromater</b>								
Benzen								0,0000
ethylbenzen								0,0000
Sum af methyl-naphthalener		0,0176		0,1448		0,0045		0,1039
Naphthalen		0,0179		0,0131		0,0007		0,0046
Toluen		0,0365						0,0002