

BAGGRUNDSKONCENTRATIONER AF ARSEN, KOBBER, ZINK, BARIUM OG VANADIUM I ØRESUNDS VAND OG SEDIMENT

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 310

2024



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

BAGGRUNDSKONCENTRATIONER AF ARSEN, KOBBER, ZINK, BARIUM OG VANADIUM I ØRESUNDS VAND OG SEDIMENT

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 310

2024

Martin M. Larsen

Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 310
Kategori:	Rådgivningsnotat
Titel:	Baggrundskoncentrationer af arsen, kobber, zink, barium og vanadium i Øresunds vand og sediment
Forfatter(e): Institution(er):	Martin M. Larsen Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience
Udgiver: URL:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi © http://dce.au.dk
Udgivelsesår: Redaktion afsluttet:	Marts 2024 13. marts 2024
Faglig kommentering: Kvalitetssikring, DCE: Sproglig kvalitetssikring:	Kim Gustavson Iben Boutrup Kongsfelt Charlotte Hviid
Ekstern kommentering:	Kommentarerne findes her: https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske_rapporter_300-349/KommentarerTR/TR310_komm.pdf
Finansiel støtte:	Gentofte Kommune
Bedes citeret:	Larsen, M.M. 2024. Baggrundskoncentrationer af arsen, kobber, zink, barium og vanadium i Øresunds vand og sediment. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 28 s. - Teknisk rapport nr. 310
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	På basis af EU Guidance dokument 38 om fastlæggelse af EQS (miljøkvalitetskriterier) og naturlige baggrundskoncentrationer for metaller i havmiljøet, er der for danske farvande udviklet naturlige baggrundskoncentrationer for arsen, barium, kobber, vanadium og zink i marine sediment og havvand med særlig fokus på Øresund. Datagrundlaget er danske og svenske nationale databaser og metoden er 10%-percentiler kombineret med og sammenlignet med især OSPAR og HELCOM udviklede baggrundskoncentrationer i havmiljøet. Et estimat af det nuværende forureningsniveau i Øresund er også genereret (I forvejen forekommende koncentrationer) for anvendelse ved tilladelse af nye udledninger.
Emneord:	Baggrundskoncentrationer, metaller, Øresund, I forvejen forekommende koncentrationer
Illustrationer: Foto forside:	Martin M. Larsen Udsigt over Kronløbsbassinet og Nordhavn, Martin M. Larsen
ISBN: ISSN (elektronisk):	978-87-7156-856-1 2244-9991
Sideantal:	28

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
1 Indledning	8
2 Fastlæggelse af baggrundskoncentrationer i vand	10
2.1 Bekendtgørelse 1443 og 796	10
2.2 Generelt om baggrundskoncentrationer	11
2.3 VanDa data	13
2.4 Svenske data	17
2.5 Forslag til naturlige baggrundskoncentrationer i Øresundsvand	18
2.6 I forvejen forekommende koncentrationer for Øresundsvand	18
3 Fastlæggelse af naturlige baggrundskoncentrationer i sediment	22
3.1 I forvejen forekommende koncentrationer for Øresundssediment	24
4 Konklusioner	26
5 Referencer	27

Forord

Denne rapport er rekvireret af Gentofte kommune med henblik på at fastlægge baggrundskoncentrationer for Øresund for arsen, barium, kobber, vanadium og zink. Der er i rapporten taget udgangspunkt i tidligere arbejde med fastlæggelse af baggrundskoncentrationer i Danmark, Nordsø- og Østersø konventionerne (OSPAR og HELCOM), og der er lagt vægt på at følge EU's Guideline 38 EU (2019) Guidance Document No. 38 om implementering af miljøkvalitetsstandarder for metaller, ud fra metalleres biotilgængelighed og naturlige forekommende baggrundskoncentrationer ved vurdering af miljøtilstanden. Der er anvendt nedre 10 % percentil grænser som anbefalet for områder, hvor der ikke er mulighed for at finde vandområder, der ikke er påvirket af menneskelig aktivitet

Herudover er der beregnet "i forvejen forekommende koncentrationer" (IFFK) for Øresund ud fra nutidige prøvetagninger fra diverse projekter i Øresund, igen fastsat som nedre 10 % percentil af de tilgængelige målinger, dog er der ingen resultater for vanadium tilgængelig, så der er ingen IFFK foreslået for vanadium.

Sammenfatning

EU har et guideline dokument nr. 38 om implementering af miljøkvalitetsstandarder for metaller (EU, 2019). Ifølge dette, skal der tages højde for metallers biotilgængelighed og naturlige forekommende baggrundskoncentrationer ved vurdering af miljømålsoverholdelse. Hvis det ikke er muligt at finde upåvirkede (pristine) områder, kan baggrundskoncentrationer defineres ud fra eksisterende data ved at anvende 10 % percentilen af målinger, forudsat der er nok data og resultater fra kendte forureningskilder fjernes. For Øresund er der ikke nogen upåvirkede områder, så 10% percentilen er den eneste mulighed for at fastlægge naturlige baggrundskoncentrationer for vandprøver.

For sedimenter er det derudover muligt at bruge sedimentkerner til fastlæggelse af præ-industrielle koncentrationer, hvis man kan finde områder hvor sedimentkernen er uforstyrret og velsorteret, så den kan dateres til tiden før det 18. århundrede. Afbrænding af kul og olie har været de største kilder til metal og anden forurening, og dette tog først fart ved industrialiseringen. Der har dog siden jern- og bronzealderen været lokale bidrag til kobber og zink, men befolkningstallet var meget lavt og der var kun få produktionssteder med større forurening.

Danske og svenske overvågningsdata for metaller er anvendt til fastlæggelse af baggrundskoncentrationer i havvand for arsen (As), barium (Ba), kobber (Cu), vanadium (V) og zink (Zn). Der er anvendt data for koncentrationen i filtreret havvand (opløst fraktion), og sammenholdt med koncentrationerne i filtrerede ferskvandsprøver (søer og vandløb). Den opløste fraktion af metaller betragtes generelt som den andel der er biotilgængelig, og for metaller er miljøkvalitetskriterer derfor normalt sat efter den opløste fraktion. Metallerne har forskellige kemiske egenskaber og kilder til forurening, og Øresund er potentielt et af de mest forurenede områder i Danmark på grund af befolkningstætheden i København og Malmø, og de mange industrier på både den svenske og danske side af Øresund, meget skibstrafik til og fra København og Malmø samt transit igennem Øresund. Væsentlige kilder til belastningen af Øresund er kobber og zink fra skibe og klappning af sedimenter fra havne og sejlrender, der kan frigøre metallerne, der ellers var utilgængelige i de dybere sedimentlag.

Table S.1. Naturlige baggrundskoncentrationer for Kattegat og Østersøen. Øresund ligger imellem de to og den foreslåede naturlige baggrundskoncentration for Øresund er angivet i skraveret kolonne, baseret på 10 % percentilen af resultater fra VanDa. For sediment er der ikke nok data til at fastlægge en naturlig baggrundskoncentration for Øresund, så de her anvendes de samme værdier som for hele Danmark. Endelig er den nutidige "I forvejen forventede koncentration (IFFK)" vist for Øresund med orange skravering

Metal	Status – er værdien velunderbygget for Øresund	Kattegat (OSPAR) µg/l	Østersøen (HELCOM) µg/l	Øresund (10% percentil) µg/l	Øresund IFFK µg/l	Øresund Sediment mg/kg TS
Barium	Vand god, Sediment tentativ	11	10	10	13	225
Vanadium	Vand og Sediment tentativ	1,0	0,2	1,0	1	3
Arsen	Vand og Sediment god	2,0	0,6	1,0	0,91	1,7
Kobber	Vand tentativ Sediment god	0,2	0,6	0,2	0,82	1,6
Zink	Vand tentativ Sediment god	0,2	0,8	0,2	2	10

I havvand er koncentrationen af arsen korreleret med saltholdigheden, hvilket giver meget forskellige værdier for hhv. Kattegat, Øresund og Østersøen, hvor saltholdigheden og arsen er højest i Kattegat og lavest i Østersøen. Arsen indgår i lille mængde i nogle af de salte, der giver saltholdigheden. Der er et stort antal prøver under detektionsgrænsen for kobber, vanadium og zink, som gør fastlæggelsen af baggrundsværdierne mere usikker. For barium og vanadium er der generelt ikke mange data for sedimenter, og de fastlagte naturlige baggrundsværdier er derfor mere usikre (tentative) end arsen, kobber og zink. For nutidige koncentrationer er der på basis af målinger fra de seneste år beregnet en 10 % percentil for "i forvejen forekommende koncentration (IFFK)" som kan anvendes til vurdering af om nye kilder vil bidrage til øgning af koncentrationerne i Øresund jvf. bekendtgørelse 796 (tabel S.1)

1 Indledning

Baggrundskoncentrationer er defineret, som den koncentration, der var naturligt forekommende uden eller før påvirkning fra mennesket.

For sedimenter er det muligt at lave sedimentkerneprøver, hvor man ved sedimentkerner, der er lagdelt uden forstyrrelser af gravende dyr, kan bestemme tidsperioden for de enkelte lag ved hjælp af ^{210}Pb eller lignende dateringsmetoder, og analysere metalindholdet i de enkelte lag og dermed rekonstruere historiske koncentrationsniveauer, som fx Shahabi-Ghahfarokhi (2021). Koncentrationen af metaller i sedimenter afhænger af sedimenternes sammensætning. I OSPAR-overvågning normaliseres metalkoncentrationer i sedimentet til 5 % aluminium (Al), som proxy for lerede sedimenter. Anvendelse af normalisering er beskrevet i havrapporterne for 2000 og 2003 (Henriksen et al, 2001; Ærtebjerg et al, 2004) baseret på Nordsø havkonventionens guideline for sediment monitoring, tekniske annek 5 (OSPAR, 2018). I Østersø havkonventionen (HELCOM) anvender man 2,5 % aluminium. For at kunne normalisere skal der analyseres for lithium (normalt et bedre alternativ for danske farvande end aluminium), aluminium eller ler-silt fraktionen for metallerne eller total organisk kulstof (TOC) for organiske stoffer. For organiske stoffer er normalisering nemt, da man bare ganger med 5 % og dividerer med det målte TOC-indhold, så sedimenter med lavere end 5 % TOC får højere normaliserede koncentrationer end faktisk målt og omvendt hvis TOC er over 5 %. For metaller indeholder selv sand lidt naturligt forekommende metal og aluminium, så her skal dette trækkes fra. For nærmere forklaring, se Henriksen et al, 2001. Effekten er den samme, hvis sedimentets indhold af aluminium er over de 5 % man normaliserer til, fås lavere normaliserede koncentrationer, og hvis det er under, får man højere normaliserede koncentrationer end de faktisk målte. For lithium normaliseres til 50 mg/kg og der er meget lidt lithium i sand, så man kan bruge den simple metode for organisk materiale til normaliseringen uden at begå alt for store fejl. Normalt anvendes i Danmark sedimentmålinger oplukket med salpetersyre (DS 259), men normaliseringen for aluminium er udviklet til total oplukninger (dvs. hvor alt sandet også opløses, ved at anvende en kombination af flussyre, saltsyre og salpetersyre).

