

Undersøgelser af klappladser i Køge Bugt: Vinterstatus 2023

Feltundersøgelser ved og omkring klappladser

Udkast til rapport

Projektnr. 11823523-25

28.04.2023

Udarbejdet for Udviklingsselskabet By & Havn I/S



Undersøgelser af klappladser i Køge Bugt: Vinterstatus 2023

Feltundersøgelser ved og omkring klappladser

Udkast til Rapport

Projektnr. 11823523-25

Udarbejdet for: Udviklingsselskabet By & Havn I/S

Repræsenteret ved: Noelle Kehli og Robin M. Kotsia



Sedimentprøve, 2023

Kontaktperson: Jesper Goodley Dannisøe, jda@dhigroup.com
Projektleder: Jesper Goodley Dannisøe
Kvalitetsansvarlig: Bo Brahtz Christensen
Udarbejdet af: Jesper G. Dannisøe, Claus Jørgensen, Lars O. Mortensen og Cecilie Borch Devantier
Projektnr.: 11823523-25
Godkendt af:
Godkendelsesdato: 28-04-2023
Revision: Udkast 1.0
Klassifikation: **Fortrolig:** Dette dokument er kun tilgængeligt for medlemmerne af projektgruppen og må ikke deles med andre uden kundens forhåndsgodkendelse.
Filnavn: 11823523-25 Køge Bugt Vinterstatus-V2

Indholdsfortegnelse

1	Indledning og baggrund	7
2	Metoder	8
2.1	Stationer	8
2.2	Bundfaunaindsamling	10
2.3	Sedimentkvalitet	10
2.4	Video transekter.....	11
3	Resultater	12
3.1	Bundfauna	12
3.1.1	Artsdiversitet	12
3.1.2	Rumlige fordeling.....	14
3.1.3	Sammenligning med vinteren 2022.....	18
3.2	Sedimentkvalitet	18
3.2.1	Kornstørrelse, TOC, glødetab og næringssalte.	18
3.2.2	Vurdering af sedimentkemi i forhold til Klapvejledningen	20
3.2.3	Vurdering i forhold til miljømål og god miljøtilstand.....	25
3.2.4	Spredning af sediment.....	33
3.3	Videotransekter.....	34
4	Diskussion og Konklusion	37
4.1	Faunaundersøgelse.....	37
4.2	Sedimentkvalitet	37
4.3	Videotransekter.....	39
5	Referencer	40

Figurer

Figur 2-1	Kort over stationer og videotransekter (blå linjer) ved de to klappladser i Køge Bugt. Røde cirkler angiver positioner, hvor det ikke var muligt at tage fuldt sæt prøver. Indsat firkant viser ny position for station KB-4 (KB-4-1). Den nordlige station er Klapplads A og den sydlige station er Klapplads B.....	8
Figur 2-2	Resultat af prøvetagning med van Veen grab på den oprindelige station KB 4.	10
Figur 3-1	Billede af <i>Grandidierella japonica</i> ♀ (WORMS databasen).....	14
Figur 3-2	Bundfauna: Antal individer/m ² . 2022 til venstre, 2023 til højre	15
Figur 3-3	Bundfauna: Antal arter/m ² . 2022 til venstre, 2023 til højre	15
Figur 3-4	Bundfauna: Shannon - Wiener indeks. 2022 til venstre, 2023 til højre	16
Figur 3-5	Bundfauna: Pielou indeks. 2022 til venstre, 2023 til højre.....	16
Figur 3-6	Bundfauna: AMBI-indeks. 2022 til venstre, 2023 til højre.....	17
Figur 3-7	Bundfauna: Biomasse, tørvægt (g/m ²). 21/22 til venstre, 2023 til højre. Data fra 2023, station KB-1 og KB-6 er korrigeret for prøvens indhold af strandkrabben <i>Carcinus maenas</i> , da vægtemæssigt vil skævvride sammenligningsgrundlaget. Se signaturforklaring for 2023 i figuren til højre.	17

Figur 3-8	Grov oversigt over klapperperioden fra 18. januar til 31 marts 2022 med angivelse af, om klappningsmaterialet var fra Svælget (blåt) eller fra Lynetteholm (grønt). (Fra /14/). Der er kun klappet på klapplads B. 25
Figur 3-9	Koncentrationen af anthracen i sedimentprøver fra klappladser i Køge Bugt udtaget vinter 2022 (venstre) og vinter 2023 (højre). 27
Figur 3-10	Koncentrationen af anthracen i sedimentprøver fra klappladser ud for Køge Bugt som funktion af total organisk kulstof, TOC. Sorte punkter er fra vinteren 2022. Orange fra vinteren 2023. Den grønne linje er miljømål i Bek. 1625. Den gule linje er koncentrationen for HELCOMs GES, /3/. Detektionsgrænse er 0,01 mg/kg TS. Resultater under detektionsgrænsen er angivet som 50% af detektionsgrænsen. Bemærk, at akserne er logaritmiske. 27
Figur 3-11	Koncentrationen af PCB-118 (øverst) og PCB-153 (nederst) i sedimentprøver fra klappladser ud for Køge Bugt udtaget vinter 2022 (venstre) og vinter 2023 (højre). ... 29
Figur 3-12	Koncentrationerne af PCB-118 (øverst) og PCB 153 (nederst) i sedimentprøver fra Klappladser i Køge Bugt som funktion af total organisk kulstof, TOC. Sorte punkter viser resultater for vinteren 2022. Orange punkter fra vinteren 2023. Den gule linje viser den af HELCOM foreslåede GES /5/. Analysens detektionsgrænse er 0,0001 mg/kg tørstof. Resultater under detektionsgrænsen er angivet som 50% af metodens detektionsgrænse. Bemærk, at akserne er logaritmiske. 30
Figur 3-13	Koncentrationen af TBT (Kation) i sedimentprøver fra klappladser i Køge Bugt udtaget vinter 2022 (venstre) og vinter 2023 (højre). 32
Figur 3-14	Koncentrationen af TBT (Kation) som funktion af TOC i prøver udtaget ved på Klappladserne ud for Køge Bugt. Sammenligning med HELCOMs, /11/ forslag til kriterium for god miljøtilstand (Gul linje) og klapvejledningens aktionsniveauer (rød og grøn linje). Sorte punkter viser resultater for vinteren 2022. Orange punkter fra vinteren 2023. Analysens detektionsgrænse er 1 µg/kg. Resultater herunder er angivet som 50% af detektions-grænsen. Bemærk, at begge akser er logaritmiske..... 32
Figur 3-15	Øverst: Spredning af sediment estimeret som den akkumulerede overskridelsesvarighed af den dybdemidlede koncentration af suspenderet stof over 2 mg/l. Skala er angivet som dage. Perioden dækker 88 døgn. Nederst: Estimeret aflejring af klappet materiale ved modelperiodens afslutning (30. marts) /16/. 34
Figur 3-17	Ændringer i bunddybder efter klapping i foråret 2022. Den røde firkant angiver udstrækning af klapplads B. 36

Tabeller

Tabel 2-1	Positioner etc. for de 15 stationer i Køge Bugt. Station 4 har ny position. KP = Klapplads A eller B. vV = 250 cm ² van Veen..... 9
Tabel 2-2	Oversigt over sedimentkemiske variable 11
Tabel 3-1	Antal individer pr m ² , og artsdiversiteten beskrevet ved antal arter, Shannon-Wiener (H') og Pielou indeks, samt AMBI og DKI fundet på de 14 stationer i vinteren 2023. KP = Klapplads..... 13

Tabel 3-2	De mest dominerende bundfaunaarter og deres relative hyppighed på hver af de 14 stationer i Køge bugt klappladsområdet i vinteren 2023. KP = Klapplads. Data fra 2022 er vist med grå baggrund.	13
Tabel 3-3	Sedimentkoncentrationer af glødetab, total organisk kulstof (TOC) total-kvælstof og fosfor i sedimentprøver fra klappladserne i Køge Bugt (KB). KP = Klapplads. KB-4, KB-4-1 og KB-10 ligger på klappladserne. De øvrige ligger omkring klappladserne.	19
Tabel 3-4	Forholdet mellem koncentrationen af glødetab, TOC og næringssalte i prøver fra vinter 22 og vinter 23 [Vinter 2023/Vinter 2022]. Ved forhold > 1 er farvetonen brunlig. Ved forhold < 1 er farvetonen grålig og angiver at koncentrationen var højest vinter 2022. Hvis der ikke er angivet værdier, mangler der enten resultater fra vinter 2022 eller/og vinter 2023. KB-4 er sammenligning imellem KB-4 vinter 2022 og KB-4- vinter 2023.	20
Tabel 3-5	Oversigt over anvendte aktionsniveauer i forbindelse med klapning /1/. TS = Tørstof	20
Tabel 3-6	Analyseresultater af tungmetaller, sammenholdt med Klap-vejledningens aktionsniveauer.	21
Tabel 3-7	Oversigt over analyseresultater af Tributyl-tin og derivater i sedimenter. KP = Klapplads.....	22
Tabel 3-8	Oversigt over analyseresultater af PAH-forbindelser i sedimenter. KP = Klapplads....	22
Tabel 3-9	Oversigt over analyseresultater af PCB-forbindelser i sedimenter.....	23
Tabel 3-10	Station KB-4 og KB-4-1: Sammenligning mellem vinteren 2022 og vinteren 2023.....	24
Tabel 3-11	Forholdet mellem koncentrationen af tungmetaller i prøver fra vinter 2022 og vinter 2023 [Vinter 2023/Vinter 2022]. Ved forhold > 1 er farvetonen brunlig. Ved forhold < 1 er farvetonen grålig og angiver at koncentrationen var højest vinter 2022. Hvis der ikke er angivet værdier, mangler der enten resultater fra vinter 2022 eller/og vinter 2023. KB-4 er sammenligning imellem KB-4 vinter 2022 og KB-4- vinter 2023.....	25
Tabel 3-13	Miljømål (mg/kg tørstof) i henhold til Bekendtgørelse 1625 /2/, Miljøstyrelsens kvalitetskriterier /8/ eller HELCOM kriterier for god økologisk tilstand (GES) /3/ samt analysernes detektionsgrænser.	26
Tabel 3-14	Forholdet mellem koncentrationen af PAH'er i prøver fra vinter 2022 og vinter 2023 [Vinter 2023/Vinter 2022]. Ved forhold > 1 er farvetonen brunlig. Ved forhold < 1 er farvetonen grålig og angiver at koncentrationen var højest vinter 2022. Hvis der ikke er angivet værdier, mangler der enten resultater fra vinter 2022 eller/og vinter 2023. KB-4 er sammenligning imellem KB-4 vinter 2022 og KB-4-1 vinter 2023.....	28
Tabel 3-15	Forholdet mellem koncentrationen af PCB'er i prøver fra vinter 2022 og vinter 2023 [Vinter 2023/Vinter 2022]. Ved forhold > 1 er farvetonen brunlig. Ved forhold < 1 er farvetonen grålig og angiver at koncentrationen var højest vinter 2022. Hvis der ikke er angivet værdier, mangler der enten resultater fra vinter 2022 eller/og vinter 2023. KB-4 er sammenligning imellem KB-4 vinter 22 og KB-4- vinter 2023.....	31
Tabel 3-16	Forholdet mellem koncentrationen af Butyl-tin i i prøver fra vinter 2022 og vinter 2023 [Vinter 2023/Vinter 2022]. Ved forhold > 1 er farvetonen brunlig. Ved forhold < 1 er farvetonen grålig og angiver at koncentrationen var højest vinter 2022. Hvis der ikke er angivet værdier, mangler der enten resultater fra vinter 2022 eller/og vinter 2023. KB-4 er sammenligning imellem KB-4 vinter 2022 og KB-4-1 vinter 2023.....	33
Tabel 3-17	Oversigt over observationer fra de 3 transekter i Køge Bugt	35

Bilag

Bilag A

Sedimenter

Bilag A.1 Billeder af sedimentsøjler, eksempler

Bilag B

Sedimentkemiske analyserapporter

Bilag B.1 Sedimentkemi

Bilag B.2 Kornstørrelsesanalyser

Bilag C

Biologi og transekter

Bilag C.1 Tabel for statistiske beregninger af bundfauna, vinteren 2022

Bilag C.2 Billeder fra Transekt 1

1 Indledning og baggrund

Undersøgelser og målinger

Som led i Lynetteholm projektet er der gennemført en række undersøgelser af forholdene ved og omkring selve det område, hvor den kommende Lynetteholm vil ligge, samt ved den klapplads i Køge Bugt, der er brugt til at deponere afgravede materialer.

Formål med undersøgelserne er at sikre at krav omfattet af implementerings-redegørelsens vilkår 5.3.3 og 5.3.5 er overholdt.

I Køge Bugt ved klappladserne blev der gennemført undersøgelser i december 2021-januar 2022. Her blev der udtaget 15 bundfauna- og sedimentprøver, samt optaget video fra 3 transekter, med formål at dokumentere miljøpåvirkningen ved klapping i forhold til omgivelserne og i forhold til de svenske Natura 2000-områder, der ligger tæt ved klappladserne. På grund af anlægsaktiviteterne var det ikke muligt at gennemføre undersøgelser i de perioder, der i diverse tekniske anvisninger fra Miljøstyrelsen anses for optimale.

Der er blevet klappet materiale fra Lynetteholm og uddybning af "Svælget" i perioden fra medio januar 2022 til 31.marts 2022. Det blev efterfølgende besluttet, at der fremover ikke skulle klappes mere materiale fra Lynetteholm i Køge Bugt. Det blev endvidere besluttet, at der skulle gennemføres en opfølgende undersøgelse i januar-februar 2023 for at sikre sammenlignelighed med den baseline rapport, der blev udarbejdet på basis af undersøgelser i december-januar 2022.

Det skal også nævnes, at der blev klappet materiale fra Avedøre Havn i samme periode, hvor der blev klappet fra Lynetteholm og Svælget. Det kan derfor ikke med 100% sikkerhed siges, om prøver taget på klapplads B er taget i sediment fra Avedøre havn eller Lynetteholm/Svælget.