Det er ikke muligt på samme måde at rekonstruere historiske koncentrationer for vandprøver, så her anvendes ofte mere pragmatiske fremgangsmåder, som 5 eller 10 % percentiler af tilgængelige data efter fjernelse af prøver fra forurenede områder (EU, 2019), eller medianen af medianer fra pristine områder. (OSPAR, 2005) som naturlig baggrundskoncentration. For Øresund er der ikke nogle områder, som man kan betragte som pristine grundet den store skibstrafik, de mange industrier, tætte bebyggelse, de mange udløb m.m. På denne baggrund er der i rapporten, til fastlæggelse af baggrundskoncentrationen i havvand, anvendt 10 % percentilen af tilgængelige måldata.

Måling af metaller i vand kan enten gøres som opløst fraktion (filtratet efter filtrering) eller total målinger, hvor der foretages en nedbrydning af evt. partikler i vandet (sediment/alger). Den opløste fraktion er generelt den fraktion der betragtes som biotilgængelig (EU, 2019), og er typisk den fraktion der sammenholdes med miljøkvalitetskriterier (EQS, Environmental Quality Standard på engelsk, MKK på dansk). Metaller bundet til partiklerne medtages, hvis der skal regnes på transport af metaller, fx fra vandløb til det marine

miljø, eller langs kysten i tilfælde af resuspension af sedimenter af bølger eller spredning af metaller i forbindelse med klapning af havnesedimenter og uddybning af sejlrender.

Metaller i miljøprøver måles i dag typisk ved ICP-MS-målinger. Modsat analyse på ferskvand er analyse for metaller i saltvand og marine sedimenter vanskeliggjort af de høje saltholdigheder, hvor prøver enten må fortyndes med destilleret vand eller metaller opkoncentreres på chelex-100 søjler eller ekstraheres. Forhold der øger detektionsgrænsen i forhold til ferskvandsprøver. For totalmålinger af metaller kræves en oplukning med syre (typisk opvarmning tilsat 20 % salpetersyre), og efterfølgende fortynding til et syreniveau instrumentet kan håndtere, hvilket igen øger detektionsgrænserne.

2 Fastlæggelse af baggrundskoncentrationer i vand

Data til estimering og fastlæggelse af baggrundskoncentration af metaller i havvand og sedimenter for Øresund er indhentet fra det danske VanDa system for marin- og ferskvandsområder i Danmark. Der er fortrinsvis anvendt værdier for opløste metaller (koncentrationer i vand efter filtrering gennem filter jvf. analysekvalitetsbekendtgørelsen med 0,45 µm porestørrelse), som er dem, der forventes at være mest biotilgængelig for optagelse i organismer. I forbindelse med badevandskvalitetsmålinger er der også målt for metaller, men i disse tilfælde som totalmålinger, dvs. en oplukning af prøverne, som giver både det opløste og partikulære indhold af vandprøverne. Andre datakilder er svenske overvågningsdata fra Sveriges Geologiske Undersøgelser (SGU), samt data fra Gentofte Kommune og egne undersøgelser (se afsnit 2.2 for detaljer). De fundne naturlige baggrundskoncentrationer (tabel S.1, skra-veret) er herefter sammenlignet med målinger foretaget i Øresund fra de seneste år, leveret af Gentofte Kommune.

2.1 Bekendtgørelse 1443 og 796

Den overordnede bekendtgørelse "Krav til udledning af visse forurenende stoffer til vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og havområder" (gældende udgave ved publikationen af denne rapport BEK 1433 af 21/11/2017) i forhold til lov om miljøbeskyttelse (gældende LBK 48 12/01/2024, refereret som 966 af 23/06/2017). Der beskrives miljøkvalitetskrav som de koncentrationer af stoffer der ikke bør overskrides af hensyn til beskyttelse af menneskers sundhed og miljøet. Kvalitetskravene opdeles i generelle (fastlagt som årsgennemsnit) eller maksimumkoncentrationer, som er den højst tilladte koncentration. De fastsatte krav fremgår af bekendtgørelsen om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand (gældende udgave ved publikationen af denne rapport: Bekendtgørelsen 796, 13/06/2023). Hvis stofferne ikke er i de tilhørende tabeller for Bek. 796 skal der også fremsendes økotoksikologiske data eller kvalitetskriterier for disse stoffer.

Hvilke miljøkvalitetskrav der allerede er fastsat, og hvordan nye fastsættes, står i bekendtgørelse 796 13/06/2023 (Bekendtgørelsen om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og havområder). specielt for metallerne er der i flere tilfælde reference til enten 1) at der må tillægges naturlige baggrundskoncentrationer til miljømålet, eller 2) at der kan måles på den biotilgængelige del og sammenlignes direkte med miljømålet. Selvom der anvendes opløst fraktion for metalkoncentrationer, kan der dog stadig tillægges en baggrundskoncentration.

Definitionen for høj tilstand er ingen eller kun meget ubetydelig menneskeskabte ændringer i værdierne for de fysisk-kemisk og andre kvalitetskriterier. For fysisk-kemiske forhold tolkes det, som "koncentrationer ligger inden for de grænser, der normalt er knyttet til uberørte forhold (baggrundsniveauer) for naturligt forekommende stoffer (fx metaller, PAH'er). For syntetiske stoffer er det koncentrationer tæt på nul og under detektionsgrænsen for de mest avancerede almindeligt anvendte analyseteknikker.

Definitionen på god tilstand er, at koncentrationerne ikke overstiger miljøkvalitetskravene (listet i bilag 2, del B afsnit 1 og 2 af BEK 796). I den forbindelse er der flere af miljøkvalitetskravene, hvortil der kan lægges en naturlig baggrundskoncentration til flere af stofferne (BEK 796, note 5 i Del B, tabel 3

og tabel 4): For metallerne er de generelle kvalitetskrav for barium, bor, kobolt, kobber, mangan, selen, sølv, thallium, uran, vanadium og zink, og kun for havvand desuden molybdæn og strontium. Der kan også lægges naturlig baggrund til den maksimale koncentration for barium, bor, kobber, mangan selen, sølv, thallium, uran og zink.

Specielt for kobber og zink er det i stedet for at tillægge baggrundskoncentrationen muligt at måle den biotilgængelige fraktion i vand (BEK 796, fodnote 7), men så må der ikke lægges en baggrundskoncentration til. Det samme gælder for BEK 796 fodnote 6, hvor maksimumkoncentrationen ikke må tillægges en naturlig baggrundskoncentration.

I BEK 796, del B tabel 5 er der EU fastsatte miljøkvalitetskrav for vand (generelle kvalitetskrav og maksimumkoncentrationer) for cadmium, bly og nikkel, samt for kviksølv maksimumkoncentration i vand og i biota.

Endelig er der i BEK 796, del B tabel 4 nationalt fastsatte nationale miljøkvalitetskrav for sediment og biota gældende for bly, cadmium, strontium (undtagen marint sediment), sølv (kun sediment) og vanadium. Også her er det fodnote 6, der tillader tillægning af en naturlig baggrundskoncentration for cadmium og vanadium. For cadmium er det også muligt at anvende en biotilgængelig fraktion, men så lægges den naturlige baggrundskoncentration ikke til. For sølv er koncentrationen normaliseret til indholdet af organisk stof.

De bedste definitioner af hvad begrebet naturlig baggrundskoncentration dækker over, er at koncentrationen "ligger indenfor grænserne for uberørte forhold". Dette svarer til Oslo-Paris konventionen definition (se næste afsnit). Dog er der udvidet forklaring på miljøstyrelsens Miljøfremmede og forurenende stoffer FAQ hjemmeside (<https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/spildevand/miljofremmede-og-forurenende-stoffer>). Da der ikke er nogen områder i danske farvande, der ikke på en eller anden måde er belastet af menneskeskabte kilder (om ikke andet så luftforurening), anvendes i §7 stk. 3 begrebet i forvejen forekommende koncentrationer, som er det reelt forekommende nutidige niveau, før en ny kilde bidrager med stoffer. Definitionerne fra FAQ'en er gengivet i tabel 2.1. For nogle stoffer er der data til at etablere separate sø og vandløbs baggrunds- og i forvejen forekommende koncentrationer, men for havet er der relativt få data som kan anvendes til dette. For information om hvor man finder data for i forvejen forekommende koncentrationer henvises til Miljøportalen, hvor data til denne rapport er hentet fra.

Tabel 2.1. Definitioner for koncentrationer

Begreb	Definition i FAQ 22
Naturlig baggrundskoncentration	den koncentration af et stof, der er eller ville være til stede i et vandområde uden bidrag fra menneskeskabte kilder
I forvejen forekommende koncentration	summen af en eventuel naturlig baggrundskoncentration og koncentrationsbidrag fra menneskeskabte kilder, der allerede er til stede i vandområdet før en eventuel ny udledning

2.2 Generelt om baggrundskoncentrationer

Grasshoff (1999) klassificerer metallerne som "Recirkulerende" (R) eller "Sedimenterende" (S), hvor recirkulerende også kaldes næringssaltlignende, da de typisk udviser variation over året svarende til næringssaltene, hvor de højeste opløste koncentrationer ses i vinterhalvåret og laveste metal- og næringssaltsindhold ses i sommerperioden, hvor de optages og bindes i alger og zooplankton. Næringssalte frigives igen i løbet af efterår-vinter, når alger og

plankton bliver nedbrudt og synker til bunds. En del metaller og næringssalte vil dog sedimentere ud med de døde alger og derfor ikke være tilgængelige for recirkulation men opbygge koncentrationerne i sedimentet. Der er ikke fastlagt årstidsbestemte koncentrationer for metaller i Miljøstyrelsen eller andre organisationer, og der er ikke nok data til at understøtte en årstidsbaseret baggrundskoncentration i denne rapport. Men ved anvendelse af 10 % percentilen vil det sandsynligvis være sommer-koncentrationer der ligger til grund for de fastlagte naturlige baggrundskoncentrationer i Øresund, hvis prøverne er udtaget repræsentativt for de enkelte årstider.