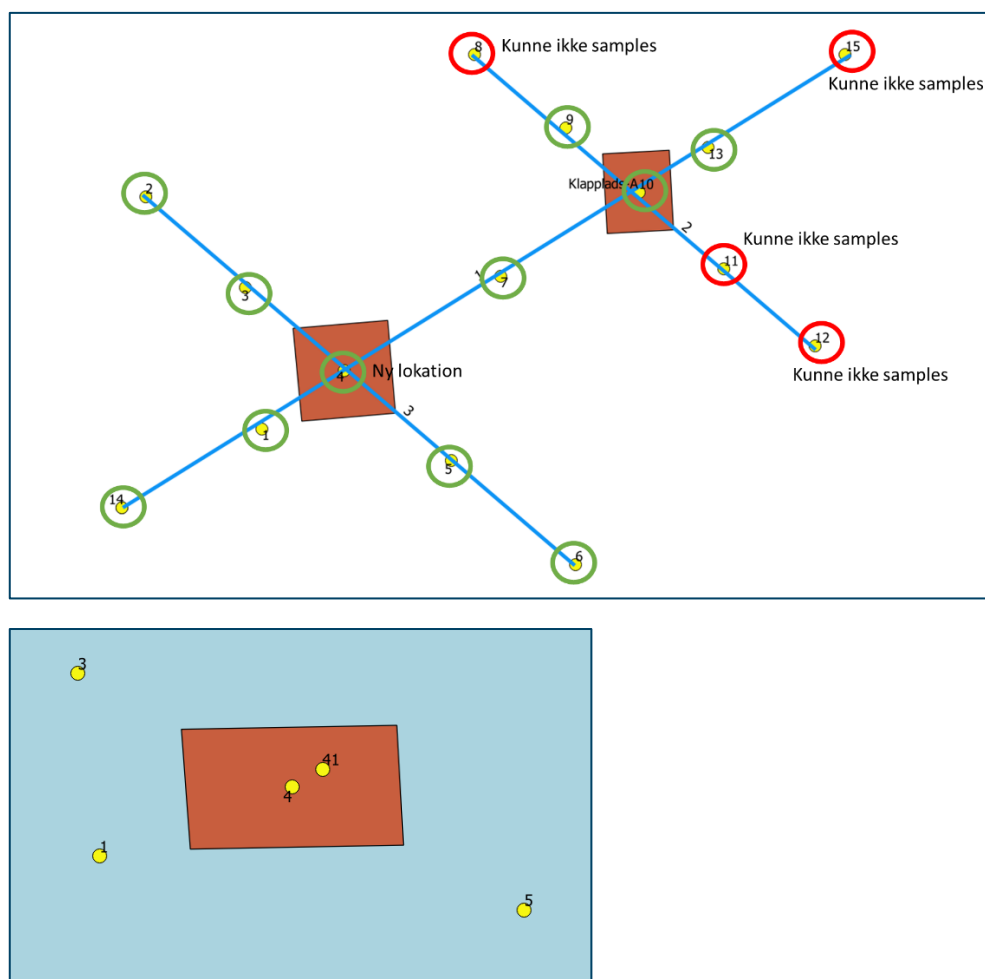
Denne rapport præsenterer resultaterne fra de prøver, der blev udtaget i januar-februar 2023 og sammenligner med resultaterne fra vinteren 2022, med et formål om at dokumentere at klappingens eventuelle påvirkninger af miljøtilstanden ikke forringes eller skades ud over den påvirkning, der er beskrevet i miljøkonsekvensvurderingen.

Det skal understreges at materiale fra Lynetteholm blev klappet kun ved klapplads B. Denne rapport indeholder dog undersøgelser for både klappladser A og B, ud for Køge Bugt, fordi den skal være sammenlignelige med baseline rapporten for klappladserne.

2 Metoder

2.1 Stationer

I Køge Bugt blev der indsamlet prøver til sedimentkemi og biologi ved de to klappladser på 15 stationer. På hver station skulle der indsamles 7 Haps prøver (søjler med areal på 149 cm²), samt 2 Haps til sedimentkemi, kornstørrelse og back-up. Området ved de to klappladser er meget stenet, hvilket gør indsamling meget svært, og det var derfor ikke muligt at indsamle fuldt sæt prøver på enkelte af stationerne. Station KB-4 ligger i Klapplad B og blev flyttet til KB-4-1, da der på den originale position er klappet stenmateriale fra uddybningen af Svælget. På enkelte stationer var det kun muligt at udtage en lille van Veen bundprøve, som blev brugt til vejledende bundfaunaundersøgelser, mens det ikke var muligt at tage repræsentative prøver til sedimentkemi og kornstørrelsesfordeling. KB-10 ligger på Klapplad A. Figur 2-1 giver et overblik over prøvetagningsstationerne og Tabel 2-1 information om position, dybde, indsamlede prøver og dato for prøvetagning eller forsøg på prøvetagning.



Figur 2-1 Kort over stationer og videotransekter (blå linjer) ved de to klappladser i Køge Bugt. Røde cirkler angiver positioner, hvor det ikke var muligt at tage fuldt sæt prøver. Indsat firkant viser ny position for station KB-4 (KB-4-1). Den nordlige station er Klapplad A og den sydlige station er Klapplad B.

Tabel 2-1 Positioner etc. for de 15 stationer i Køge Bugt. Station 4 har ny position. KP = Klapplads A eller B. vV = 250 cm² van Veen

Station	KP	N°	E°	Dybde m	Indsamlet		Dato
					Biologi	Sediment	
KB-1	KP-B	55,4534	12,58424	14,9	Ja	Ja	23-1-2023
KB-2	KP-B	55,46918	12,57187	14,5	Ja	Ja	24-1-2023
KB-3	KP-B	55,46285	12,583	15	Ja	Ja	24-1-2023
KB-4	KP-B	55,45707	12,59402	14,5	Nej	Nej	-
KB-4-1	KP-B	55,4582	12,5955	14,5	Ja	Ja	24-1-2023
KB-5	KP-B	55,45064	12,60602	12	Ja	Ja	24-1-2023
KB-6	KP-B	55,4434	12,61991	13,8	Ja	Ja	24-1-2023
KB-7	MIDT	55,46325	12,6142	12,5	Ja	Ja	24-1-2023
KB-8	KP-A	55,47671	12,60916	13,6	Nej. 1 vV	Nej	24-1-2023
KB-9	KP-A	55,4726	12,6209	12,5	Ja	Ja	24-1-2023
KB-10	KP-A	55,46793	12,62958	11,2	Ja	Ja	6-2-2023
KB-11	KP-A	55,4615	12,64066	12,8	Nej. 1 vV	Nej	6-2-2023
KB-12	KP-A	55,45702	12,64935	12,2	Nej. 1 vV	Nej	6-2-2023
KB-13	KP-A	55,47058	12,63817	11,0	Ja	Ja	6-2-2023
KB-14	KP-B	55,44866	12,56713	14,0	Ja	Ja	24-1-2023
KB-15	KP-A	55,47663	12,65432	12,0	Nej	Nej	6-2-2023

Station KB-4 blev flyttet ca. 130 m mod nordøst, da der på den originale position er klappet stenmateriale fra uddybningen af Svælget. Se eventuelt Figur 2-2. Det er således vigtigt at pointere, at der ikke kan laves en direkte sammenligning mellem data fra station KB-4 fra 2022 med data fra station KB-4-1 fra 2023. Dog ligger begge stationer inden for klapplads B (Areal 490.000 m²). Rapportens forside viser et billede af sedimentet på den nye station KB-4.1.

På enkelte stationer var det kun muligt at udtage en lille van Veen bundprøve, som blev brugt til vejledende bundfaunaundersøgelser, mens det ikke var muligt at tage repræsentative prøver til sedimentkemi og kornstørrelsesfordeling.

KB-8, KB-11, KB-12 og KB-15 kunne ikke prøvetages i normalt omfang. Gentagne forsøg med HAPS samleren, der udtager en sedimentkerne, mislykkedes pga. for mange sten, som forhindrede prøvetagningscylinderen i at trænge ned i sedimentet. Prøvetagning med van Veen grabben, der graver det øverste af sedimentet op, mislykkedes også.

I de efterfølgende tabeller vil station KB-14 blive vist efter stationerne 1-6 for at sammenholde alle stationer, der relaterer sig til klapplads B, og stationerne KB-8 til KB-15 (ekskl KB-14) relaterer sig til klapplads A. Station KB-7 ligger midt mellem de to klappladser, og kan således indgå i vurdering af begge klappladser.



Figur 2-2 Resultat af prøvetagning med van Veen grab på den oprindelige station KB 4.

For at forbedre mulighed for at indsamle med HAPS blev der monteret et videokamera på prøvetageren for at kunne dirigere den ned på bunden, når bundforholdene så favorable ud. Dette medførte en forbedret prøvetagning på enkelte stationer, men kunne ikke sikre fuld indsamling på alle stationer.

Eksempler på HAPS-prøver er vist i Bilag A.

2.2 Bundfaunaindsamling

De stationer, hvor der blev udtaget prøver til faunabestemmelse, fremgår af Tabel 2-1. På hver station blev der udtaget 7 prøver, som hver blev sigtet gennem en 1 mm sigte. Sigteresten blev konserveret i 96% ren alkohol og efterfølgende sendt til identifikation hos Dansk Biologisk Laboratorium.

2.3 Sedimentkvalitet

Stationer, hvor der blev prøvetaget til sedimentanalyser og kornstørrelsesfordeling for bundfauna, blev der også udtaget sedimentprøver til analysering af nedenstående variable, for så vidt indsamlingen var mulig grundet bundforholdene. Prøverne blev udtaget med samme indsamlingsudstyr som prøver til faunabestemmelse, for så vidt at bundforholdene tillod det. Hovedparten blev udtaget med en HAPS, mens enkelte blev udtaget med en van Veen grab. I Bilag A ses et par eksempler på sedimentkerner.

Straks efter udtagning blev prøverne holdt kolde og efterfølgende lagt i fryser får de blev leveret til ALS Global til kemiske analyser, jævnfør nedenstående tabel.

Det skal understreges, at sammenligner man nedenstående tabel med den fra 2022-rapporten /15/, så er der udeladt en række phthalater og nonylphenoler, som i 2022 kun blev analyseret for på sedimenter ved selve Lynetteholm efter anmodning fra Københavns Kommune. Der blev således ikke analyseret for disse variable på sedimenterne fra klappladserne i hverken 2022 eller 2023.

Tabel 2-2 Oversigt over sedimentkemiske variable

Variable	Variable
Tørstofindhold	Total-kvælstof
Kornstørrelsesfordeling	Total-fosfor
Organotinforbindelser:	Total Organic Carbon, TOC
Tributyltin-Sn	Anthracen
TBT-kation	Benzo(a)anthracen
Dibutyltin-Sn	Benz(a)pyren
DBT-kation	Benzo(ghi)perylene
Monobutyl-Sn	Chrysen
MBT-kation	Fluoranthren
Tørstof	Indeno(1,2,3-cd)pyren
Glødetab af total prøve	Phenanthren
Arsen	Pyren
Bly	PCB congen 28
Barium	PCB congen 52
Cadmium	PCB congen 101
Chrom	PCB congen 118
Kobber	PCB congen 138
Kviksølv	PCB congen 153
Nikkel	PCB congen 180
Zink	

2.4 Video transekter

Der blev optaget tre videotransekter den 27. januar 2023. Transekterne fremgår af Figur 2-1.

Der blev anvendt en slæbevideo, som blev trukket efter et skib med en hastighed på 1,5 – 2 knob. Der blev løbende noteret bundforhold på transekterne.

3 Resultater

3.1 Bundfauna

3.1.1 Artsdiversitet

I vinteren 23 blev der samlet prøver på i alt 14 stationer. Her var der i gennemsnit 4169 (sd $\pm$ 2502) individer per m² fordelt på 5 taxa, med Gastropoda (snegle) som det mest dominerende artsgruppe (taxon). Den gennemsnitlige biomasse var 583 (sd $\pm$ 63) g tørvægt per m². Den hyppigst forekommende art var sneglen *Peringia ulvae* (gennemsnitligt 2542 individer per m²), efterfulgt af blåmuslingen *Mytilus edulis* (1435 individer per m²) som er tilknyttet hård bund, men også kan forekomme på sandbund. Børsteormen *Pygospio elegans* (416 individer per m²) var også hyppigt forekommende. Fordelingen af de tre mest forekommende arter ligner derfor artsfordelingen fundet ved baseline undersøgelserne i vinteren 22. En oversigt over alle arter sammen med det gennemsnitlige antal identificerede individer per m² kan ses i **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**

I NOVANA's overvågning af de marine områder for 2021 /17/, Tabel 8.1, er der i Køge Bugt fundet indvidtætheder på 1.339 m⁻² med en biomasse på 170 g vådvægt m⁻² i 5,2 m dybde. Dvs. at antallet af individer og biomasse gennemsnitligt er højere i og ved Klappladserne på 12 - 15 m dybde end fundet i NOVANA's overvågning ved 5,2 m dybde.

Artsrigdommen per station blev målt med et Shannon-Wiener index (H'), som beskriver antallet af arter i forhold til totalantallet af individer. Der blev fundet en gennemsnitlig ($\pm$ sd) artsrigdom i bundfaunaen i vinteren 2023 på 1,0 ($\pm$ 0,19). Til sammenligning var NOVANA's Shannon-Wiener index for Køgebugt på 1, det samme, som er fundet i og omkring klappladserne. Resultatet fra vores målinger er derfor komparative med artsrigdommen for det samlede område. Dog skal det nævnes at NOVANA aggregere data fra hele Køge bugt til målingen.

Diversiteten blev desuden beregnet med et Pielou index, som beskriver, om antallet af individer er fordelt ligeligt på arterne, eller om enkelte arter dominerer samfundet. Det gennemsnitlige Pielou index var i vinteren 2023 på 0.46 ($\pm$ 0.1), jf. **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**, hvilket indikerer, at en stor del af de identificerede individer fordeler sig på få antal arter. Slutteligt blev der også estimeret et AMBI index (AZTI Marine Biotic Index) for de individuelle stationer og for området generelt. AMBI index går på en skala fra 0 (uforstyrret) til 7 (livløst). På klappladserne lå AMBI i vinteren 2023 på 3.01 ($\pm$ 0.1), hvilket indikerer en let forstyrret havbund. Station KB-4 og KB-10 ligger begge i centrum af de to udpegede klappladser. Dette kan forklare det lave antal individer på KB-10, mens station KB-4 ikke udviser samme reduktion i antal individer.

I rapporten for vinteren 2022 blev der brugt hhv. Margaleff index for artsrigdom og Simpson index for artsdiversitet, men efter henstilling fra Københavns Kommune er der nu brugt hhv. Shannon-Wiener og Pielou. Data fra vinteren 2022 er omregnet, således at det har været muligt at lave en sammenligning mellem de to undersøgelser. En tabel med de omregnede værdier fra vinteren 2022 er i Bilag C.1.

Generelt indikerer en højere værdi af de nævnte indekser en bedre miljøtilstand.

En oversigt over de 3 mest dominerende arter per station ses i Tabel 3-2, hvor der også vises de tilsvarende 3 mest dominerende arter fra vinteren 2022.

Tabel 3-1 Antal individer pr m², og artsdiversiteten beskrevet ved antal arter, Shannon-Wiener (H') og Pielou indeks, samt AMBI og DKI fundet på de 14 stationer i vinteren 2023. KP = Klapplads

KP	Station	Antal individer (per m ²)	Antal arter	H'	Pielou	AMBI	DKI
Klapplads B	KB-1	4367	14	1.15	0.43	3.00	0.54
	KB-2	2348	10	1.08	0.47	3.01	
	KB-3	1989	13	1.22	0.47	3.11	0.54
	KB-4.1	5406	13	1.14	0.44	2.99	0.54
	KB-5	5266	15	1.00	0.37	2.94	0.52
	KB-6	4456	14	0.91	0.34	2.97	0.51
	KB-14	3377	10	0.94	0.41	3.07	
	KB-7	3737	12	0.87	0.35	3.04	0.50
Klapplads A	KB-8	9301	6	0.97	0.54	2.94	0.52
	KB-9	4576	14	1.20	0.45	3.18	0.54
	KB-10	260	3	0.51	0.47	3.00	0.45
	KB-11	1469	5	1.21	0.75	3.00	0.55
	KB-12	8600	11	1.08	0.45	2.92	0.54
	KB-13	3217	7	0.80	0.41	3.01	0.49

Tabel 3-2 De mest dominerende bundfaunaarter og deres relative hyppighed på hver af de 14 stationer i Køge bugt klappladsområdet i vinteren 2023. KP = Klapplads. Data fra 2022 er vist med grå baggrund.

KP	Station	Arter Vinter 23	Antal ind.m ²	2022 arter	Antal ind.m ²
Klapplads B	KB-1	<i>Peringia ulvae</i>	3057	<i>Peringia ulvae</i>	1748
		<i>Pygospio elegans</i>	360	<i>Pygospio elegans</i>	500
		<i>Scoloplos armiger</i>	340	<i>Scoloplos armiger</i>	340
	KB-2	<i>Peringia ulvae</i>	1618	<i>Pygospio elegans</i>	270
		<i>Pygospio elegans</i>	280	<i>Scoloplos armiger</i>	260
		<i>Scoloplos armiger</i>	270	<i>Peringia ulvae</i>	260
	KB-3	<i>Peringia ulvae</i>	1369		-
		<i>Pygospio elegans</i>	240		-
		<i>Scoloplos armiger</i>	130		-
	KB-4.1	<i>Peringia ulvae</i>	3886	<i>Peringia ulvae</i>	430
		<i>Mytilus edulis</i>	350	<i>Cerastoderma glaucum</i> / <i>Hediste diversicolor</i> / <i>Pygospio elegans</i>	70
		<i>Cerastoderma glaucum</i>	330		
	KB-5	<i>Peringia ulvae</i>	4136	<i>Peringia ulvae</i>	2348
		<i>Pygospio elegans</i>	290	<i>Cerastoderma glaucum</i>	539
		<i>Cerastoderma glaucum</i>	170	<i>Pygospio elegans</i>	340
	KB-6	<i>Peringia ulvae</i>	3546	<i>Peringia ulvae</i>	1269
		<i>Pygospio elegans</i>	270	<i>Pygospio elegans</i>	390
		<i>Scoloplos armiger</i>	200	<i>Cerastoderma glaucum</i>	320
	KB-14	<i>Peringia ulvae</i>	2517	<i>Peringia ulvae</i>	1039
		<i>Scoloplos armiger</i>	480	<i>Scoloplos armiger</i>	539
		<i>Hediste diversicolor</i>	120	<i>Pygospio elegans</i>	480
	KB-7	<i>Peringia ulvae</i>	2967	<i>Peringia ulvae</i>	1898
		<i>Pygospio elegans</i>	310	<i>Pygospio elegans</i>	1359

KP	Station	Arter Vinter 23	Antal ind.m ²	2022 arter	Antal ind.m ²
		<i>Scoloplos armiger</i>	180	<i>Scoloplos armiger</i>	410
Klapplads A	KB-8	<i>Peringia ulvae</i>	4755	<i>Peringia ulvae</i>	2028
		<i>Mytilus edulis</i>	3916	<i>Pygospio elegans</i>	979
		<i>Cerastoderma glaucum</i> og <i>Pygospio elegans</i>	210	<i>Scoloplos armiger</i>	210
	KB-9	<i>Peringia ulvae</i>	2547	<i>Scoloplos armiger</i>	380
		<i>Pygospio elegans</i>	1469	<i>Peringia ulvae</i>	310
		<i>Scoloplos armiger</i> og <i>Tubificoides benedii</i>	120	<i>Pygospio elegans</i>	260
	KB-10	<i>Peringia ulvae</i>	220	<i>Mytilus edulis</i>	1598
		<i>Mytilus edulis</i>	30	<i>Peringia ulvae</i>	1169
		<i>Hediste diversicolor</i>	10	<i>Cerastoderma glaucum</i>	100
	KB-11	<i>Peringia ulvae</i>	769	<i>Pygospio elegans</i>	2448
		<i>Pygospio elegans</i>	420	<i>Peringia ulvae</i>	839
		<i>Scoloplos armiger</i>	140	<i>Scoloplos armiger</i>	70
	KB12	<i>Mytilus edulis</i>	5640		-
		<i>Peringia ulvae</i>	1880		-
		<i>Pygospio elegans</i>	520		-
	KB-13	<i>Peringia ulvae</i>	2318	<i>Peringia ulvae</i>	1538
		<i>Pygospio elegans</i>	729	<i>Pygospio elegans</i>	1429
		<i>Mytilus edulis</i>	80	<i>Scoloplos armiger</i>	280

Krebsdyret *Grandidierella japonica*, som blev fundet på stationerne KB-8 og KB-11, og KB-12, er en invasiv art, der først for nyligt er fundet i Øresund. Som navnet antyder, er der tale om en japansk art, som sandsynligvis er indslæbt med ballastvand.

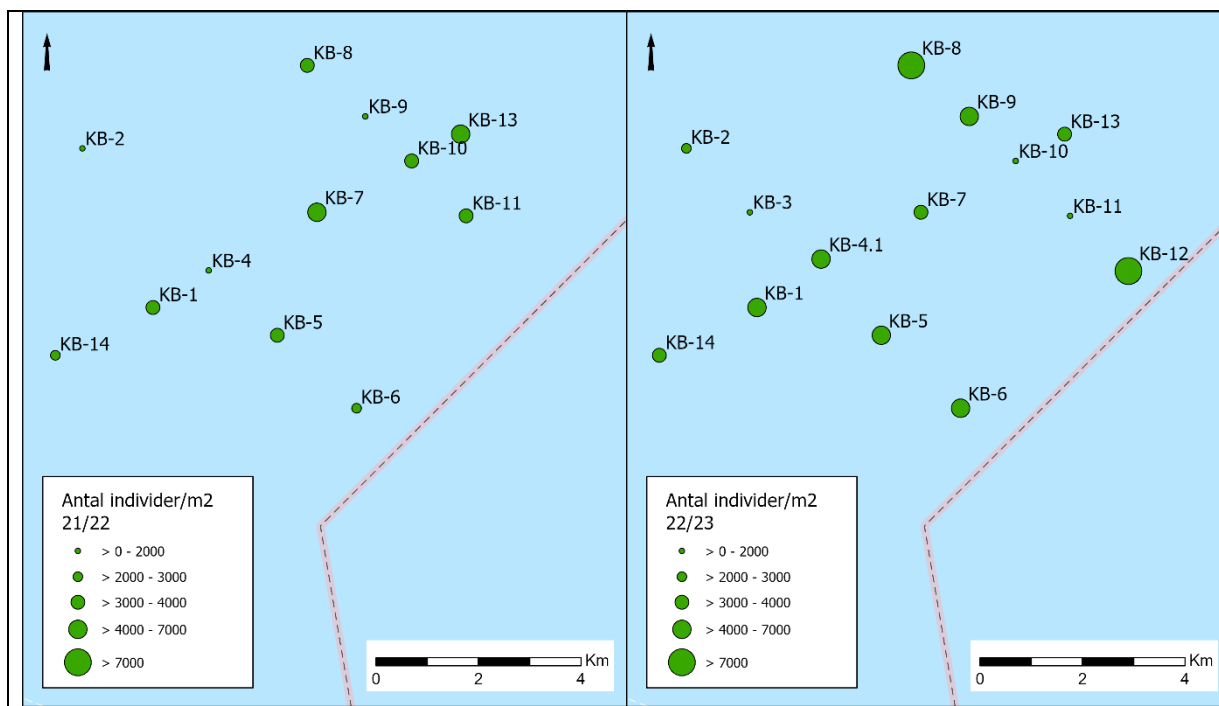


Figur 3-1 Billede af *Grandidierella japonica* ♀ (WORMS databasen).

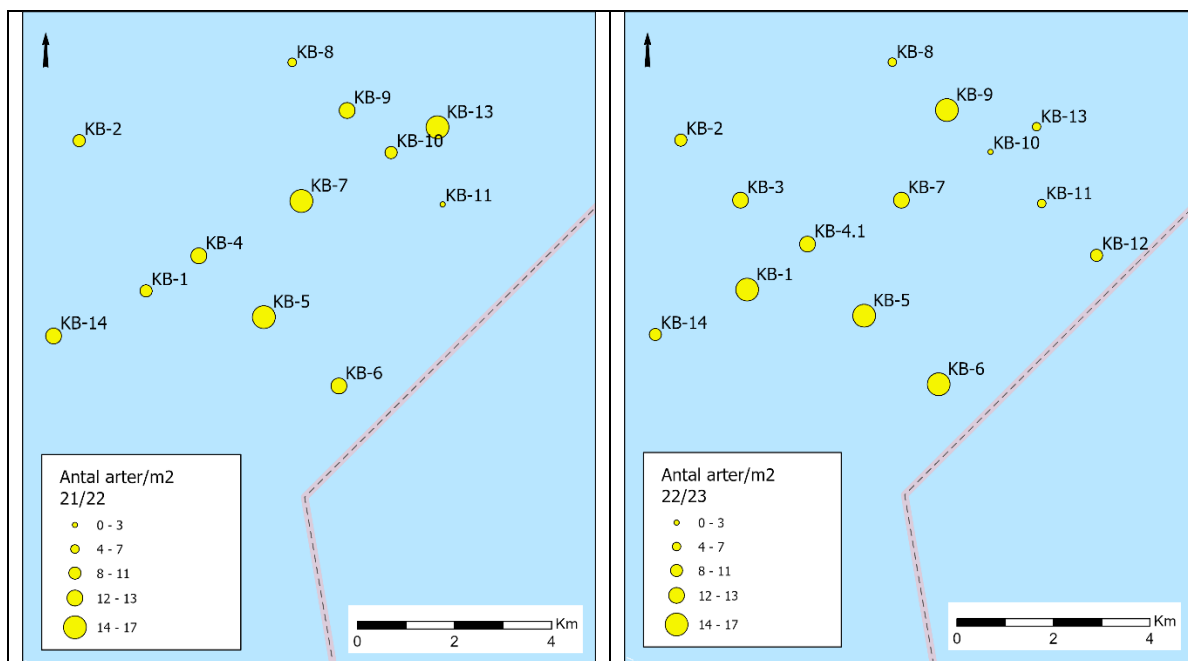
3.1.2 Rumlig fordeling

For at estimere den rummelige fordeling af diversitetsmålene er disse blevet plottet per station (**Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** -Figur 3-6). Her ses det, at antallet af individer/m² per station er steget fra vinteren 22 til vinteren 2023. Antallet af arter/m² per station er stabilt på de fleste stationer fra vinteren 22 til 2023. Dog er der spatiale ændringer, eksempelvis er antallet af arter på stationen KB-13 lavere i vinteren 2023 end i 22, mens station KB-9 har et højere antal arter i 2023 i forhold til 22. Shannon-Wiener (H') værdierne falder generelt fra vinteren 2022 til 2023, og ligeledes gør Pielou værdierne. Man kan ikke entydigt fastslå, om der er tale om år-til-år variationer eller om der er tale om et fald forårsaget af spredning af det klappede materiale. Enkelte arter som blåmuslingen, *Mytilus edulis*, optræder i

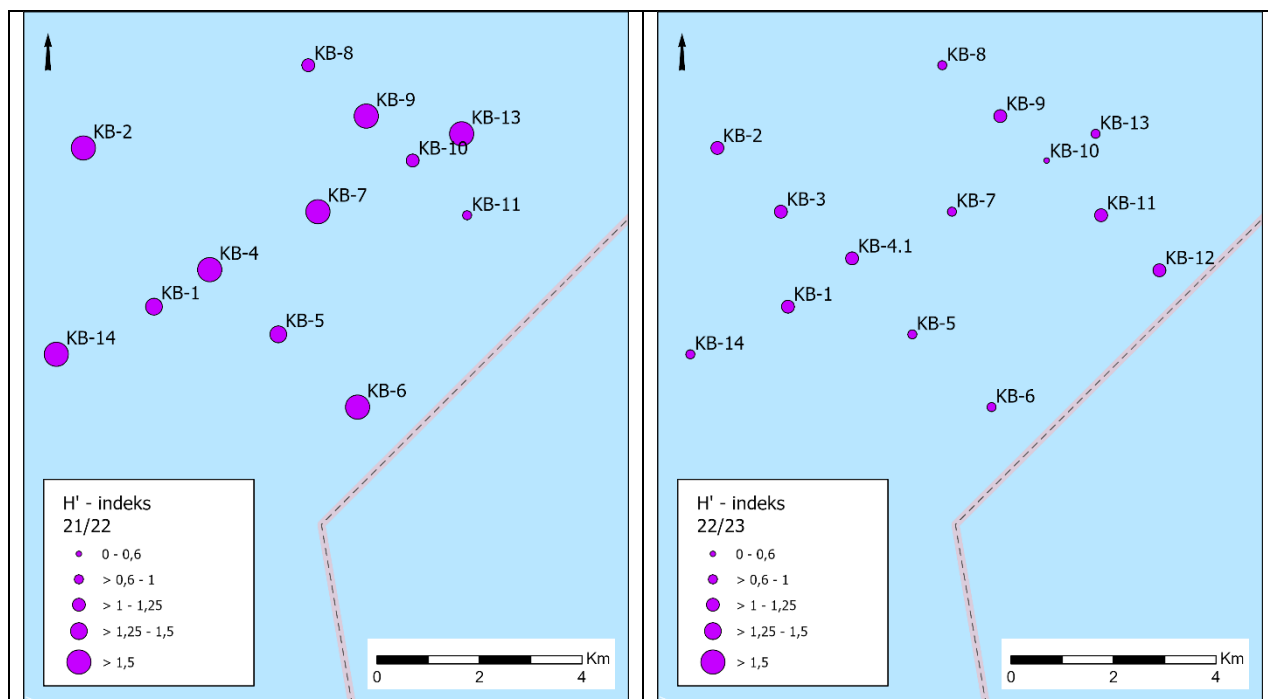
meget store mængder på en station og derfor kan der ske en forskydning af indekset. Masseforekomst af muslinger kan opstå, hvis settling af muslingelarver sker på et gunstigt tidspunkt, men det er ikke sikkert at det er ens fra år til år. AMBI indekssværdierne er stabile og indikerer let forstyrret havbund på alle stationer.