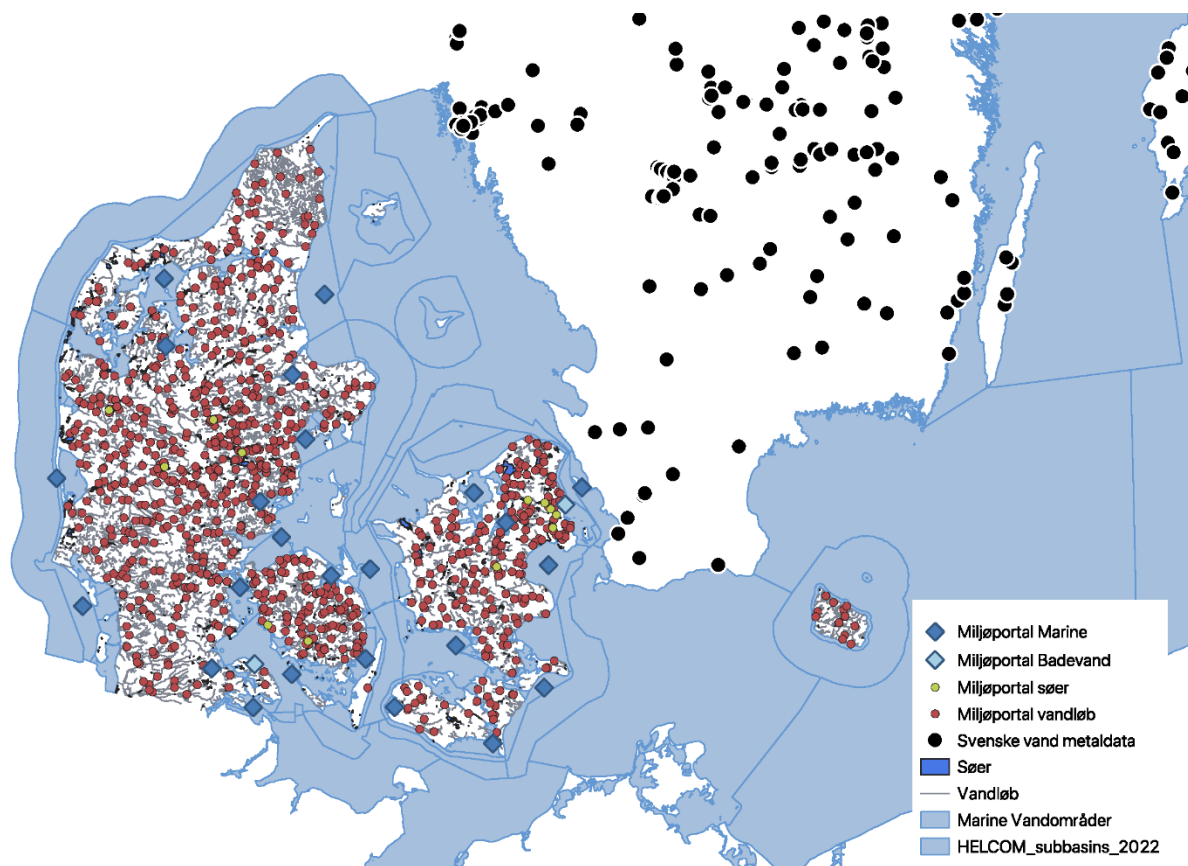
Baggrundskoncentrationer foreslået i litteraturen for Østersøen og Nordsøen er angivet i tabel 2.2. Tallene er hentet fra de angivne kilder, og de bagvedliggende data er ikke tilgængelige for denne rapport. Szubska (2017) arsen re-view og SLU (2009) svenske rapport for baggrundsindhold af metaller er fortrinsvis for Østersøen inklusiv Øresund (HELCOM). OSPAR (2005) er fortrinsvis for Nordsøen og Kattegat. Grasshoff (1999) og Hsieh (2017) er for Atlanterhavet langt fra land. Bemærk at MST's forslag ligger godt gemt på miljøstyrelsens hjemmeside. Det har ikke været muligt at finde et link til forslaget. Kun ved direkte søgning på titlen; "Liste med naturlige baggrundskoncentrationer i saltvand" på MST.DK dukker det op. Det skulle formentlig have været et af de manglede links i FAQ'en for miljøfremmede og forurenende stoffer.

Tabel 2.2. Baggrundskoncentrationer for metaller i havvand fra litteraturen, med angivelse af klassificeringen af metallerne i forhold til recirkuleret (R) eller sedimenterende (S) hvor der især for de recirkulerede metaller forventes lavere koncentrationer om sommeren, hvor de optages i alger og zooplankton, hvorimod de sedimenterende metaller måske er lavere om vinteren, hvor der er mere sediment i vandsøjlen til at fjerne dem.

Metal (µg/l)	Arsen	Kobber	Zink	Barium	Vanadium
Metal klassificering	S	R+S	R	R	R
OSPAR (2005)	-	0,03-0,36	0,1-0,24	-	
OSPAR (2005) syd	2,0 - 3,1	0,14-0,36	0,17-0,28	-	0,9-1,05
SLU (2009), Szubska (2017)	0,45 - 1,11	0,49-1,3	0,56 -0,93	-	0,06-0,1
Grasshoff (1999)	1,5 - 1,6	0,063 - 0,083	0,007 - 0,013	4,8-6,2 ^H	1,2
MST forslag ^M	1,0	0,067	0,34	10	1,4

^H Hsieh *et al* (2017); ^M <https://mst.dk/media/z0unfwtm/liste-med-naturlige-baggrundskoncentrationer-i-saltvand.docx>

Data til fastlæggelse af baggrundskoncentrationer af metaller i havvand for Øresund er indhentet fra VanDa via miljøportalen for ferskvand, marint vand og marin badevandskvalitet (2023), Svenske data er indhentet i database ved Sveriges Geologiske Undersøgelser (SGU, 2023) i december 2023, stationsdækningen er vist i figur 2.1.



Figur 2.1. Vanddata fra Miljøportalen (2023) og SGU (2023).

2.3 VanDa data

For zink og kobber er outliers/afvigende værdier over 250 µg/l fjernet før databehandlingen. Det er især for ferskvandsdataene, at der findes høje værdier, nogle af dem kan være rapporteringsfejl, da de ligger en faktor 1000 højere end de andre (sandsynligvis enhedsfejl).

Data for marine prøver er behandlet for sig, ligesom prøver taget i forbindelse med badevandskvalitet er behandlet for sig, da de er angivet som total-indhold, og ikke filtrerede prøver. For vanadium og zink er mere end 25 % af resultaterne under detektionsgrænsen, og for kobber er det mere end 10 %, hvorfor den faktiske grænse for 10 % percentilen er ukendt, men lavere end detektionsgrænsen (tabel 2.3)

Tabel 2.3. Percentiler af VanDa data for marint vand (opløst fraktion)

Metal	Antal prøver (n)	5%	10%	25%	50%	75%
Barium µg/l	85	10,00	11,00	14,00	17,00	21,00
Vanadium µg/l	85	<1	<1	<1	1,40	2,40
Arsen µg/l	85	1,0	1,10	1,30	1,60	2,00
Kobber µg/l	85	<0,2	<0,2	0,28	0,50	0,92
Zink µg/l	85	<0,2	<0,2	<0,2	1,20	3,30

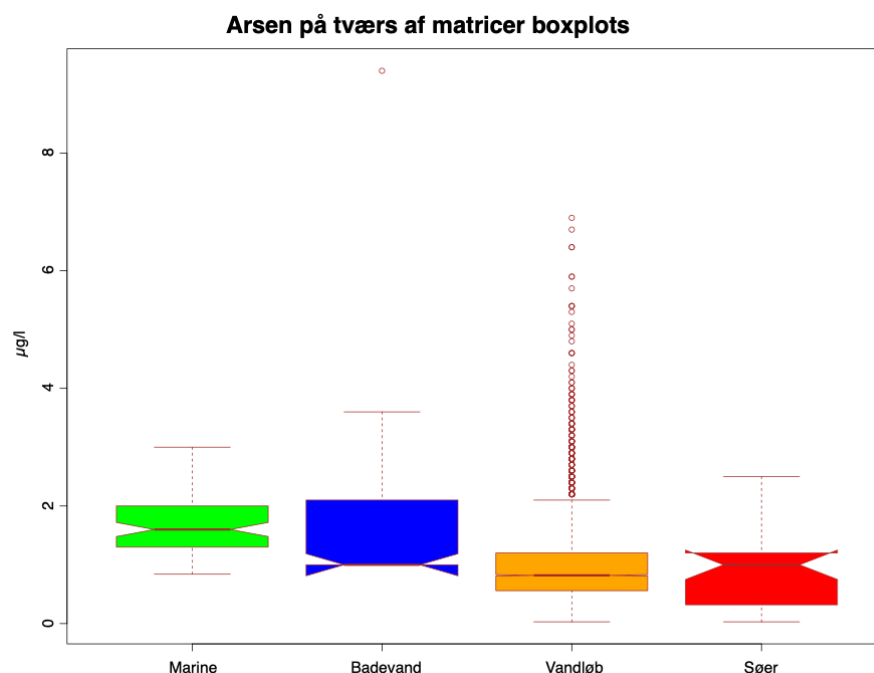
Sammenholdes med ferskvandsdataene fra VanDa (tabel 2.4), som angiver den forventede koncentration fra vandløbene, ses at koncentrationen for 10% percentilen af barium fra ferskvand er dobbelt så højt som for marint vand og kobber mindst 50% højere, så kystnært vil man forvente et højere barium og kobberindhold nær vandløbs udløb. For de fleste andre metaller er 10 % fraktilen (den naturlige baggrundskoncentration) i ferskvand lavere end i havvandet, så ferskvandet fortynder indholdet i kystnært Øresundsvand

Tabel 2.4. Percentiler af VanDa data for ferskvand (opløst fraktion), søer og vandløb

Metal	Antal prøver (n)	5%	10%	25%	50%	75%
Barium µg/l	6685	16,00	21,00	33,00	46,00	63,00
Vanadium µg/l	5871	<0,2	<0,2	0,24	0,40	0,64
Arsen µg/l	6442	0,3	0,38	0,56	0,82	1,2
Kobber µg/l	8184	0,21	0,30	0,51	0,89	1,50
Zink µg/l	7731	<0,2	<0,2	0,82	1,90	4,70