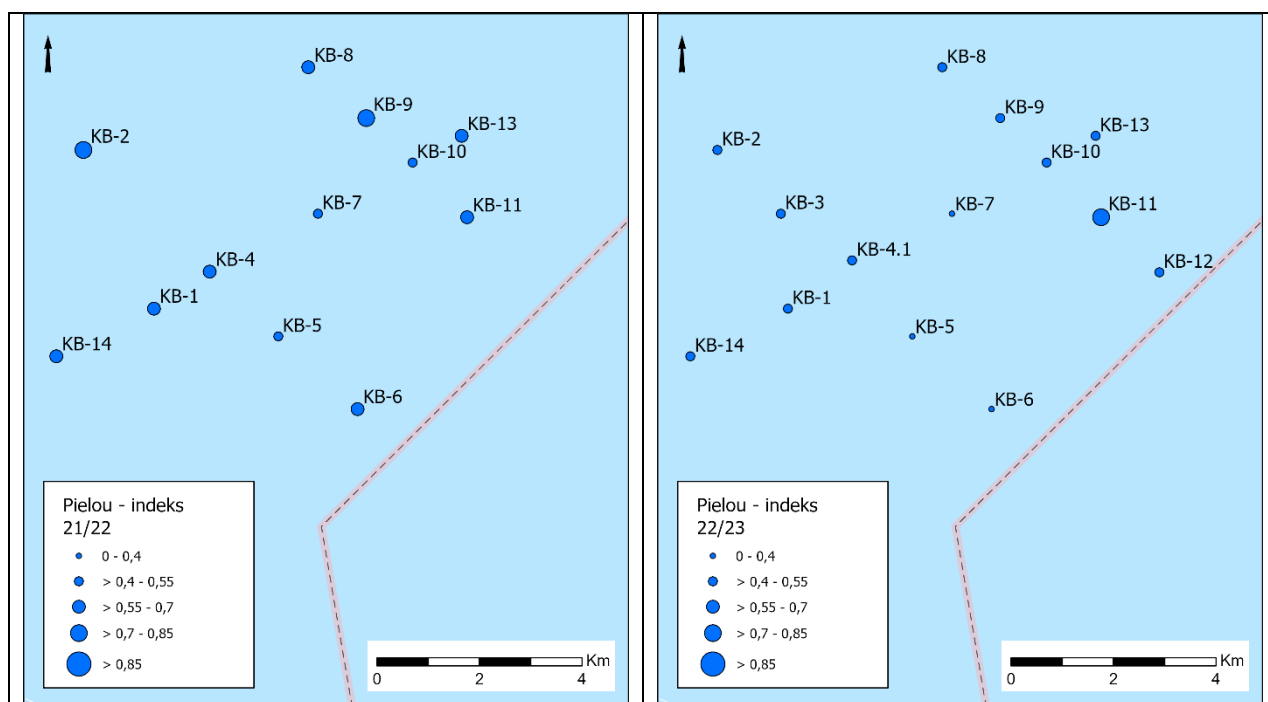
Figur 3-2 Bundfauna: Antal individer/m². 2022 til venstre, 2023 til højre



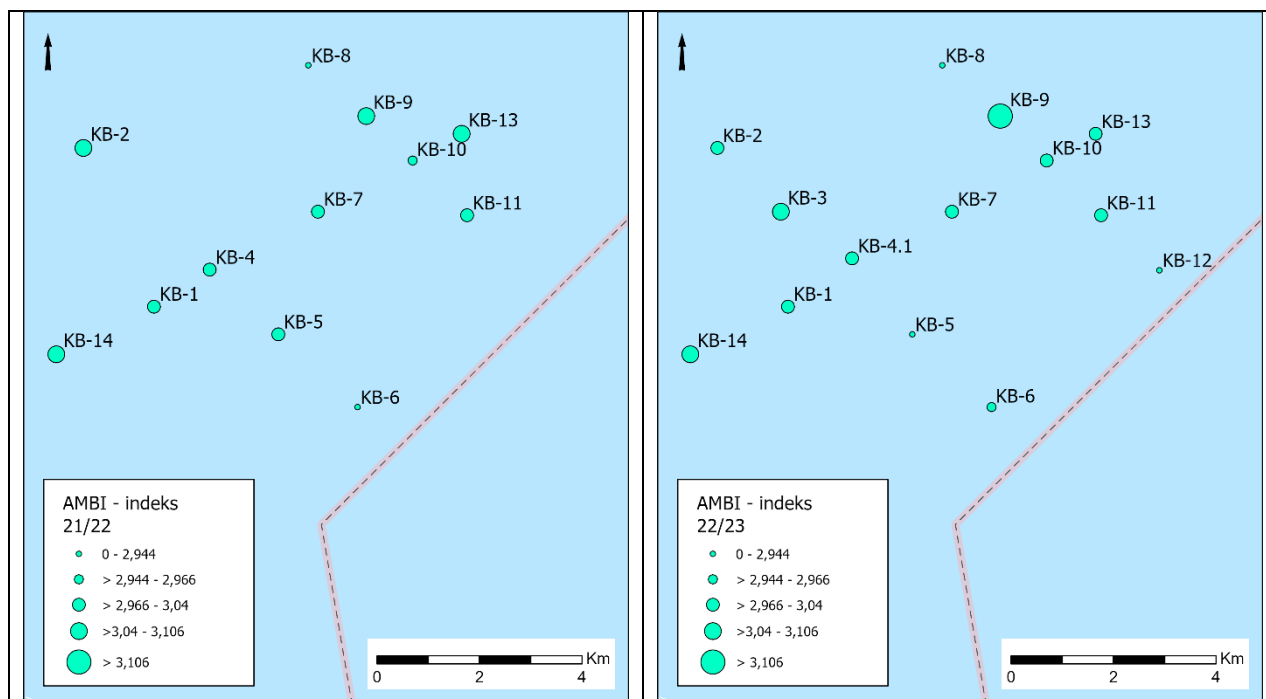
Figur 3-3 Bundfauna: Antal arter/m². 2022 til venstre, 2023 til højre



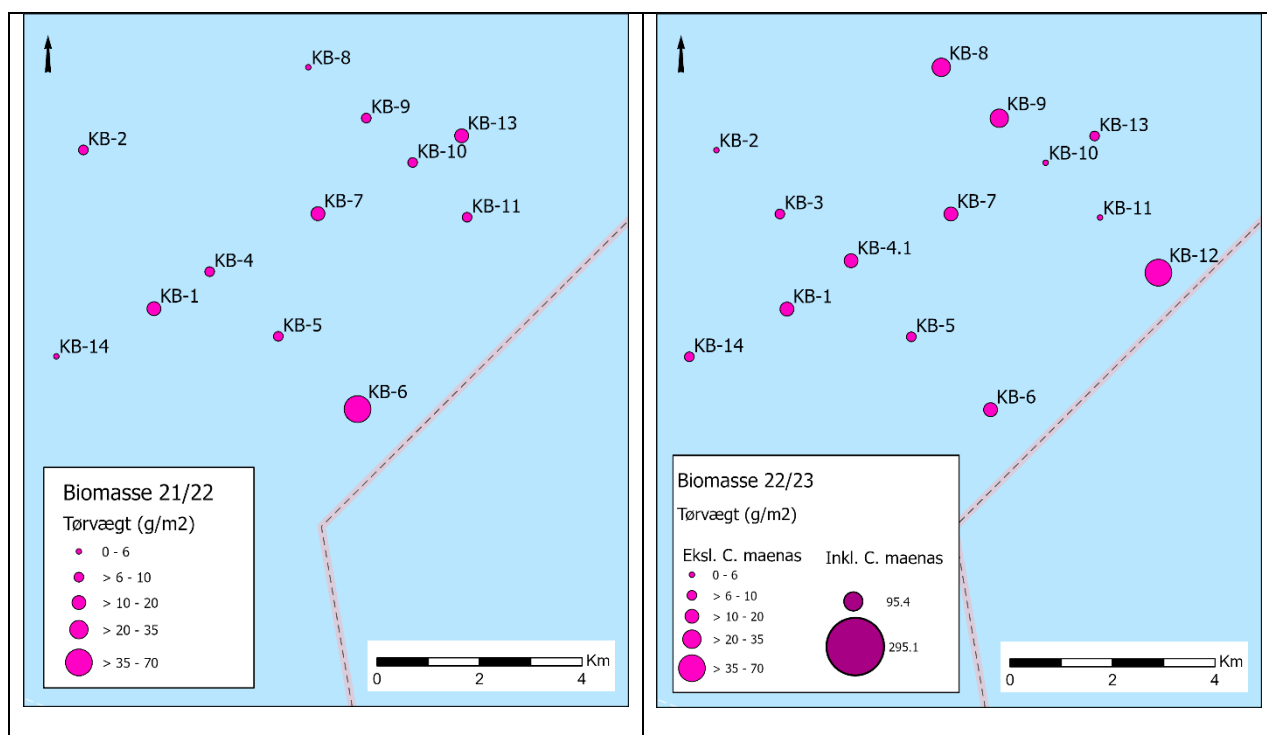
Figur 3-4 Bundfauna: Shannon - Wiener indeks. 2022 til venstre, 2023 til højre



Figur 3-5 Bundfauna: Pielou indeks. 2022 til venstre, 2023 til højre



Figur 3-6 Bundfauna: AMBI-indeks. 2022 til venstre, 2023 til højre



Figur 3-7 Bundfauna: Biomasse, tørvægt (g/m²). 21/22 til venstre, 2023 til højre. Data fra 2023, station KB-1 og KB-6 er korrigeret for prøvens indhold af strandkrabben *Carcinus maenas*, da vægtmæssigt vil skævvride sammenligningsgrundlaget. Se signaturforklaring for 2023 i figuren til højre.

3.1.3 Sammenligning med vinteren 2022

En sammenligning af de 3 mest dominerende arter fra de 12 stationer samlet i vinteren 2022 viste, at alle dominerende arter som kunne findes i vinteren 2022, kunne også findes i vinteren 2023. En enkelt art var i den dominerende kategori i vinteren 2023, ormen *Tubificoides benedii*, som ikke var i den dominerende kategori i vinteren 2022, men var dog stadig at finde på artslisten og var fortsat meget almindelig i 2023.

I vinteren 2022 var sneglen *Peringia ulvae* klart den mest dominerende art, efterfulgt af børsteormen *Pygospio elegans*. I vinteren 2023 var sneglen *Peringia ulvae* ligeledes den mest dominerende art, efterfulgt af blåmuslingen *Mytilus edulis*. Dette adskiller sig fra vinteren 2022. Dog er blåmuslingen *Mytilus edulis* også en meget almindeligt forekommende art i vinteren 2022 og børsteormen *Pygospio elegans* er den tredje-mest dominerende art i vinteren 2023. Altså ligner den dominerende artssammensætning hinanden over de to år.

I en undersøgelse, som WSP har lavet for Københavns Kommune /16/, blev 86 stationer inde i havnen, samt ude langs havnen mod Øresund screenet for bundfauna. Der er ikke en specifik angivelse af datoer for indsamlingen af fauna i rapporten. Her blev der på 6 stationer uden for havnen (KK Bio 10, 21,25,29,32,42) fundet i gennemsnit 11 arter (fra 7-15), mens der i herværende undersøgelse blev fundet i gennemsnit 10,5 arter (fra 3-15). Man kan derfor konkludere, at artsdiversiteten i DHI's undersøgelse er sammenlignelige med de resultater, som WSP fandt.

3.2 Sedimentkvalitet

3.2.1 Kornstørrelse, TOC, glødetab og næringssalte.

De indsamlede sedimentprøver på stationerne i Køge Bugt er undersøgt for tørstof, kornstørrelsesfordeling primært med fokus på den fine fraktion under 0,063 mm, glødetab, TOC og næringssalte. I nedenstående Tabel 3-3 er resultaterne vist for indsamlingerne i 2022 og 2023. Stationerne KB-4, KB-4-1 og KB-10 er alle inde i de to klappladser. Det er derfor forventeligt, at de skiller sig ud fra de andre, og at der er større variationer i de målte variable på disse. De har lavt tørstof og høj andel af de fine sedimentfraktioner, TOC og næringssalte. Det indikerer, at der ligger klappede materialer, mens der på de andre stationer primært ligger naturlige bundsedimenter.

Analysereporter fra sedimentkemien og kornstørrelsesfordeling er inkluderet i Bilag B.

Tabel 3-3 Sedimentkoncentrationer af glødetab, total organisk kulstof (TOC) total-kvælstof og fosfor i sedimentprøver fra klappladserne i Køge Bugt (KB). KP = Klapplads. KB-4, KB-4-1 og KB-10 ligger på klappladserne. De øvrige ligger omkring klappladserne.

KP	Station	Tørstof		*Fin sediment fraktion		Glødetab		TOC		Total Kvælstof		Total Fosfor	
		V-22	V-23	V-22	V-23	V-22	V-23	V-22	V-23	V-22	V-23	V-22	V-23
		%		%		% af TS		% af TS		mg/kg TS		mg/kg TS	
Klapplads B	KB-1	83,7	75,8	0,56	5,40	0,6	0,9	0,14	0,3	510	410	160	220
	KB-2	83,0	78,9	0,49	1,08	0,3	0,6	<0,10	0,31	510	200	150	160
	KB-3	83,3	80,5	0,56	0,60	0,4	0,5	<0,10	0,2	440	110	170	150
	KB-4	67,4		15		6,3		3,2		1.900		440	
	KB-4-1		31		8,58		23,7		16		5.900		590
	KB-5	81,9	78,7	0,10	0,09	0,2	0,4	<0,10	< 0,10	320	130	110	130
	KB-6	83,7	78,8	0,56	0,75	0,4	0,5	<0,10	0,2	350	170	210	220
	KB-14	83,0	75,9	3,3	1,88	0,9	1,0	0,25	0,25	600	420	210	200
	KB-7	83,6	80,9	0,34	0,46	0,5	0,5	<0,10	0,13	400	100	180	200
Klapplads A	KB-8	82,2		0,35		0,3		0,44		360		210	
	KB-9	81,4	78,3	0,40	0,41	0,6	0,4	0,18	0,14	470	130	230	190
	KB-10	53,8	35,1	76	32,5	5,2	5,8	2,1	4,6	4.200	2.300	660	490
	KB-11												
	KB-12												
	KB-13		64		49,1		3,2		0,83		230		380
	KB-15	82,8		0,28		0,7		<0,10		530		230	
	* =< 0,063 mm												

Tabel 3-4 viser ændringerne fra vinter 2022 til vinter 2023. Værdierne i figuren er beregnet som koncentrationen vinter 2023 divideret med koncentrationen vinter 2022. Ved forhold > 1 er farvetonen brunlig og angiver, at koncentrationen var højest i vinteren 2023. F.eks. angiver 2, at vinter 2023 koncentrationen er dobbelt så stor som vinter 2022 koncentrationen. Et (1) angiver, at resultaterne er lige store og er angivet som hvid. Det sker typisk når er begge under detektionsgrænsen. Ved forhold < 1 er farvetonen grålig og angiver at koncentrationen var højest vinter 2022. F.eks. angiver 0,5 at vinter 2023 var det halve af 2022. Hvis der ikke er angivet værdier, mangler der enten resultater fra vinter 2022 eller/og vinter 2023. Farveskalaen er generet af regnearket. Fuld brun skala vises ved værdi over 15. Fuld grå skala vises ved værdi under 0,3. KB-4 er sammenligning imellem KB-4 vinter 2022 og KB-4- vinter 2023.

Det ses, at glødetab og TOC generelt var højere i 2023. Det giver god mening, da begge er mål for organisk stof. Ved ens C:N:P forhold vil næringssaltene være proportionale med det organiske stof, men her er især kvælstof højest i 2022. Der er ikke nogen umiddelbar forklaring på de højere kvælstof koncentrationer i 2022, ud over at C:N:P forholdet vil afhænge af kvaliteten af det klappede materiale. Undtagelsen er KB-4/KB-4-1, hvor det dog skal huskes, at der er ca. 130 m imellem de to stationer. Højere andel af den fine sediment fraktion i 2023 ses især i KB-1. Det kan skyldes, at især den fine fraktion er transporteret imod sydvest (Se også Figur 3-15) eller rumlig variation imellem de to prøvetagninger.

Tabel 3-4 Forholdet mellem koncentrationen af glødetab, TOC, næringssalte og den fine sedimentfraktion <0,063 mm i prøver fra vinter 22 og vinter 23 [Vinter 2023/Vinter 2022]. Ved forhold > 1 er farvetonen brunlig. Ved forhold < 1 er farvetonen grålig og angiver at koncentrationen var højest vinter 2022. Hvis der ikke er angivet værdier, mangler der enten resultater fra vinter 2022 eller/og vinter 2023. KB-4 er sammenligning imellem KB-4 vinter 2022 og KB-4-vinter 2023.

Klapplads	Station	Glødetab	TOC	Total-N	Total-P	< 0.063 mm (%)
Klapplads B	KB-1	1,4	2,1	0,8	1,4	9,7
	KB-2	2,0	6,2	0,4	1,1	2,2
	KB-3	1,2	4,0	0,3	0,9	1,1
	KB-4-1/KB 4	3,8	5,0	3,1	1,3	0,6
	KB-5	1,9	1,0	0,4	1,2	0,9
	KB-6	1,2	4,0	0,5	1,0	1,3
	KB-14	1,1	1,0	0,7	1,0	0,6
Midt	KB-7	1,0	2,6	0,3	1,1	1,4
Klapplads A						
	KB-9	0,6	0,8	0,3	1,3	1,0
	KB-10	1,1	2,2	0,5	1,4	0,4
	KB-11					
	KB-12					
	KB-13					
	KB-15					

3.2.2 Vurdering af sedimentkemi i forhold til Klapvejledningen

De sedimentkemiske data er sammenlignet med de tilladte koncentrationer, som fremgår af Klapvejledningen /1/. Der er kun fokus på analyserede stoffer, som er nævnt i Klapvejledningen.

Klapvejledningen benytter to grænser, hhv. nedre og øvre aktionsniveau, og værdierne for disse fremgår af Tabel 3-5.

Tabel 3-5 Oversigt over anvendte aktionsniveauer i forbindelse med klapping /1/. TS = Tørstof

Variabel	Nedre aktionsniveau	Øvre aktionsniveau
Kobber (Cu) mg/kg TS	20	90
Kviksølv (Hg) mg/kg TS	0,25	1
Nikkel (Ni) mg/kg TS	30	60
Zink (Zn) mg/kg TS	130	500
Cadmium (Cd) mg/kg TS	0,4	2,5
Arsen (As) mg/kg TS	20	60
Bly (Pb) mg/kg TS	40	200
Chrom (Cr) mg/kg TS	50	270
TBT-kation µg/kg TS	7	200
PCB µg/kg TS	20	200

Variabel	Nedre aktionsniveau	Øvre aktionsniveau
PAH9 mg/kg TS	3	30

I de efterfølgende tabeller er de vejledende aktionsniveauer for klappning af havbundsmateriale fra Klapvejledningen brugt til at vurdere sedimentkemien. Der er brugt grøn markering af koncentrationer under nedre niveau, gul markering mellem nedre og øvre aktionsniveau og rød markering over øvre aktionsniveau. Desuden er flere felter markeret med grå, hvis værdien ikke indgår direkte, men kun som en sum-værdi som f.eks. for TBT, hvor det kun er TBT-kationen, der vurderes efter. For variable uden krav er disse markeret med hvidt. Det har ikke været muligt at udtage sediment prøver på stationerne KB-08, KB-11, KB-12 og KB-15. Disse er derfor udeladt i tabellerne.

Resultaterne for tungmetaller viser, at der er overskridelse af både nedre og øvre aktionsniveau for prøven udtager på station KB-4-1, som ligger i klappfeltet (Se Tabel 3-6). Der er koncentrationer af bly, cadmium, kobber og zink, der ligger imellem Klapvejledningens nedre og øvre aktionsniveau og kviksølv, der ligger 30% over øvre aktionsniveau. Der er som tidligere nævnt klappet materiale fra Avedøre havn i området i samme periode.

For Tributultin og dens derivater er der ingen overskridelser af nedre aktionsniveau (Tabel 3-7).

For PAH-stoffer er det kun summen af PAH forbindelser, der indgår i Klapvejledningen og ikke de enkelte PAH forbindelser. På station KB-4-1, som er midt i klappfeltet, er PAH-sum koncentrationen over nedre, men ikke over øvre aktionsniveau (Tabel 3-8).

For PCB-forbindelserne er der ingen værdier over nedre aktionsniveau (Tabel 3-9).

Tabel 3-6 Analyseresultater af tungmetaller, sammenholdt med Klapvejledningens aktionsniveauer.

KP	ST.	As	Pb	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Sb	Zn
mg/kg TS											
Klapplads B	KB-1	0,75	3,9	8,4	0,063	2,4	1,7	0,14	1,6	<1,0	9,4
	KB-2	0,59	2,2	3,4	0,032	1,4	1,8	<0,010	0,78	<1,0	6,6
	KB-3	0,62	2,7	2,3	0,022	1,6	1,2	<0,010	0,72	<1,0	6,3
	KB-4-1	6	170	66	1,4	13	47	1,3	9,5	1,8	180
	KB-5	<0,50	2,2	2,2	0,035	1,4	1,5	<0,010	0,6	<1,0	6
	KB-6	0,56	3	3,5	<0,020	1,9	1,5	<0,010	0,93	<1,0	7,7
	KB-14	0,82	4,4	4,6	0,053	2,2	1,4	0,014	1,8	<1,0	9,8
	KB-7	0,66	2,4	2,4	0,05	1,7	1,8	<0,010	1,1	<1,0	7
Klapplads A	KB-9	<0,50	2,8	4,9	0,042	1,4	7,1	<0,010	0,99	<1,0	10
	KB-10	5,6	13	19	0,37	9	11	0,057	7,9	1,3	49
	KB-13	4	6,9	15	0,037	11	8,3	0,016	9,3	1,8	34
	Nedre	20	40		0,4	50	20	0,25	30		130
	Øvre	60	200		2,5	270	90	1	60		500

Tabel 3-7 Oversigt over analyseresultater af Tributyl-tin og derivater i sedimenter. KP = Klapplads

KP	Station	Tørstof	Tributyltin	TBT-kation	Dibutyltin	DBT-kation	Mono butyltin	MBT-kation
		%	µg Sn/kg TS	µg/kg TS	µg Sn/kg TS	µg/kg TS	µg Sn/kg TS	µg/kg TS
Klapplads B	KB-1	75,8	<0,41	<1	<0,51	<1	<0,68	<1
	KB-2	78,9	<0,41	<1	<0,51	<1	<0,68	<1
	KB-3	80,5	<0,41	<1	<0,51	<1	<0,68	<1
	KB-4-1	31	0,77	1,88	1,68	3,3	1,69	2,5
	KB-5	78,7	<0,41	<1	<0,51	<1	<0,68	<1
	KB-6	78,8	<0,41	<1	<0,51	<1	<0,68	<1
	KB-14	75,9	<0,41	<1	<0,51	<1	<0,68	<1
Klapplads A	KB-7	80,9	<0,41	<1	<0,51	<1	<0,68	<1
	KB-9	78,3	<0,41	<1	<0,51	<1	<0,68	<1
	KB-10	35,1	0,59	1,45	0,68	1,33	0,94	1,39
	KB-13	64	<0,41	<1	<0,51	<1	<0,68	<1
	Nedre			7				
	Øvre			200				

Tabel 3-8 Oversigt over analyseresultater af PAH-forbindelser i sedimenter. KP = Klapplads

KP	Station	Phenanthren	Anthracen	Fluoranthren	Pyren	Benzo(a)anthracen	Chrysen	Benz(a)pyren	Indeno(1,2,3-cd)pyren	Benzo(ghi)perylene	Sum af PAH'er 9 komp.
		mg/kg TS									
Klapplads B	KB-1	0,019	<0,010	0,026	0,022	0,012	0,014	0,013	0,014	0,016	0,14
	KB-2	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
	KB-3	0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,10
	KB-4-1	1,3	0,76	1,6	1,5	0,77	0,81	0,65	0,52	0,58	8,5
	KB-5	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
	KB-6	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
	KB-14	0,013	<0,010	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,10
	KB-7	0,057	0,03	0,064	0,052	0,037	0,04	0,029	0,019	0,02	0,35
Klapplads A	KB-9	0,024	0,099	0,025	0,015	0,015	0,018	<0,010	<0,010	<0,010	0,2
	KB-10	0,039	0,012	0,055	0,044	0,031	0,039	0,027	0,031	0,033	0,31
	KB-13	0,042	0,016	0,033	0,026	0,021	0,025	0,012	0,012	0,013	0,2
	Nedre										3
	Øvre										30

Tabel 3-9 Oversigt over analyseresultater af PCB-forbindelser i sedimenter

KP	Station	PCB c28	PCB c52	PCB c101	PCB c118	PCB c138	PCB c153	PCB c180	PCB, sum
		mg/kg TS							
Klapplads B	KB-1	0,0001	<0,00010	0,0001	0,00013	0,00014	0,00015	<0,00010	0,00062
	KB-2	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00035
	KB-3	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00035
	KB-4-1	<0,00010	0,00018	0,00043	0,00031	0,00056	0,00066	0,00032	0,0025
	KB-5	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	0,00011	<0,00010	0,00011
	KB-6	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00035
	KB-14	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00035
Klapplads A	KB-7	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00035
	KB-9	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00035
	KB-10	<0,00010	<0,00010	0,00018	0,00018	0,00024	0,00028	0,0001	0,00098
	KB-13	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00035
	Nedre								0,020
	Øvre								0,200

En sammenligning mellem de sedimentkemiske resultater fra undersøgelsen i 2022 og denne undersøgelse fra 2023 kan kun ske for visse af stationerne, da der ikke er 100% sammenfald mellem de stationer, der er blevet indsamlet i de to undersøgelser. Det var som nævnt nødvendigt at flytte station KB-4 cirka 130 m i nordøstlig retning til en ny station KB-4-1, hvorfor resultater fra stationen ikke direkte kan sammenlignes med de tidligere resultater. Det skal dog pointeres, at den nye station KB4-1 er beliggende inden for klapplads B, hvorfor der i nedenstående tabel er lavet en relativ sammenligning. Det skal derfor understreges at der er en analyseusikkerhed med denne sammenligning hvilket gør det svært at konkludere hvad der skyldes resultaterne på station KB-4-1 fra 2023.

Umiddelbart stikker stationerne KB-4 og KB-10 ud i begge undersøgelser, da de begge repræsenterer prøver taget inden for de to klappladser (Station KB-4 i den sydlige klapplads B og station KB-10 i den nordlige klapplads A). På KB-10 er der dog ingen overskridelser af de nedre grænser for kontrolstofferne i begge år, mens der er overskridelser af nedre grænser på KB-4 (og KB-4-1) i de to undersøgelser. Disse overskridelser er vist i nedenstående tabel.

Tabel 3-10 Station KB-4 og KB-4-1: Sammenligning mellem vinteren 2022 og vinteren 2023

Variabel	Vinter 2022 KB-4	Vinter 2023 KB-4-1	Bemærkninger
	mg/kg TS	mg/kg TS	
Bly	6,9	170	2023: Overskrider nedre grænse
Cadmium	0,41	1,4	2023: overskrider nedre grænse
Kobber	29	47	Begge overskrider nedre grænse
Kviksølv	0,013	1,3	2023: Overskrider øvre grænse m/ 30%
Zink	86	180	2023: Overskrider nedre grænse
PAH	0,42	8,5	2023: Overskrider nedre grænse
PCB	0,0004	0,0025	Ingen overskrider
TBT-kation µg/kg TS	27	1,88	2022: Overskrider nedre grænse

Generelt er der tale om forøgede koncentrationer af tungmetaller og PAH'er i 2023, sammenlignet med 2022, men det skal tages med det forbehold, at det er en ny KB-4-1 fra 2023, som der sammenlignes med. Derfor kan man ikke konkludere entydigt, om der alle steder inden for klapområdet er generelle stigninger i koncentrationerne. Langt den overvejende mængde klappet materiale fra foråret 2022 var fra uddybning af Svælget og burde derfor kun indeholde materiale, som ikke var forurenede. I Figur 3-8 herunder ses, hvilke perioder og hvilke materialer, der blev klappet på klapplads B, som stammer fra Svælget og Lynetteholm, men ikke hvad der er kommet fra f.eks. Avedøre Havn i 2022.

Ifølge Miljøstyrelsen har der været 5 gyldige klaptilladelser til klapplads B i perioden november 2021 til april 2022, som er givet til Avedøre Havn, Avedøre Sejlrende, Hellerup Havn, Dragør Havn og så til Lynetteholm/Svælget. I denne periode er der klappet 2256 m³ fra Avedøre Havn. Ud fra sedimentprøverne taget vedr. ansøgningen fra Avedøre Havn, blev det konstateret at tre stoffer lå over det nedre aktionsniveau (cadmium (0,51 mg /kg TS), kobber (24,3 mg /kg TS) og TBT (21 µg /kg TS), men ingen over øvre niveau. Disse resultater kan derfor ikke forklare fundet af den høje værdi af bly på KB-4-1. Tilsvarende gælder for kviksølv, som i 2023 ligger 30% over det øvre aktionsniveau.

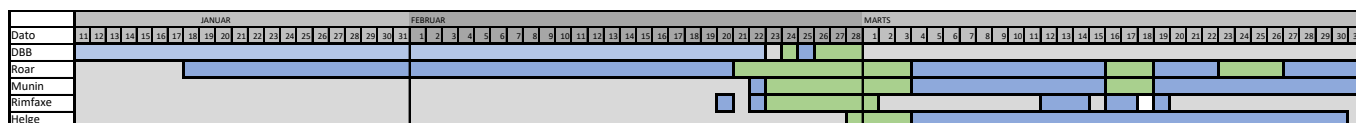
Tabel 3-11 viser ændringerne i koncentrationerne af tungmetaller fra vinter 2022 til vinter 2023. Tabellen viser forholdet mellem koncentrationen af tungmetaller i prøver fra vinter 2022 og vinter 2023 [Vinter 23/Vinter 22]. Ved forhold > 1 er farvetonen brunlig og angiver, at koncentrationen var højest i vinteren 2023. Ved forhold < 1 er farvetonen grålig og angiver at koncentrationen var højest vinter 2022. Hvis der ikke er angivet værdier, mangler der enten resultater fra vinter 2022 eller/og vinter 2023. KB-4 er sammenligning imellem KB-4 vinter 2022 og KB-4- vinter 2023. Tabellen viser, at kobber i prøverne fra stationerne i og omkring klapplads B er højere i vinteren 2023 end i vinteren 2022. Lignende resultater ser for cadmium og også for bly, zink og kviksølv. Derimod ses der ikke en stigning i TBT (Tabel 3-15) i klapområde B, som dog også var høj i vinteren 2022. Koncentrationen af kviksølv i prøven fra KB-4-1 er 100 gange højere end på KB-4, fordi koncentrationen i 2022 i KB-4 var lav. KB-4-1 var kun 30% over klapvejledningens øvre aktionsniveau. Det er som tidligere nævnt ikke muligt at

fastslå, om sediment med forhøjet kviksølv kommer fra Lynetteholm, fra Avedøre Havn eller fra tidligere klappet materiale.

Tabel 3-11 Forholdet mellem koncentrationen af tungmetaller i prøver fra vinter 2022 og vinter 2023 [Vinter 2023/Vinter 2022]. Ved forhold > 1 er farvetonen brunlig. Ved forhold < 1 er farvetonen grålig og angiver at koncentrationen var højest vinter 2022. Hvis der ikke er angivet værdier, mangler der enten resultater fra vinter 2022 eller/og vinter 2023. KB-4 er sammenligning imellem KB-4 vinter 2022 og KB-4- vinter 2023.