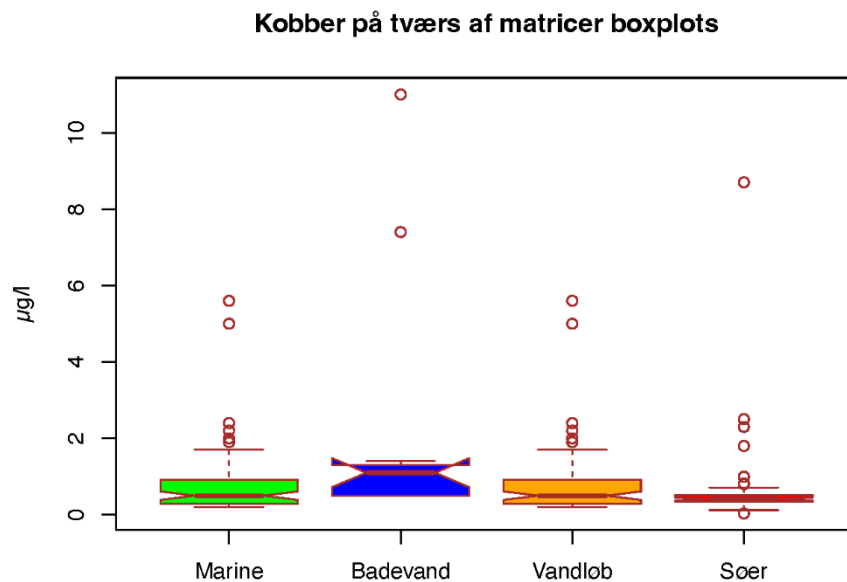
Forskellen mellem marine, badevand (kun total arsen, kobber og zink målt), vandløb og søer er vist i figur 2.2-2.6 som boxplots, efter udelukkelse af data over 250 µg/l for kobber og zink (outliers). Bemærk at der kun er rapporteret badevand fra 2 stationer (Tårnbæk Havn i Øresund og Gildbæk i sydlige Lillebælt) med 3 prøver for arsen og 11 prøver for kobber og zink. Data er kun anvendt til sammenligning, og badevandsdata indgår ikke i fastlæggelsen af baggrundskoncentrationen.

Figur 2.2. Opløst arsen fra hele Danmark målt i marine vande, vandløb og søer. Bemærk at for arsen er de 3 VanDa-prøver suppleret med 83 resultater fra Øresund, så der indgår 86 resultater for badevand, af både total og opløst fraktion (se tekst).



Detektionsgrænsen for arsen er 0,03 µg/l for ferskvand, men ingen data er fundet under detektionsgrænsen for opløst fraktion. Der er en tydelig tendens til at ferskvand er lavere end marine prøver, ligesom det ofte ses, at arsen indholdet stiger med saliniteten i marine prøver. Naturlige baggrundskoncentrationer i Øresund forventes derfor at være højere end i Østersøen (HELCOM baggrundsværdier), og lavere end i Nordsøen.

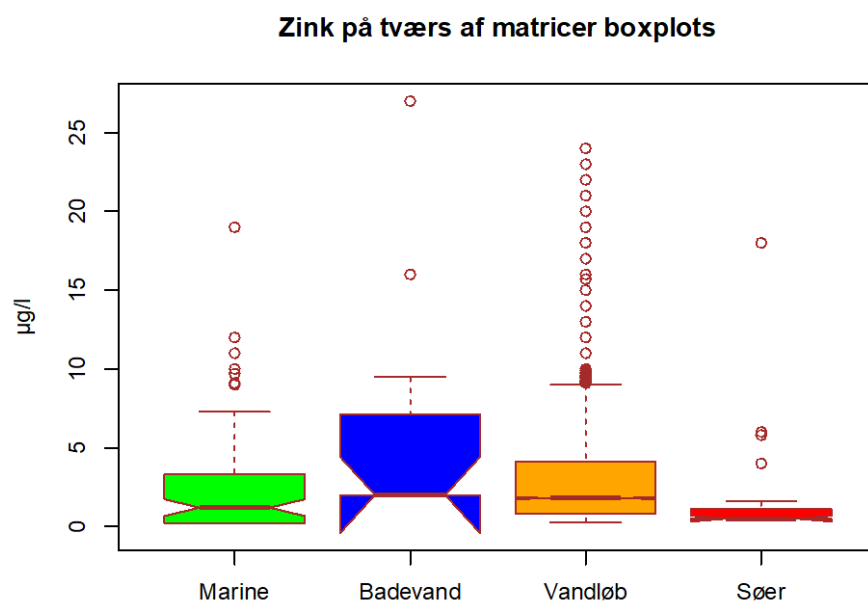
Figur 2.3. Opløst kobber koncentrationer fra hele Danmark målt i marine vande, vandløb og søer, for badevand er der dog målt total kobber.



Koncentrationen af kobber i marine prøver ligger på niveau med søer og lidt lavere end vandløb. Baggrundskoncentrationen for marint vand bør ligge under detektionsgrænse niveauet for målingerne (0,2 µg/l), med 12 prøver ikke påvist for kobber (~14 % af de 85 prøver). For de svenske marine og brakvandsdata findes 0,36 µg/l som 10 % fraktilen, hvilket er væsentligt højere end den danske 10 % fraktil, sandsynligvis pga. højere kobberindhold i ferskvandstilstrømningen pga. forurening (se afsnit 2.4 nedenfor). Det anbefales at anvende en naturlig baggrundskoncentration på 0,2 µg/l, som er i samme koncentrationsniveau som OSPARs naturlige baggrundskoncentrationer for sydlige Nordsø og Kattegat (tabel S.1 og 2.2), da de svenske Østersø baggrundskoncentrationer kan være påvirket af høje kobber tilledninger fra ferskvand.

Det må anbefales at finde laboratorier med lavere detektionsgrænser, helst under 0,05 µg/l (laveste niveau for OSPARs naturlige baggrundskoncentrationer), for at få reelle værdier på det lave niveau.

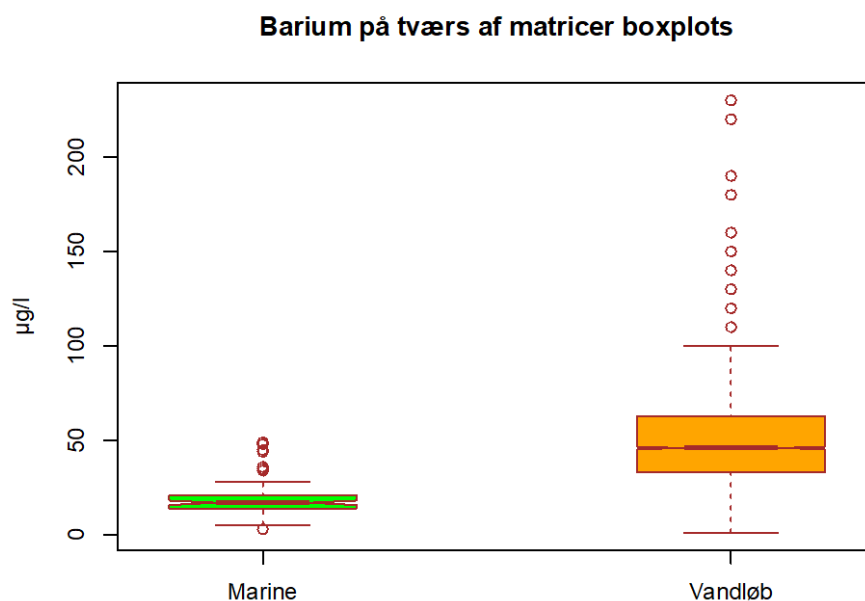
Figur 2.4. Opløst zink koncentrationer fra hele Danmark målt i marine vande, vandløb og søer, for badevand er der dog målt total zink.



Koncentrationen af zink i marine prøver ligger på niveau med søer og lidt lavere end vandløb. Den naturlige baggrundskoncentration for marint vand bør ligge under detektionsgrænse niveauet for målingerne (0,2 µg/l), med 23 prøver ikke påvist for zink (27 % af de 85 prøveresultater), hvilket er i samme område som OSPARs naturlige baggrundskoncentrationer for sydlige Nordsø.

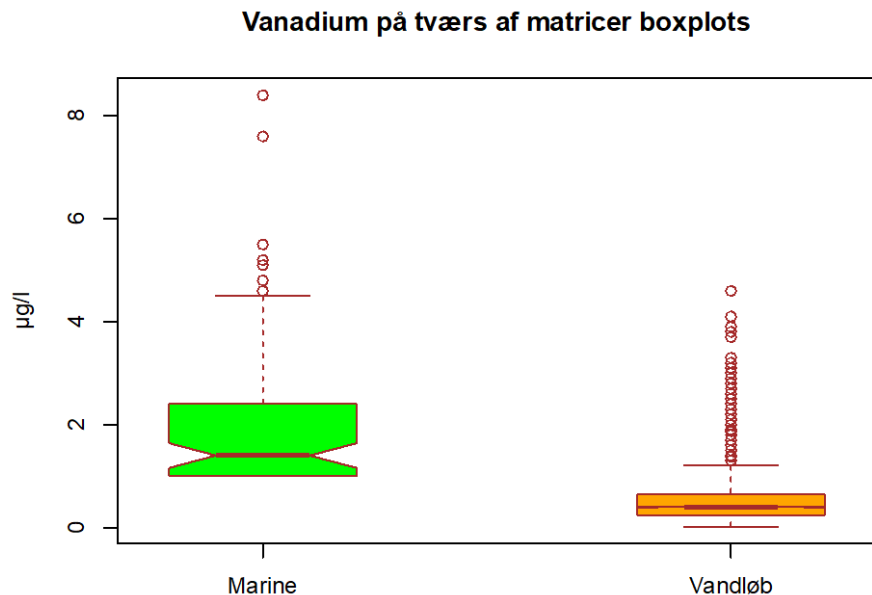
Det må anbefales at finde laboratorier med lavere detektionsgrænser, helst under 0,03 µg/l (laveste niveau for OSPARs naturlige baggrundskoncentrationer), for at få reelle værdier på det lave niveau.

Figur 2.5. Opløst barium koncentrationer fra hele Danmark i marine og vandløbsprøver (ingen data tilgængelig for søer og badevand).



Ingen resultater for barium er under detektionsgrænsen, så den afledte naturlige baggrundskoncentration vurderes at være velunderbygget, og er på niveau med den Hollandske 10 % percentil for ferskvand (22 µg/l) der anvendes som naturlig baggrundskoncentration i Holland (Verbruggen *et al*, 2020). Bariumindholdet i havvand anvendes til at vurdere alkalinitet, biologisk produktivitet og input fra floder (Horner *et al* 2015, Hsieh *et al* 2017), og findes i havet som barit (bariumsulfat) og koncentrationen i verdenshavene tilskrives sediment og hydrotermiske væld i oceanerne, som giver et relativt højt naturligt baggrundsniveau i verdenshavene, som kan modelleres og dokumenteres med isotop-ratio for forskellige barium isotoper (Mete, 2023) og er stærkt knyttet til silikatindholdet. Udfældningen af barium fra vandfasen er en langsom proces i forhold til opblanding, så Øresund er nok for lille havområde med for kraftig havstrømme til at se fald i koncentrationer på grund af udfældning.