Klapplads	Station	As	Pb	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Zn
Klapplads B	KB-1	1,5	1,7	2,2	6,3	1,4	3,4	28	1,6	1,6
	KB-2	1,1	1,0	1,6	1,5	0,9	3,6	0,03	1,0	1,3
	KB-3	1,2	1,1	0,9	0,9	1,1	0,3	1,0	0,7	0,5
	KB-4-1/KB 4	2,1	25	5,1	3,4	1,9	1,6	100	1,4	2,1
	KB-5	0,4	1,4	1,0	3,5	1,3	3,0	1,0	2,4	1,9
	KB-6	0,7	1,4	1,0	1,0	1,1	3,0	1,0	1,1	1,5
	KB-14	1,1	1,5	1,2	1,3	1,2	0,9	0,9	1,4	1,4
Midt	KB-7	2,6	1,3	0,9	1,4	1,0	3,6	1,0	1,1	1,3
Klapplads A	KB-8									
	KB-9	0,4	1,3	1,0	1,2	0,8	14	1,0	0,9	1,7
	KB-10	1,2	1,4	0,7	1,5	0,8	1,4	1,6	0,9	1,3
	KB-11									
	KB-12									
	KB-13									
	KB-15									

Ud fra ovenstående kan man konkludere, at koncentrationen af kobber i prøverne udtaget i og omkring klapområde B vinter 2023 er højere end koncentrationen i vinter 2022. Lignende resultater ses for cadmium og bly. Det skal dog igen understreges, at ved flytning af station 4 til en ny position ca. 130 m væk og med et nyt stationsnummer 4-1 har dette medført, at der er prøvetaget på et stykke havbund, der ikke blev prøvetaget på i vinteren 22 prøverne fra station 2022. Derfor kan man ikke direkte sammenligne resultaterne for de to år. Man kan derfor ikke konkludere, at klappning af materiale fra Lynetteholm og Svælget alene er årsag til de højere koncentrationer.



Figur 3-8 Grov oversigt over klapperperioden fra 18. januar til 31 marts 2022 med angivelse af, om klappningsmateriale var fra Svælget (blåt) eller fra Lynetteholm (grønt). (Fra /14/). Der er kun klappet på klapplads B.

3.2.3 Vurdering i forhold til miljømål og god miljøtilstand

Udover vurdering i forhold til Klapvejledningen er resultaterne i dette afsnit også vurderet i forhold til miljømål i Bekendtgørelse 1625, /2/ og HELCOM værdier for god miljøtilstand (GES, Good Environmental Status, /3/ til /6/). Endvidere er trenden for de målte parametre vist.

Tabel 3-12 Miljømål (mg/kg tørstof) i henhold til Bekendtgørelse 1625 /2/, Miljøstyrelsens kvalitetskriterier /8/ eller HELCOM kriterier for god økologisk tilstand (GES) /3/ samt analysernes detektionsgrænser.

	Detektionsgrænse	Miljømål	Ref
¹ Anthracen (HELCOM)	0,01	0,024	/3/
Anthracen (Bek 1625)	0,01	0,0048	/2/
Cadmium	0,1	2,3 3,8	/4/ /2/
^{3, 4} Krom	0,1	9,2	/7/
⁵ Nikkel	0,2	6,8	/9/
Bly	0,1	163	/2/

¹Normaliseret til 5% TOC. ²F_{OC} er andelen af organisk kulstof. ³Gælder for Krom III og Krom IV. ⁴Tilføjede koncentration. ⁵Tilføjede eller tilgængelige koncentration.

Cadmium og bly

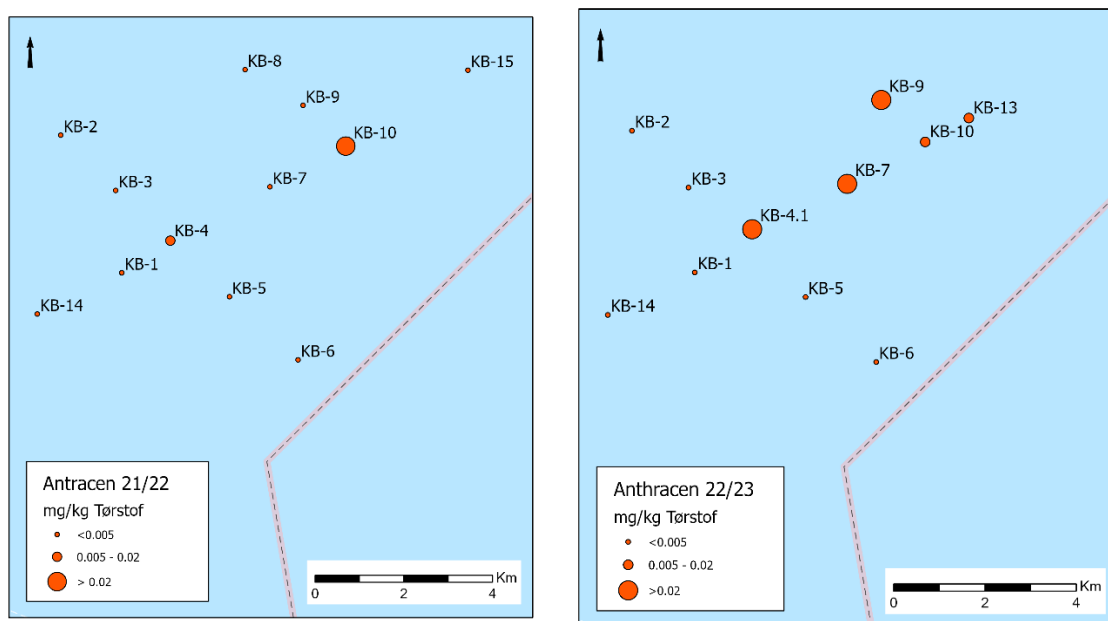
Cadmium ligger under BEK 1625 miljømål. i alle prøver. For bly ligger koncentrationen i prøve KB-4-1 på 170 mg/kg TS, lige over miljømålet i BEK 1625.

Anthracen og PAH

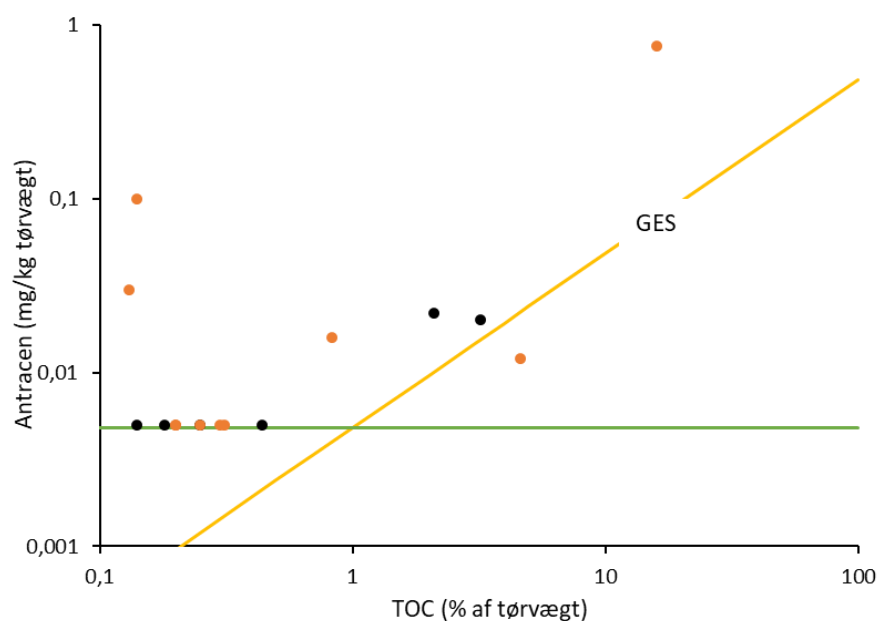
For anthracen angiver HELCOM /3/ en god økologisk tilstand på 0,024 mg anthracen/kg tørvægt sediment normaliseret ved 5 % TOC-koncentration. Normaliseringen skyldes, at anthracen (og andre PAH'er og lipofile stoffer) bindes til det organiske materiale i sedimentet. Højere indhold af organisk stof forskyder derfor ligevægten fra vand til sediment. Bekendtgørelse 1625 angiver et miljømål for anthracen i sedimenter på 0,0048 mg/kg tørvægt svarende til HELCOM's GES ved 1% TOC.

Den geografiske variation i resultaterne for anthracen er vist i Figur 3-9 og koncentrationerne er sammenlignet med Bekendtgørelsens miljømål (grøn linje) og HELCOM's GES (gul linje) i Figur 3-10. Metodens detektionsgrænse er 0,01 mg/kg tørvægt. Resultater under detektionsgrænsen er angivet som 50% af detektionsgrænsen, svarende til miljømålet. Bemærk, at akserne er logaritmiske for at få en visuel spredning af resultaterne.

I 2022 lå koncentrationerne i prøverne fra KB4 og KB10 over både Bekendtgørelsens miljømål og HELCOM's GES. Resten af resultaterne lå under analysemetodens detektionsgrænse, som desværre ligger over Bekendtgørelsens miljømål. I 2023 lå KB4-1, KB-7, KB-9 og KB-13 over HELCOM's GES. Yderligere en prøve, KB-10, lå over Bekendtgørelsens miljømål. De resterende prøver lå under detektionsgrænsen. KB-4, KB-4-1 og KB-10 ligger inden for og KB-7 imellem klappladserne, hvilket kan forklare de forhøjede koncentrationer. KB-9 og KB-13 er begge stationer, der ligger tæt (ca. 1400 m) på den nordøstlige klapplads, og er muligvis blevet påvirket. Det bemærkes, at Klapvejledningen kun foreskriver aktionsniveauer for summen af PAH-9 – ikke for Anthracen.



Figur 3-9 Koncentrationen af anthracen i sedimentprøver fra klappladser i Køge Bugt udtaget vinter 2022 (venstre) og vinter 2023 (højre).



Figur 3-10 Koncentrationen af anthracen i sedimentprøver fra klappladser ud for Køge Bugt som funktion af total organisk kulstof, TOC. Sorte punkter er fra vinteren 2022. Orange fra vinteren 2023. Den grønne linje er miljømål i Bek. 1625. Den gule linje er koncentrationen for HELCOMs GES, /3/. Detektionsgrænse er 0,01 mg/kg TS. Resultater under detektionsgrænsen er angivet som 50% af detektionsgrænsen. Bemærk, at akserne er logaritmiske.

Tabel 3-13 viser ændringerne i PAH-koncentrationer fra vinter 2022 til vinter 2023. Tabellen viser forholdet mellem koncentrationen af tungmetaller i prøver fra vinter

2022 og vinter 2023 [Vinter 23/Vinter 22]. Ved forhold > 1 er farvetonen brunlig og angiver, at koncentrationen var højest i vinteren 2023. Ved forhold < 1 er farvetonen grålig og angiver at koncentrationen var højest vinter 2022. Generelt er der god overensstemmelse imellem de individuelle PAH'er, som det forventes, da PAH'erne som regel stammer fra samme kilde. Hvor de er fundet, er der højere koncentrationer i 2023. På KB-10 er det dog omvendt.

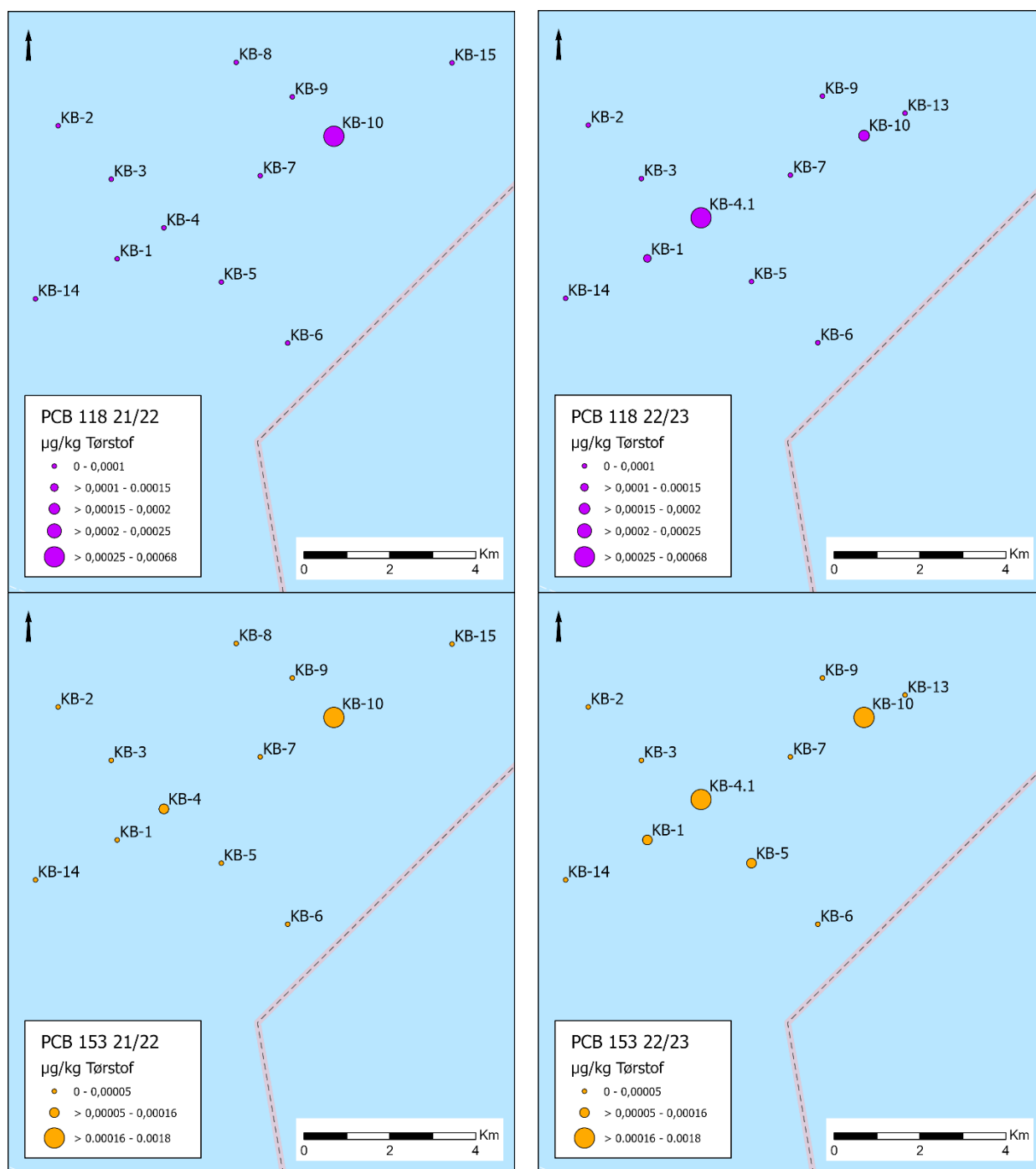
Tabel 3-13 Forholdet mellem koncentrationen af PAH'er i prøver fra vinter 2022 og vinter 2023 [Vinter 2023/Vinter 2022]. Ved forhold > 1 er farvetonen brunlig. Ved forhold < 1 er farvetonen grålig og angiver at koncentrationen var højest vinter 2022. Hvis der ikke er angivet værdier, mangler der enten resultater fra vinter 2022 eller/og vinter 2023. KB-4 er sammenligning imellem KB-4 vinter 2022 og KB-4-1 vinter 2023