Figur 2.6. Opløst vanadium koncentrationer fra hele Danmark i marine og vandløbsprøver (ingen data tilgængelig for søer og badevand)



Detektionsgrænsen for vanadium i marine prøver er 1 µg/l, og vanadium er ikke påvist i 19 prøver (22 % af de 85 prøver). Datagrundlaget er derfor relativt lille, og det anbefales at få prøver analyseret med lavere detektionsgrænse. For ferskvand er detektionsgrænsen 0,2 µg/l, men der er stadig ca. 20 % af vandløbsmålingerne hvor vanadium ikke er påvist.

2.4 Svenske data

Data fra svenske screeningundersøgelser viser lavere niveau af barium i marint og brakvand end de danske data, og de har bedre detektionsgrænser for vanadium, hvilket kunne friste til at sætte en lavere grænse end de 1 µg/l som er sat tentativt pga. de høje danske detektionsgrænser for marint vand. Men ferskvandsresultaterne er nogenlunde på niveau med de svenske, selvom der er flere ikke påviste prøver.

For arsen er de svenske koncentrationer generelt lavere både i ferskvand og marint/brakvand end for de danske data, hvilket er i overensstemmelse med forventede lavere salinitet i de svenske prøver taget fra Østersø siden. For kobber er der væsentligt højere indhold i ferskvande, og lidt højere indhold for zink. I marint vand er niveauerne lidt højere for kobber og noget højere for zink i den lave ende, hvor de danske resultater er under detektionsgrænsen op til 25 % percentilen. Dette kunne indikere, at zink stiger ved lavere saliniteter, som også indikeret ved generelt højere koncentrationer i ferskvand end i havvand.

De svenske vandløb har generelt et noget højere indhold af kobber end de danske, og meget højere end de svenske havvandsprøver (tabel 2.5). Dette er sandsynligvis pga. fraværet af kalk i den svenske undergrund til at reducere forsurende fra nedbør, og dermed højere opløselighed af kobber i forsuret ferskvand fra bjergegne.

Tabel 2.5. Percentiler af svenske SGU data for marint og brakvand (opløst fraktion)

Metal	Antal prøver (n)	5%	10%	25%	50%	75%
Barium µg/l	23	6,96	7,10	7,7	8,2	8,98
Vanadium µg/l	91	0,22	0,24	0,3	0,4	0,48
Arsen µg/l	174	0,30	0,36	0,49	0,73	0,89
Kobber µg/l	174	<DL	0,36	0,60	0,69	0,79
Zink µg/l	174	<DL	0,72	1,29	1,7	2,71

Table 2.6. Percentiler af svenske SGU data for ferskvand i søer og vandløb (opløst fraktion)

Metal	Antal prøver (n)	5%	10%	25%	50%	75%
Barium µg/l	75	6,15	7,18	11,05	15	23,5
Vanadium µg/l	72	0,08	0,14	0,18	0,25	0,35
Arsen µg/l	186	0,17	0,22	0,28	0,35	0,46
Kobber µg/l	227	6,15	7,18	11,05	15	23,5
Zink µg/l	218	0,61	1,20	1,87	3,8	6,28

2.5 Forslag til naturlige baggrundskoncentrationer i Øresundsvand

Datagrundlaget for de marine prøver er relativt lille, og mange af resultaterne er under detektionsgrænsen for vanadium, kobber og zink. De foreslåede naturlige baggrundskoncentrationer er rimeligt overensstemmende med miljøstyrelsens tidligere anvendte "naturlige baggrundskoncentrationer" (tabel 2.7)

Table 2.7. Forslag til naturlige baggrundskoncentrationer (BC) i danske farvande

Metal	BC Kattegat	BC Østersøen	BC Øresund	MST naturlig BC
Barium µg/l	11	10	10	10
Vanadium µg/l	1,0	0,2	1	1,4
Arsen µg/l	2,0	0,6	1,0	1,0
Kobber µg/l	0,2	0,6	0,2	0,07
Zink µg/l	0,2	0,8	0,2	Ikke angivet

2.6 I forvejen forekommende koncentrationer for Øresundsvand

Der er stillet analyserapporter fra Øresund til rådighed fra Gentofte Kommune (2023), og disse er generelt i niveau med koncentrationerne i VanDadata for de 3 prøvetyper (marine/ikke-kystnære prøver, badevand og havne).

Der er i den seneste analyserapport for prøver udtaget i november 2023 målt på både opløst (filtreret) og total havvand, hvilket viser at forskellen er meget lille for barium 98 % (i gennemsnit for 3 prøver), for arsen 87 %, for zink 72 % og endelig for kobber 46 % lavere indhold som filtreret prøve. Desværre er der ikke målt på vanadium.

I forhold til de foreslåede naturlige baggrundskoncentrationer er både barium, kobber og zink væsentligt højere i den opløste fraktion, for barium imellem 25 og 50 % percentilen, for kobber imellem 50 og 75 % percentilen og for zink over 75 % percentilen for VanDa marine prøver.

For arsen ligger niveauet lige omkring de foreslåede naturlige baggrundskoncentrationer.

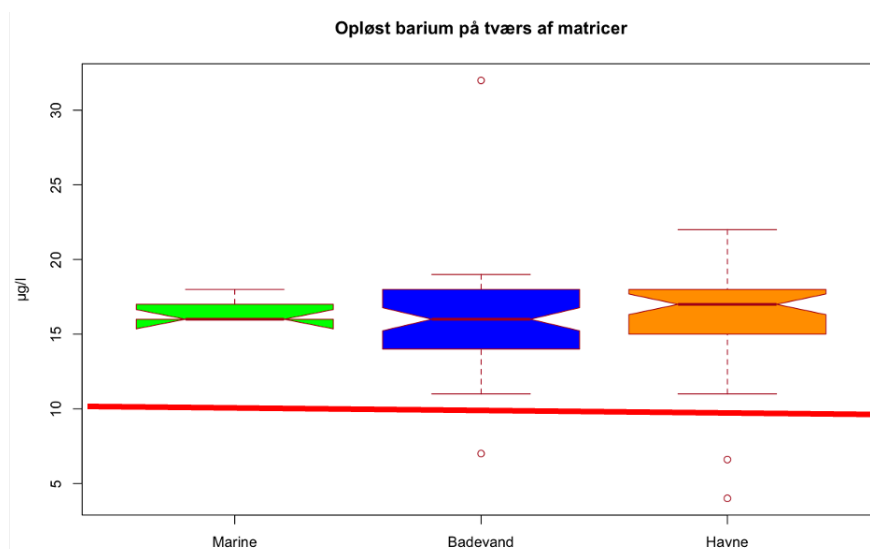
Data fra badevandsanalyser ved København indikerer ligeledes at barium stort set er ens i total og opløste prøver (95 % genfindning af opløst vs. total), men der lader til at være noget galt med filtreringen for arsen, da der findes højere koncentrationer i de opløste ift. de totale (1,5x højere i gennemsnit). Også for zink og kobber findes enkelte tilfælde hvor de opløste er højere end totalmålingerne, men fjernes disse ender man ud med 75 % hhv. 84 % af metallerne som opløste fraktioner. Der er også målt på vanadium i både opløst

og total fraktion, og her er resultaterne meget konstante omkring opløst koncentrationer som 29 ± 6 % af total koncentrationer.

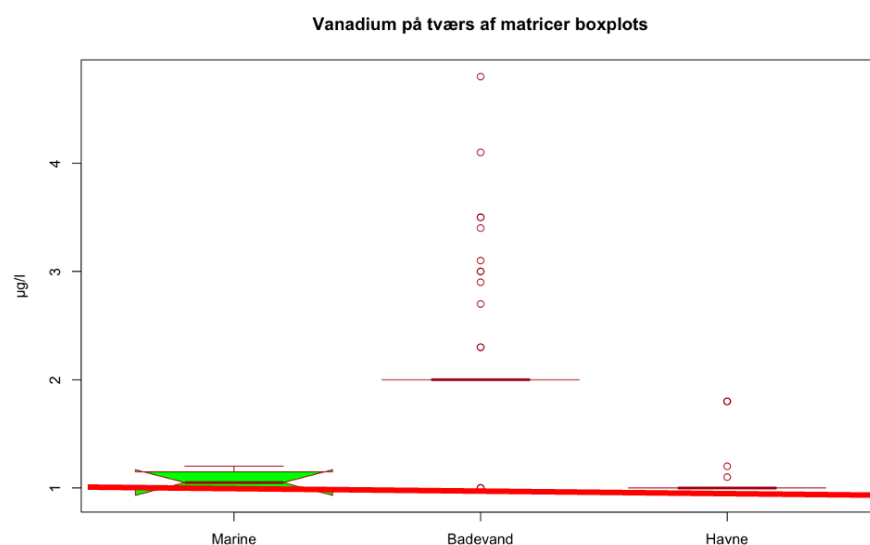
Koncentrationsmæssigt er arsen i badevandet ved København ca. 2x højere end ved Gentofte, som ligger lige omkring baggrundsværdien. For barium er koncentrationerne ens for København og Gentofte, men for de øvrige metaller findes generelt også lavere koncentrationer ved Gentofte end ved København med 2 - 4 gange højere koncentrationer ved København. I forhold til naturlige baggrundskoncentrationer er detektionsgrænserne for badevandsanalyserne generelt en faktor 10 højere end naturlige baggrundskoncentrationer, så for vanadium og kobber er der ingen data, men for zink er koncentrationen 3 gange over baggrundskoncentrationen i Østersøen, og 15 gange over det foreslåede baggrundskoncentrationen i Øresund.

Dette er også det generelle billede fra overvågningsdata fra Lynetteholm og andre kystnære prøver, men også for prøver taget ved Ven i 2022, bortset fra zink og kobber, som ligger lavest.

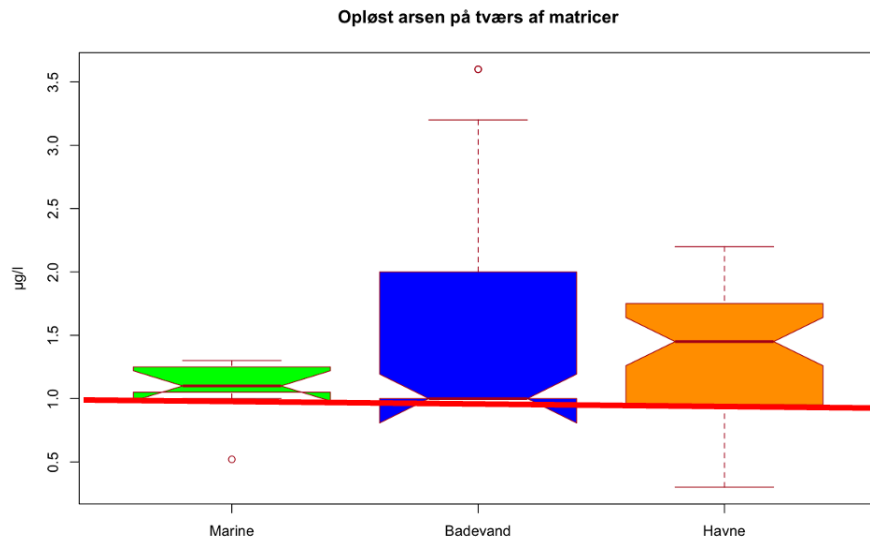
Figur 2.7. Opløst barium i Øresundsvandprøverne sammenholdt med de foreslåede naturlige baggrundskoncentrationer (rød linje = foreslået naturlig baggrundskoncentration for Øresund).



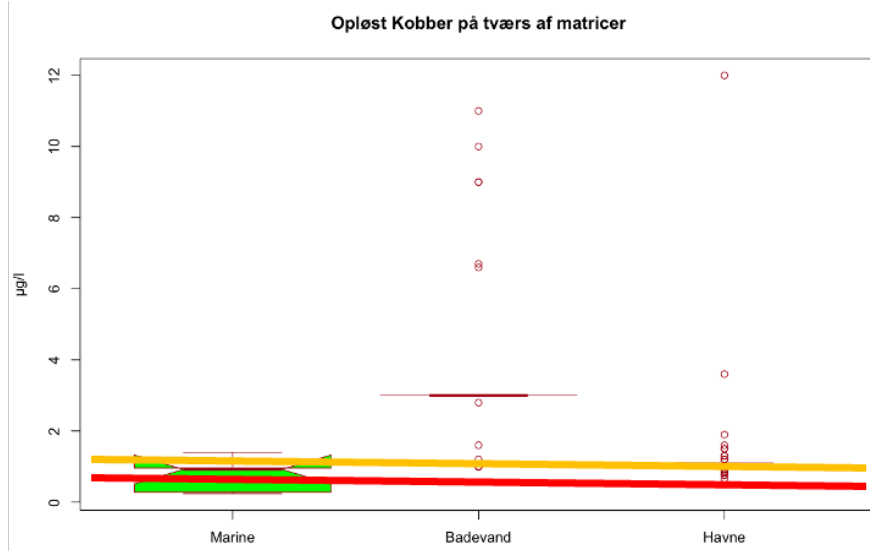
Figur 2.8. Opløst vanadium i Øresundsvandprøverne sammenholdt med de foreslåede naturlige baggrundskoncentrationer (rød linje = foreslået naturlig baggrundskoncentration for Øresund).



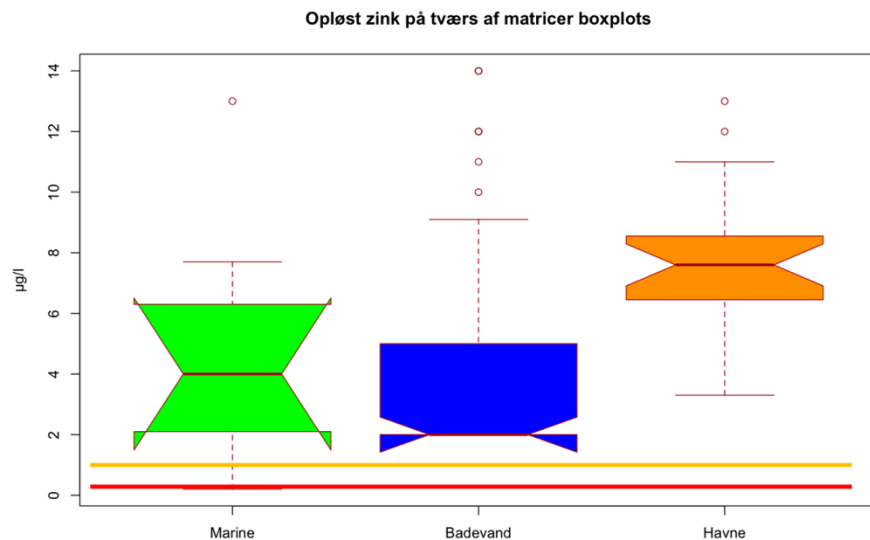
Figur 2.9. Opløst arsen i Øresundsvandprøverne sammenholdt med de foreslåede naturlige baggrundskoncentrationer (rød linje = foreslået naturlig baggrundskoncentration for Øresund).



Figur 2.10. Opløst kobber i Øresundsvandprøverne sammenholdt med de foreslåede naturlige baggrundskoncentrationer (rød linje = foreslået naturlig baggrundskoncentration for Øresund, orange ditto for Østersøen).



Figur 2.11. Opløst zink i Øresundsvandprøverne sammenholdt med de foreslåede naturlige baggrundskoncentrationer (rød linje = foreslået naturlig baggrundskoncentration for Øresund, orange ditto for Østersøen).



På basis af de data, der er stillet til rådighed, vil medianværdien for resultaterne være et godt udgangspunkt som "i forvejen forekommende koncentrationer" (tabel 2.8), hvis der skal regnes på en ny tilførsel. Da de fleste data er fra overvågning efter potentielt yderligere tilført forurening fra diverse byggeprojekter, vil en mere beskyttende tilgangsvinkel være at anvende 10 % percentilen for alle data typer.

Tabel 2.8. Percentiler af data fra Øresund til "i forvejen forekommende koncentrationer". Medianværdien er det bedste estimat for nutidige koncentrationer efter anlægsarbejder og klapninger ved Københavns Havn for vurdering af yderligere forureningstilførsler, 10 % percentilen er mere relevant hvis der ønskes et niveau fra før dette arbejde begyndte, for fastsættelse af grænser for nye forureningstilførsler.

Metal	Antal prøver (n)	10% percentil	Median	90% percentil	Gennemsnit	% total målinger
Barium µg/l	161	13	17	19	16,3	29%
Vanadium µg/l	138	1	2	7,04	2,7	32%
Arsen µg/l	162	0,91	1,2	2,49	1,5	29%
Kobber µg/l	162	0,82	1,15	3,59	2,4	29%
Zink µg/l	143	2	5	12	5,9	33%

3 Fastlæggelse af naturlige baggrundskoncentrationer i sediment

Baggrundsniveauerne for barium, zink, kobber og vanadium er tidligere (bak, 2014) undersøgt for sediment og havvand på nationalt plan, men med relativt få data til rådighed, og uden at få barium og vanadium fastlagt.

Der er i OSPAR sammenhæng defineret naturlige baggrundskoncentrationer for sediment i Nordsøen, normaliseret til 5 % aluminium, og generelt anvendes et begreb kaldet Background Assessment Concentration (BAC), som er den fundne naturlige baggrundskoncentration + den forventede analyse og prøvetagningsusikkerhed. BAC anvendes til at vurdere om en målt koncentration er tæt på baggrund, og er især vigtig for menneskeskabte organiske forureninger, hvor baggrundskoncentrationen pr. definition er 0, dvs. man kan ikke statistisk teste om en koncentration er lig med eller under den. For Østersøen, Øresund og Kattegat har svenskerne definerede naturlige baggrundskoncentrationer som 10 % percentilen af deres målinger i overfladesediment, suppleret med resultaterne fra nogle svenske sedimentkerner hvor der blev fundet overraskende høje koncentrationer i dybere sedimentlag, der burde være fra før menneskeskabt påvirkning i større udstrækning. Endelig er geologisk definerede koncentrationer for de åbne oceaner fra Turekian (1961), baseret på undersøgelser af jordskorpen, hvor de klassiske tre typer af sedimentære bjergarter (skifer (ler), sandsten og karbonat bjergarter) er rapporteret i tabel 3.1, da det er de bjergarter, der dannes under havet (heraf navnet sediment for havbund).

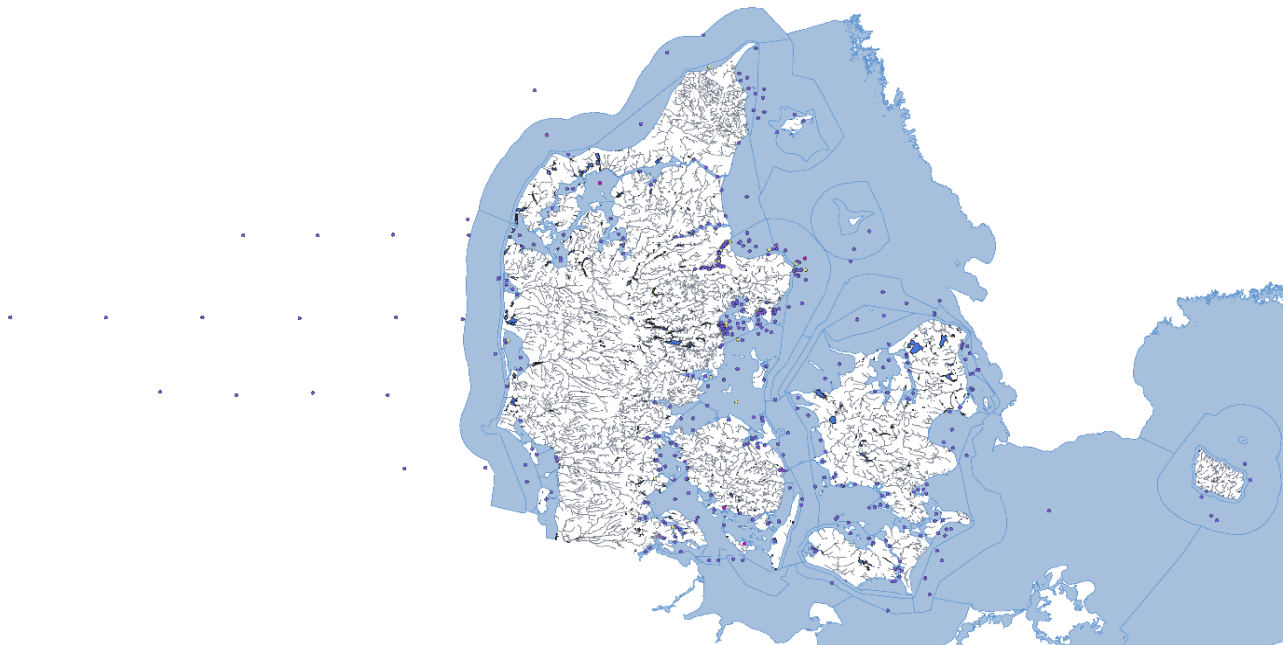
Tabel 3.1. Eksisterende naturlige baggrundskoncentrationer fra havkonventioner og statistisk anvendelig naturlig baggrundsværdi (BAC), som er den naturlige baggrundskoncentration + en analyseusikkerhed. Bemærk OSPAR grænser er normaliseret til 5 % aluminium (OSPAR, 2005). De geologiske naturlige baggrundskoncentrationer er fra dybhavssedimenter i Atlanterhavet men af forskellig geologisk oprindelse (angivet under bemærkninger). Skifer er ler-baserede sedimenter (tæt på 5 % Al), sandsten svarer nogenlunde til den forventede Øresundstype med sandede sedimenter.