Klapplads	Station	Fen	Ant	Fluoran	Pyren	Benz-ant	Chrysen	Benz-pyr	Ind-pyren	Benz-per
Klapplads B	KB-1	3,8	1	5,2	4,4	2,4	2,8	2,6	2,8	3,2
	KB-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	KB-3	2,6	1	1	1	1	1	1	1	1
	KB-4-1/KB 4	16	38	17	22	29	25	19	22	16
	KB-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	KB-6	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	KB-14	2,6	1	2	1	1	1	1	1	1
Midt	KB-7	11	6	13	10	7,4	8,0	5,8	3,8	4,0
Klapplads A	KB-8									
	KB-9	4,8	20	2,1	3	3	3,6	1	1	1
	KB-10	0,46	0,55	0,37	0,40	0,66	0,64	0,37	0,57	0,47
	KB-11									
	KB-12									
	KB-13									
	KB-15									

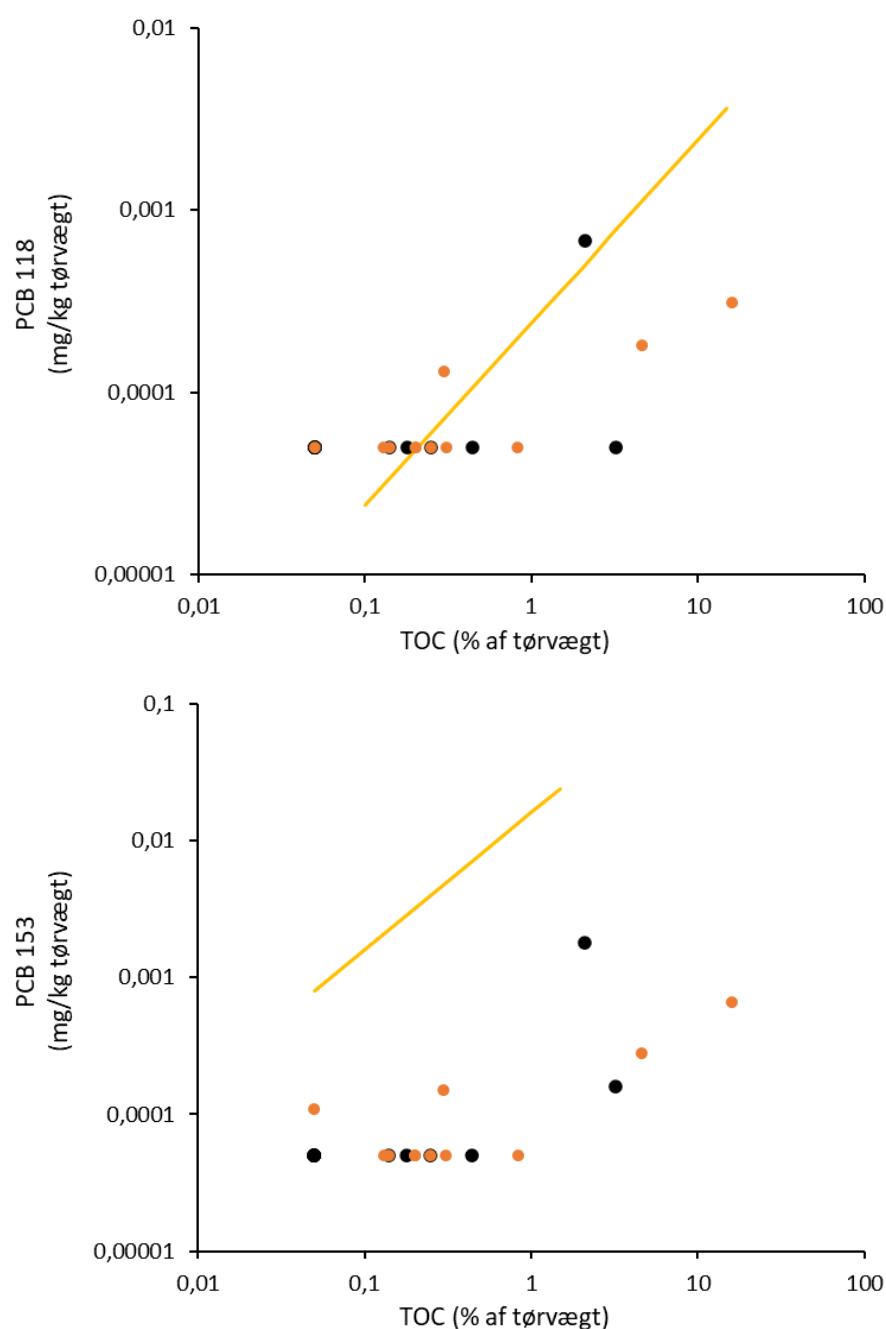
PCB

HELCOM har miljømål for PCB i biota, men ikke for sedimenter /5/. Dog blev det i forbindelse med udviklingen af HELCOMs *core indicators* i 2012 foreslået at anvende OSPARs Environmental Assessment Concentrations (EAC) for PCB-118 (0,6 µg/kg tørvægt ved 2,5% TOC), som er dioxinlignende, og for PCB-153 (40 µg/kg tørvægt ved 2,5% TOC), /6/. I Bek 1625 er der kun miljømål for PCB'er i biota.

Den rumlige variation af undersøgelsesernes resultater er vist i Figur 3-11 og er sammenlignet med HELCOM's GES i Figur 3-12. I 2022 lå PCB-118 over HELCOM's GES på KB-10. I 2023 lå PCB-118 lige over HELCOM's GES på KB-1. Der blev detekteret PCB-118 på KB-4 og KB-10 i højere koncentration end på KB-1, men pga. de to prøvers høje indhold af TOC ligger de under HELCOM's GES. Alle øvrige koncentrationer var under detektionsgrænsen.



Figur 3-11 Koncentrationen af PCB-118 (øverst) og PCB-153 (nederst) i sedimentprøver fra klappladser ud for Køge Bugt udtaget vinter 2022 (venstre) og vinter 2023 (højre).



Figur 3-12 Koncentrationerne af PCB-118 (øverst) og PCB 153 (nederst) i sedimentprøver fra Klapplader i Køge Bugt som funktion af total organisk kulstof, TOC. Sorte punkter viser resultater for vinteren 2022. Orange punkter fra vinteren 2023. Den gule linje viser den af HELCOM foreslåede GES 15/. Analysens detektionsgrænse er 0,0001 mg/kg tørstof. Resultater under detektionsgrænse er angivet som 50% af metodens detektionsgrænse. Bemærk, at akserne er logaritmiske.

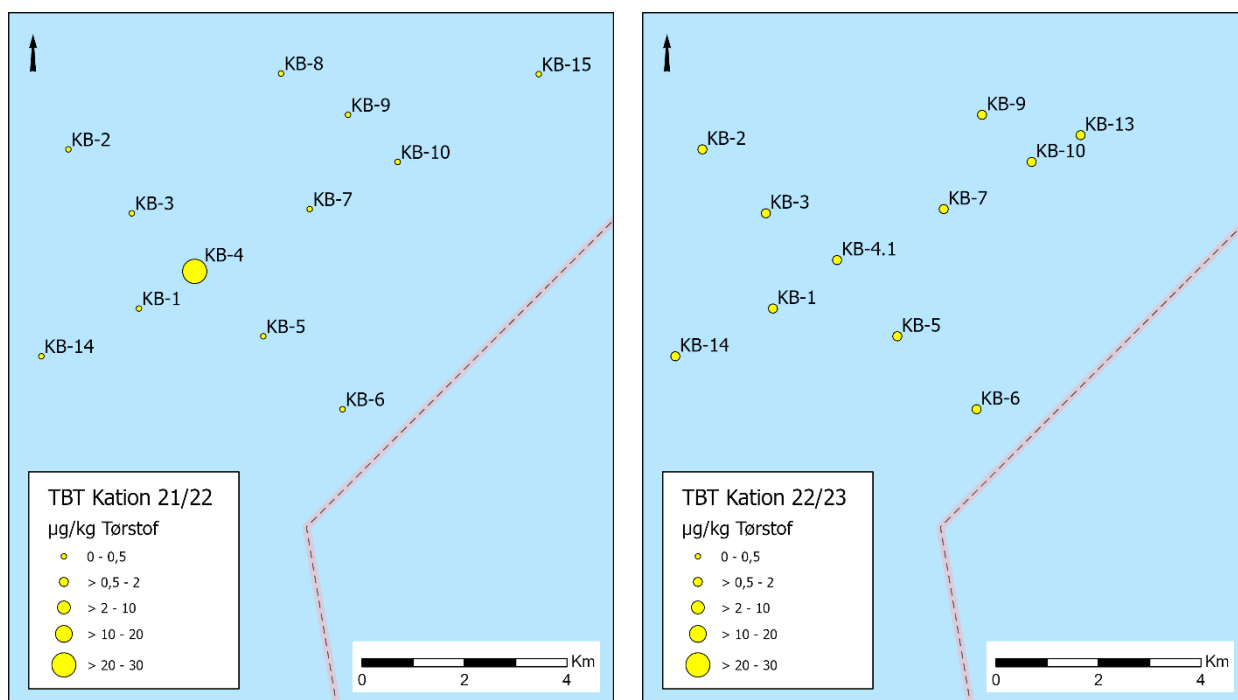
Tabel 3-14 viser ændringerne i PCB-koncentrationer fra vinter 2022 til vinter 2023. koncentrationer fra vinter 2022 til vinter 2023. Tabellen viser forholdet mellem koncentrationen af tungmetaller i prøver fra vinter 2022 og vinter 2023. Ved forhold > 1 er farvetonen brunlig og angiver, at koncentrationen var højest i vinteren 2023. Ved forhold < 1 er farvetonen grålig og angiver at koncentrationen var højest vinter 2022. Tabellen viser, at koncentrationerne på KB-1, som ligger i nærheden af KB-4, er lidt højere i 2023, mens de i KB-10 er lidt lavere i 2023. Alle PCB'er, med undtagelse af PCB-28, er detekteret på både KB-4 og KB-4-1, højest i KB-4-1. I de øvrige prøver er der ikke detekteret PCB. Det skal dog tages med i betragtning at koncentrationer ligger nær metodens detektionsgrænse.

Tabel 3-14 Forholdet mellem koncentrationen af PCB'er i prøver fra vinter 2022 og vinter 2023 [Vinter 2023/Vinter 2022]. Ved forhold > 1 er farvetonen brunlig. Ved forhold < 1 er farvetonen grålig og angiver at koncentrationen var højest vinter 2022. Hvis der ikke er angivet værdier, mangler der enten resultater fra vinter 2022 eller/og vinter 2023. KB-4 er sammenligning imellem KB-4 vinter 22 og KB-4-vinter 2023.

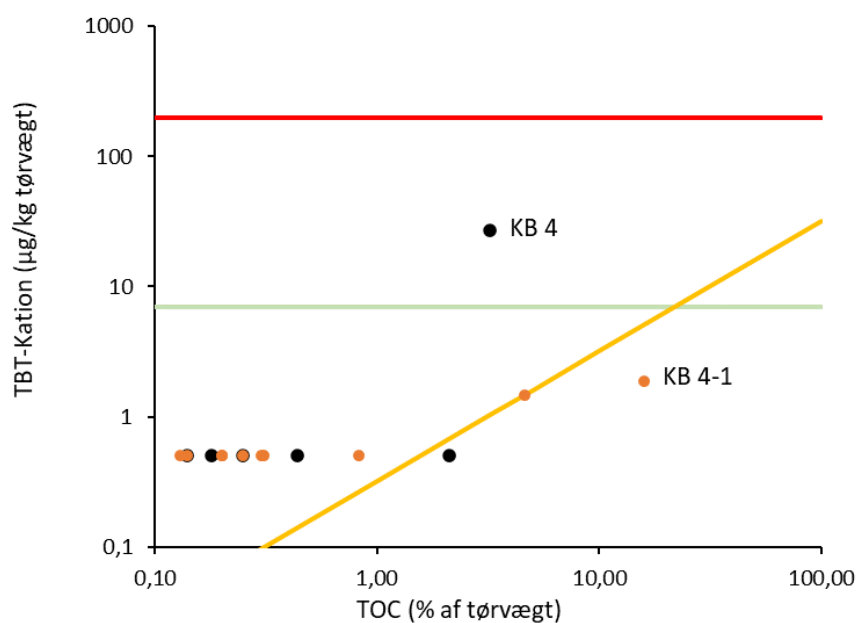
Klapplads	Station	PCB-28	PCB-52	PCB-101	PCB-118	PCB-138	PCB-153	PCB-180
Klapplads B	KB-1	2	1	2	2,6	2,8	3	1
	KB-2	1	1	1	1	1	1	1
	KB-3	1	1	1	1	1	1	1
	KB-4-1/KB	1	3,6	3,6	6,2	4,7	4,1	6,4
	KB-5	1	1	1	1	1	2,2	1
	KB-6	1	1	1	1	1	1	1
	KB-14	1	1	1	1	1	1	1
Midt	KB-7	1	1	1	1	1	1	1
Klapplads A	KB-8							
	KB-9	1	1	1	1	1	1	1
	KB-10	0,26	0,17	0,19	0,26	0,17	0,16	0,08
	KB-11							
	KB-12							
	KB-13							
	KB-15							

Tributyl-Tin

HELCOM's GES for TBT er på 1,6 µg/kg TS ved 5% TOC /11/. (Det er ikke klart om der henvises til TBT-Sn eller TBT-Kation). Den runlige variation i resultaterne for TBT er vist i Figur 3-13, og er sammenlignet med Klapvejledningen og HELCOM's GES i Figur 3-14. I 2022 blev der detekteret TBT i KB-4 i en koncentration over HELCOM's GES og imellem Klapvejledningens aktionsgrænser. I 2023 blev der detekteret TBT i KB-4-1 og KB-10 i koncentrationer under HELCOM's GES. Alle øvrige koncentrationer var under detektionsgrænsen.



Figur 3-13 Koncentrationen af TBT (Kation) i sedimentprøver fra klappladser i Køge Bugt udtaget vinter 2022 (venstre) og vinter 2023 (højre).



Figur 3-14 Koncentrationen af TBT (Kation) som funktion af TOC i prøver udtaget ved på Klappladserne ud for Køge Bugt. Sammenligning med HELCOMs, /11/ forslag til kriterium for god miljøtilstand (Gul linje) og klapvejledningens aktionsniveauer (rød og grøn linje). Sorte punkter viser resultater for vinteren 2022. Orange punkter fra vinteren 2023. Analysens detektionsgrænse er 1 µg/kg. Resultater herunder er angivet som 50% af detektions-grænsen. Bemærk, at begge akser er logaritmiske.

Tabel 3-15 viser ændringerne i Butyl-Tin koncentrationer fra vinter 2022 til vinter 2023. Ved forhold > 1 er farvetonen brunlig og angiver, at koncentrationen var højest i vinteren 2023. Ved forhold < 1 er farvetonen grålig og angiver at koncentrationen var højest vinter 2022. Der blev kun detekteret Butyl i få prøver.