Metal mg/kg TS	Arsen	Kobber	Zink	Barium	Vanadium	Bemærkning
OSPAR (BC/BRC)	15	20	90	-	60*110	5% Al
OSPAR (BAC)	25	27	122	-	-	5% Al
SEPA (2000)	10	20	85	-	-	
Sedimentkerner ^a	12	39	141	-	-	
Geologisk	13	45	95	580	130	Skifer
Baggrund	1	1-9 ^b	16	10-99 ^b	20	Sandsten
Turekian (1961)	1	4	20	10	20	Karbonat

a: 10th percentile fra Shahabi-Ghahfarokhi (2021).

b: Koncentrationerne angivet med interval betyder, at der er stor variation indenfor den dekade, der er angivet.

Data fra Miljøportalen er udtrykket januar 2024 for marine stationer. Der er fundet 610-961 resultater for arsen, kobber og zink, så der er nok data til at 10 % percentilen kan betragtes som et godt estimat af en nutidig baggrundskoncentration. For barium og vanadium er der kun 60 og 105 observationer til rådighed, så her er 10 % percentilerne kun tentative naturlige baggrundskoncentrationer, på grund af det lille antal resultater. Der er IKKE foretaget normalisering af data, da det kun er i NOVANA prøver normaliseringsparametrene (aluminium, lithium eller TOC) kan forventes målt, så de kan ikke sammenlignes direkte med OSPAR og SEPA baggrundsværdier.



Figur 3.1. Fordeling af sedimentdata fra VanDa via miljøportalen (2024)

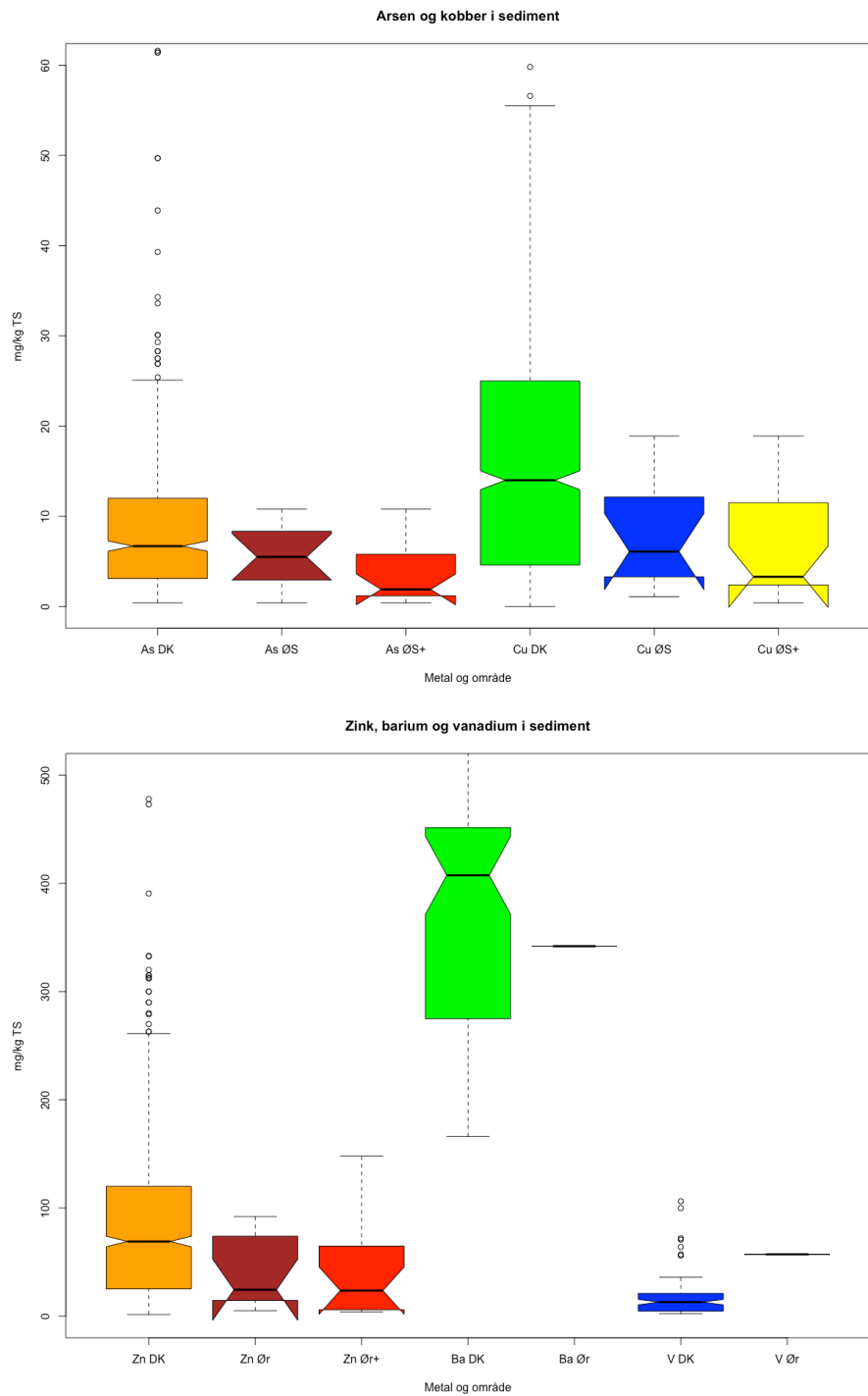
Sedimentprøverne fra VanDa dækker alle danske farvandsområder (figur 3.1). Opsummering af percentilerne (tabel 3.2) viser markant højere koncentrationer af barium, og lidt højere koncentrationer af zink, i forhold til det der forventes i sandsten og karbonater (Turekian, 1961), svarende til sand eller kalkholdige sedimenter som er mest forekommende i Øresund. De store forskelle mellem 5 % percentilen og 75 % percentilen for kobber og zink indikerer store forskelle i sedimenttyperne, men også menneskelige tilførsler med mange outliers, når der laves boxplots (figur 3.2).

Tabel 3.2. Percentiler af marine VanDadata for sediment (total oplukninger, men ikke normaliseret).

Metal	Antal data (n)	5%	10%	25%	50%	75%
Barium mg/kg TS	60	192	226	277	408	446
Vanadium mg/kg TS	105	3,0	3,0	4,7	13,0	21,0
Arsen mg/kg TS	610	1,3	1,7	3,1	6,7	12,0
Kobber mg/kg TS	955	1,0	1,6	4,6	14,0	25,0
Zink mg/kg TS	961	7	10	25	69	120

Det er muligt at anvende 10 % percentil-dataene direkte til fastlæggelse af naturlige baggrundskoncentrationer for hele Danmark, for barium og vanadium er der dog færre resultater og resultatet er derfor lidt mere usikkert (kursiv i tabel 3.2). Da dataene ikke er normaliseret til aluminium eller lithium, ses noget lavere koncentrationer end OSPAR og HELCOM har forudsat, da sandindhold i mange af sedimenterne virker som fortynding af det naturlige metalindhold i leret, som normaliseringen regner tilbage til.

Figur 3.2. Sediment boxplots for metaller fra hele Danmark (DK), Øresund (Ør) og Øresund + vandområdet nord for Sjælland (Gilleleje-Hundested) og nordlige Køge Bugt. Bemærk øvre grænse sat til 60 og 500 så øvre outliers for kobber (Cu), zink (Zn) og barium (Ba) er fjernet. For Ba og vanadium (V) er der kun en måling fra Øresund (og ingen fra de tilstødende vandområder).



3.1 I forvejen forekommende koncentrationer for Øresunds-sediment

Der er kun 1 måling af barium og vanadium i Øresunds sediment (figur 3.2, nederst), som ligger under medianen for barium, men vanadiumresultatet fra Øresund er en af outlierne for hele Danmark. For arsen, kobber og zink er der 11 resultater fra selve Øresund og Nivå Bugt resultater, der ligger i 25- 75 % percentilerne for hele Danmark, med medianen liggende omkring 25 % percentilen. Både for Øresund og for Øresund inklusiv de omkringliggende vandområder (Nordlige Køge Bugt og vandområdet nord for kysten mellem Gilleleje og Hundested) er der 18 prøver, men de fleste fra de ydre områder er lavere end i Øresund så medianerne for Ør+ (figur 3.2) er lavere end kun for Ør, men de øvre grænser er de samme.

Der er ikke nok data, selv om de to nærliggende vandområder inkluderes, tils at definere naturlige baggrundskoncentrationer eller i forvejen fastsatte koncentrationer for sediment i Øresund, men indikationen fra figur 3.2 er, at koncentrationerne i Øresund ligger lavere end de generelle koncentrationer i danske sedimenter. Det kan skyldes, at der er målt på mere sandede sedimenter end i resten af Danmark (hvilket kan skyldes de højere gennemstrømnings-hastigheder i Øresund). Forventningen til forurening i Øresund er, at der er større menneskelig påvirkning baseret på skibstrafik, antal indbyggere og dermed spildevandsmængde og den meget industri i Øresundsregionen. Tabel 3.3 viser 10 % percentilen (stort set minimumskoncentrationen målt i sediment) og medianen for de 11 målinger fra Øresund. Et bud på en i forvejen fastsat koncentration kunne være medianværdien for Øresundsdata, men der er ikke nok data til, at det vil være en velunderbygget koncentration. For naturlig baggrundskoncentration er den danske 10 % percentil (Naturlig BC Danmark) det bedste bud – også for Øresund.

En bedre naturlig baggrundskoncentration lokalt for Øresund kan kun findes ved analyser af dybe sedimentkerner fra Øresund, men det er sandsynligvis svært at finde områder, hvor sedimenter ikke har været forstyrret af bunddyr eller stormvejr, så de kan kategoriseres som uforstyrrede. Bedste bud vil være prøver fra de dybe render omkring Ven på svensk område.

Tabel 3.3. Forslag til naturlige Baggrundskoncentrationer (BC) i danske farvande uden normalisering til aluminium. Median og 10 % percentil værdierne for Øresunds 11 prøver er vist til sammenligning

Metal	Antal DK (n)	Naturlig BC Danmark	Antal Øresund (n)	10% percentil Øresund	Median Øresund	Bemærkning
Barium mg/kg TS	60	226	1	-	-	Få data
Vanadium mg/kg TS	105	3,0	1	-	-	Få data
Arsen mg/kg TS	610	1,7	11	1,3	5,5	Ikke normaliseret
Kobber mg/kg TS	955	1,6	11	1,9	3,3	Ikke normaliseret
Zink mg/kg TS	961	10	11	5,0	14,5	Ikke normaliseret

4 Konklusioner

På baggrund af tilgængelige VanDa data er 10 % percentilen anbefalet som baggrundsværdi for havvand. For kobber, vanadium og zink er dette svarende til ikke-detekteret (mindre end detektionsgrænsen), og værdierne er derfor kun tentative, da det ikke er en reel 10 % percentil der er anvendt, men detektionsgrænsen. For sediment er niveauet i Øresund generelt i den lavere ende af VanDa databasen, men der er for få (1-21) resultater til at fastlægge en lokal naturlig baggrundsværdi, især for barium og vanadium, derfor anvendes den landsdækkende baggrundsværdi. Da Øresund, især sedimentet, generelt forventes påvirket af havneaktiviteter og industri, er der ingen anbefaling om normalværdi.

I forhold til de faktiske målinger i Øresund er der som forventet højere indhold end i de foreslåede naturlige baggrundskoncentrationer, især for kystnære prøver, mens de forventede mest påvirkede metaller zink og kobber er noget lavere i overfladevand fra det centrale Øresund (ved Ven), hvilket indikerer, at der er en påvirkning fra København generelt. Men selv i det centrale Øresund er koncentrationerne forhøjede i forhold til de foreslåede naturlige baggrundskoncentrationer.

Bemærk at koncentrationerne i sediment generelt er en faktor 1000 højere end i koncentrationen i vand, hvilket betyder, at selv små mængder sediment i vandet kan have stor indflydelse på total-målinger i forhold til måling i opløste fraktioner.

Tabel 4.1. Baggrundsniveauer foreslået for vand og sediment i Øresund sammenlignet med andre farvande. For havvand er niveauerne baseret på 10 % fraktiler af havvand kombineret med tidligere forslag i OSPAR/HELCOM og med skelen til de svenske hav- og brakvands nedre grænser. For sediment er anvendt 10 % percentil for generelle kriterier - de samme for Øresund. Værdierne er afrundet til nærmeste 5 mg/kg for barium i sediment. Endelig er Øresunds "i forvejen forekommende koncentrationer" angivet, baseret på 10 % percentilen af alle tilgængelige nyere Øresundsdata (µg/l)

Metal	Status	Kattegat (OSPAR) µg/l	Østersøen (HELCOM) µg/l	Øresund 10% percentil µg/l	I forvejen forekommende koncentration	Øresund Sediment mg/kg TS
Barium	Vand god, Sediment tentativ	11	10	10	13	225
Vanadium	Vand og Sediment tentativ	1,0	0,2	1	1	3
Arsen	Vand og Sediment god	2,0	0,6	1,0	0,91	1,7
Kobber	Vand tentativ Sediment god	0,2	0,6	0,2	0,82	1,6
Zink	Vand tentativ Sediment god	0,2	0,8	0,2	2	10

5 Referencer

ak, J. Larsen, M.M. (2014) Baggrunds niveau for barium, zink, kobber, nikkel og vanadium i fersk- og hav- vand

EU (2019) Guidance Document No. 38. Technical Guidance for implementing Environmental Quality Standards (EQS) for metals. Consideration of metal bioavailability and natural background concentrations in assessing compliance

Gentofte Kommune (2023) Arbejdsdokument_baggrundskoncentrationer (IFF og naturlig) i Øresund_version2_CBAN.xls

Grasshoff, K., Kremling, K. Ehrhardt, H. (1999) Methods of seawater analysis / ed. by Klaus Grasshoff. With contributions by Leif Anderson; Constant van den Berg. - 3rd, completely rev. and extended ed. - Weinheim; New York; Chichester; Brisbane; Singapore; Toronto: Wiley-VCH

Henriksen, P., Andersen, J., Carstensen, J., Christiansen, T., Conley, D., Dahl, K., Dahlløf, I., Hansen, J.L.S., Josefson, A., Larsen, M.M., Lundsgaard, C., Markager, S., Nielsen, T.G., Pedersen, B., Rasmussen, B., Strand, J., Ærtebjerg, G., Fossing, H., Krause-Jensen, D., Middelboe, A.-L., Risgaard-Petersen, N., Ellermann, T., Hertel, O., Skjøth, C.A., Ovesen, N.B., Glasius, M., Pritzl, G. & Gustafsson, B.G. (2001) Marine områder 2000 - Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 110 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 375. https://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrappor-ter/rapporter/fr375.pdf.

Horner, T.J. Kinsley, C.W. Nielsen, S.G. (2015) Barium-isotopic fractionation in seawater mediated by barite cycling and oceanic circulation Earth Planet. Sci. Lett., 430, pp. 511-522, <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.07.027>, 2015.

Hsieh, Y.-T. and Henderson, G. M.: Barium stable isotopes in the global ocean: Tracer of Ba inputs and utilization, Earth Planet. Sc. Lett., 473, 269-278, <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2017.06.024>, 2017.

Mete, Ö. Z., Subhas, A. V., Kim, H. H., Dunlea, A. G., Whitmore, L. M., Shiller, A. M., Gilbert, M., Leavitt, W. D., and Horner, T. J. (2023) Barium in seawater: dissolved distribution, relationship to silicon, and barite saturation state determined using machine learning, Earth Syst. Sci. Data, 15, 4023-4045, <https://doi.org/10.5194/essd-15-4023-2023>, 2023.

Miljøministeriet (2017) BEK nr 1433 af 21/11/2017 Bekendtgørelse om krav til udledning af visse forurenende stoffer til vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og havområder <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2017/-1433>

Miljøministeriet (2023) BEK nr 796 af 13/06/2023 Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2023/796>

Miljøministeriet (2024) BK nr 48 af 12/01/2024 Miljøbeskyttelsesloven <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2024/48>

Miljøportalen (2023) vanddata hentet december 2023: https://miljoedata.mil-joeportalen.dk/?cp=1008_270&cp=1008_271&cp=1008_318&cp=1008_350&cp=1008_353&mt=Badevandsstation&mt=Marin&mt=Sø&mt=Vandløb

Miljøportalen (2024) Sediment data hentet januar 2024: https://miljoedata.miljoportal.dk/?cp=1008_270&cp=1008_271&cp=1008_318&cp=1008_350&cp=1008_353&mt=Marin

MIM (2023) BEK nr 529 af 14/05/2023 <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2023/529>

OSPAR (2005) Agreement on Background Concentrations for Contaminants in Seawater, Biota and Sediment. OSPAR Agreement 2005-6. OSPAR Commission, London, 2005, 4 Sider

OSPAR (2018) CEMP Guidelines for Monitoring Contaminants in Sediments. Revised in 2018 <https://www.ospar.org/documents?d=32743>

SEPA (2000) Environmental Quality Criteria. Coast and Seas. Report 5052. Rapport fra naturvardsvärket (Sveriges Environmental Pollution Agency)

SEPA (2000a) Environmental Quality Criteria. Lakes and water courses. Report 5050 Rapport fra naturvardsvärket (Sveriges Environmental Pollution Agency)

SGU (2023) vanddata hentet december 2023: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-marinkemi-metaller.html>

Shahabi-Ghahfarokhi et al (2021) Background concentrations and extent of Cu, As, Co, and U contamination in Baltic Sea sediments. Journal of Sea Research 176 102100

SLU (2009) Bakgrundshalter av metaller i Svenska inlands- och kustvatten Rapport 2009:12 Roger Herbert, Louise Björkvald, Teresia Wällstedt och Kjell Johansson Institutionen för vatten och miljö. Sveriges lantbruksuniversitet.

Szubska, M. (2018). Arsenic in the Environment of the Baltic Sea – A Review. In: Zielinski, T., Sagan, I., Surosz, W. (eds) Interdisciplinary Approaches for Sustainable Development Goals. GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71788-3_9

Turekian, K.K., Wedepohl, K.H. (1961) Distribution of the elements in Some Major Units of the Earth's Crust. Geol. Soc. Am. Bull., 72, pp. 175-192

Verbruggen, E.M.J., Smit, C.E., van Vlaardingen, P.L.A. (2020) Environmental quality standards for barium in surface water. Proposal for an update according to the methodology of the Water Framework Directive. RIVM letter report 2020-0024. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2020-0024.pdf>

Ærtebjerg, G. & Andersen, J.H. (red.), Bendtsen, J., Carstensen, J., Christiansen, T., Dahl, K., Dahllöf, I., Ellermann, T., Fossing, H., Greve, T.M., Gustafsson, K., Hansen, J.L.S., Henriksen, P., Josefson, A.B., Krause-Jensen, D., Larsen, M.M., Markager, S., Nielsen, T.G., Ovesen, N.B., Petersen, J.K., Riemann, B., Risgaard-Petersen, N., Ambelas Skjøth, C., Stedmon, C., Strand, J., Nielsen, S.P., Jensen, J.B & Madsen, H.B. (2004) Marine områder 2003 – Miljøtilstand og udvikling. 97 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 513. https://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrappporter/rapporter/fr513.pdf

BAGGRUNDSKONCENTRATIONER AF ARSEN, KOBBER, ZINK, BARIUM OG VANADIUM I ØRESUNDS VAND OG SEDIMENT

På basis af EU Guidance dokument 38 om fastlæggelse af EQS (miljøkvalitetskriterier) og naturlige baggrundskoncentrationer for metaller i havmiljøet, er der for danske farvande udviklet naturlige baggrundskoncentrationer for arsen, barium, kobber, vanadium og zink i marine sediment og havvand med særlig fokus på Øresund. Datagrundlaget er danske og svenske nationale databaser og metoden er 10%-percentiler kombineret med og sammenlignet med især OSPAR og HELCOM udviklede baggrundskoncentrationer i havmiljøet. Et estimat af det nuværende forureningsniveau i Øresund er også genereret (i forvejen forekommende koncentrationer) for anvendelse ved tilladelse af nye udledninger.