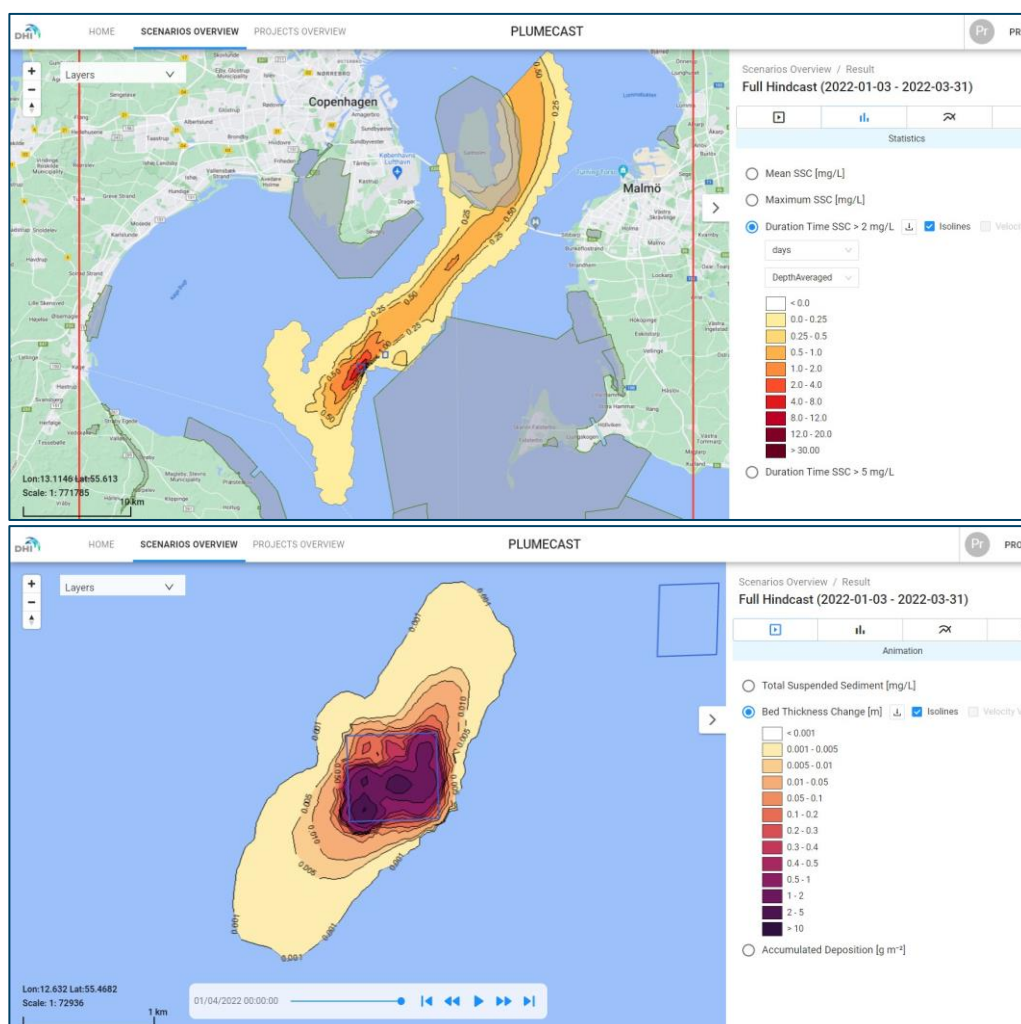
Tabel 3-15 Forholdet mellem koncentrationen af Butyl-tin i i prøver fra vinter 2022 og vinter 2023 [Vinter 2023/Vinter 2022]. Ved forhold > 1 er farvetonen brunlig. Ved forhold < 1 er farvetonen grålig og angiver at koncentrationen var højest vinter 2022. Hvis der ikke er angivet værdier, mangler der enten resultater fra vinter 2022 eller/og vinter 2023. KB-4 er sammenligning imellem KB-4 vinter 2022 og KB-4-1 vinter 2023

Klapplads	Station	TBT-Sn	TBT-kation	DBT-Sn	DBT-kation	MBT-Sn	MBT-kation
Klapplads B	KB-1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	KB-2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	KB-3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	KB-4-1/KB 4	0,1	0,1	0,3	0,3	1,1	1,0
	KB-5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	KB-6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	KB-14	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Midt	KB-7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Klapplads A	KB-8						
	KB-9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	KB-10	3,0	2,9	0,8	0,8	2,8	2,8
	KB-11						
	KB-12						
	KB-13						
	KB-15						

3.2.4 Spredning af sediment

Der er gennemført målinger og hindcast modellering af sedimentspredning under og efter klapningen i januar til marts 2022 /16/. Ved klappladserne er der nær bunden to hovedstrømretninger; sydvest og nordnordøst. De kraftigste bundstrømme er sydvestgående, og ligeledes er det også sydvestgående bundstrøm, der optræder mest hyppigt i vinterhalvåret. Re-suspensionshændelser vil derfor primært føre til en spredning af klappet materiale i retning mod Østersøens dybere bassiner. Ved havoverfladen er overfladestrømmen domineret af nordøst gående strømme, som en konsekvens af nettoafstrømningen af brakvand fra Østersøen.

Modelleringen af spredningen af sediment er vist i Figur 3-15. Øverst ses estimatet af spredningen som det akkumulerede antal dage, hvor middelsoncentrationen af suspenderet materiale overskrider 2 mg/l. Det ses, at sedimentet fortrinsvis spredes med strømmen i nordøstlig/sydvestlig retninger. Nederst ses en estimering af aflejring af klappet materiale i m. De to blå kvadrater angiver de to klappladser. "Detektionsgrænsen" er 1 mm. Aflejringen er hovedsageligt sket inden for klapområde B (Se også Figur 3-16), og det vurderes, at der er sket en spredning i nordlig og sydvestlig retning. Af stationerne uden for klapområdet ser det ud til, at station KB-1 er mest påvirket, hvilket også fremgår af de kemiske analyser. Modellen kan ikke forklare den højere koncentration i prøven fra KB-9, som ligger nordvest for klapplads A.



Figur 3-15 Øverst: Spredning af sediment estimeret som den akkumulerede overskridelsesvarighed af den dybdemidlede koncentration af suspenderet stof over 2 mg/l. Skala er angivet som dage. Perioden dækker 88 døgn. Nederst: Estimeret aflejring af klappet materiale ved modelperiodens afslutning (30. marts) /16/.

I rapporten /16/ estimeres det, at fra den 3. januar til den 1. april er den samlede masse af sedimenter, som forlader (model)klapområdet i retning mod Køge Bugt, 280 tons, eller ca. 0,08% af klappmængden. Påvirkningen af Køge Bugt vurderes derfor at være lille.

3.3 Videotransekt

I vinteren 2023 blev der sejlet videotransekt på de tre transekter, som også undersøgt med video i 2022. Observationerne gik primært på bundens beskaffenhed og i mindre grad på observationer af alger, da der i dette område ikke er store forekomster af alger. Desuden blev der set efter stenrev.

I Bilag C er der vist nogle billeder taget fra transekt 1, som illustrerer bundforholdene.

Som også observeret i vinteren 2022 er der tale om en havbund, der kan karakteriseres som hård med mindre områder med sand og store områder med spredte sten. Den hårde beskaffenhed var også årsag til, at der var nogle stationer, der ikke kunne indsamles med det normale indsamlingsudstyr. Der var

flere smårev med sten op til 1 m i diameter og flere steder, hvor der var kalk og ler-toppe. I den geologiske kortlægning af Danmark er området karakteriseret som en moræne, der som andre moræner indeholder store mængder usorteret materiale, hvilket sandsynligvis er årsag til at bunden fremstår meget grov med sten, grus og smårev.

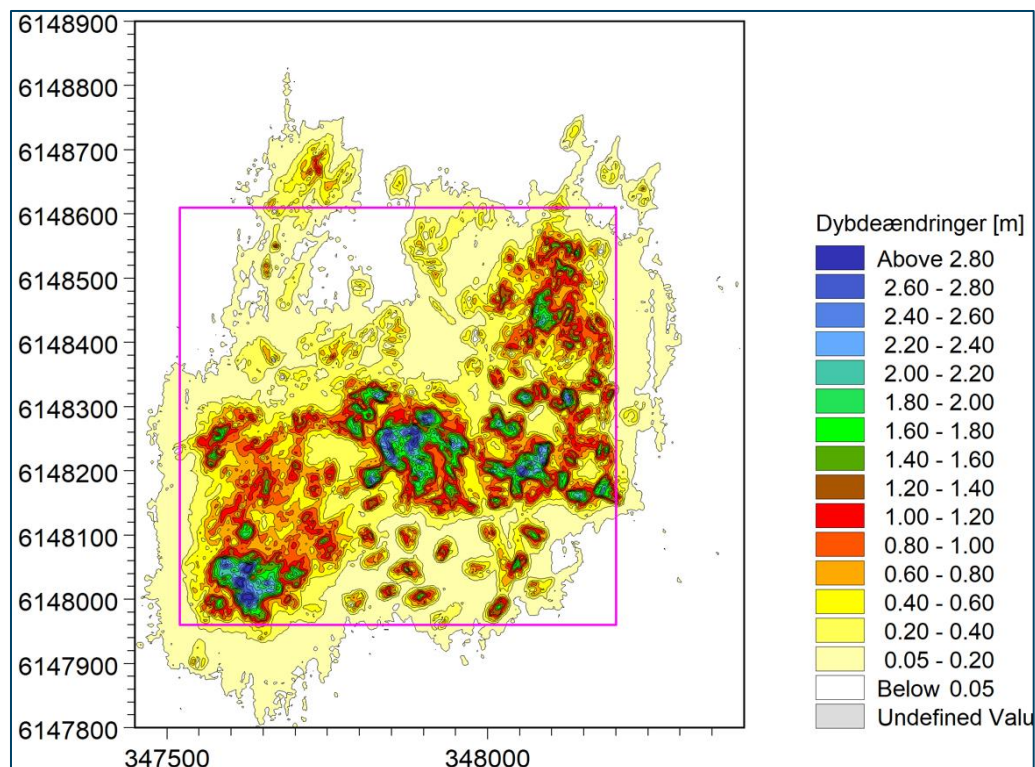
De tre transekter passerer mindst 1 klapområde hver og på klapplads B var der tydelige ændringer af bunden med flere klap-bunker. Generelt var der tale om bunker, som ragede ca. 1-1,5 m op over bunden. Bunkerne kunne primært identificeres på at ligge meget isoleret og desuden var der ingen algebevoksning på bunkerne. I klapområderne er der smårev, hvor det ikke umiddelbart er til at se, om der er tale om klapping af stenmateriale eller om der er tale om naturlige rev, da de er bevokset med alger og ligner smårev uden for klappladserne.

Tabel 3-16 Oversigt over observationer fra de 3 transekter i Køge Bugt

Transekt	Retning	Dominerende bundtype	Makroalger	Stenrev	Andet
1	SV=>NØ	Sandet bund med spredte sten, frem til KP B, hvorefter mængde af sten og smårev (klapbunker) øges. Alle smårev uden for klappladserne dækket med makroalger. Tydelige strømrubber i sandområderne. Nogen strøm under optagelser	0-5%	0-5%	Enkelte sten over 1 m diameter. Rev i små grupper, afløst af rene sandflader. Tydelige bunker af klappet materiale på klapplads B, mens der ikke er tilsvarende synlige bunker på Klapplads A.
2	SØ=>NW	Generel grov bund med mange spredte sten og smårev. Inden for KA kan det ikke afgøres, om der er tale om naturlige rev eller klappet stenmateriale. Enkelte strækninger med sandet bund med strømrubber.	0-5%	0-5%	Enkelte mindre sandområder med store mængder skaller og tydelige strømrubber. Passerer Klapplads A, men ingen spor efter ny klapping.
3	SØ=>NW	Store bare sandflader med strømrubber i den første og sidste del af transektet. Enkelte områder med fritstående lerklumper/kalkklumper uden for klapplads B. I KB flere klapbunker. Sand og grus-bund mellem bunker. Omkring KB er bunden grov med smårev og stenet bund	0-5%	0-5%	Tydelige bunker inden for klappladsen både med kalksten/grus og mere leret indhold.

Videotransekterne viste ikke overraskende stort set de samme bundforhold uden for klappladserne. I den sydvestlige del af området var der lange strækninger med sand, som havde tydelige strømrubber. Omkring klapplads B stiger den naturlige mængde af sten og grovere bund. I klapplads B området blev der observeret adskillige bunker af klappet materiale. Mellem plads B og A er bunden grov med spredte sten på sandbund med strømrubber. I klapplads A området er der enkelte bunker, men det kan ikke afgøres, om der er tale om klappet materiale eller om det er naturlige smårev, som ses både indenfor og udenfor klappladsen. Generelt er bunden grovere og mere stenet i området ved klapplads A, hvilket også forklarer problemer med prøvetagning. Det understreges, at Lynetteholm projektet kun har klappet på klapplads B.

Klapplads B blev både før og efter klapsæsonen 2022 undersøgt for dybdeforhold, og når man tager bunddybder før og efter klapping og ser på forskellene får man et bundkort som vist i Figur 3-16. Her kan man se, at der er tydelige "mærker" efter klappingen.



Figur 3-16 Ændringer i bunddybder efter klapping i foråret 2022. Den røde firkant angiver udstrækning af klapplads B.

En sammenligning mellem observationer fra vinteren 2022 og vinteren 2023 ses primært i de ændrede bundforhold inden for klapplads B, mens der ikke er synlige forskelle mellem de to år for de områder, der ligger uden for klapplads B. Der er fortsat tale om grov bund med sandområder. Alle områder med sand havde strømribber i lighed med observationerne i vinteren 2022, hvilket indikerer, at der er tale om strømpåvirket bund, og at de finere kornstørrelser er vasket væk fra overfladesedimenterne. Ser man i Tabel 3-3 under kolonnen med den fine sedimentfraktion kan man se, at stationerne 4, 4-1 og 10 adskiller sig ved at have en større fraktion af det fine materiale både i vinteren 2022 og i vinteren 2023. Dette indikerer, at der vil ske en gradvis udvaskning af de finere sedimentfraktioner efterhånden som de klappede materialer eroderes, men at det herved dannede grovere overfladelag vil virke indkapslende på det underliggende klappede sediment.

4 Diskussion og Konklusion

Der blev i vinteren 23 udtaget prøver på 11 (sediment) og 14 (fauna) af de 15 stationer, som er udlagt til monitoring omkring de to klappladser i Køge Bugt. Årsagen til, at der ikke er prøver fra alle 15 stationer er, at området ved de to klappladser er meget stenet. Der blev gjort en anseelig indsats for at udtage prøver. Ud over HAPS prøvetageren anvendtes en van Veen sampler som er mindre følsom for sten. Montering af videokamera på HAPS samleren forbedrede muligheden for at udtage prøver, men kunne ikke sikre fuld indsamling på alle stationer. Den centrale station på klapplads B, KB-4, kunne ikke prøvetages. For at få prøver inden for klappladsen blev der i stedet udtaget prøver cirka 130 m nordøst for den oprindelige station. Disse stationer er derfor ikke så sammenlignelige, som prøverne fra de øvrige stationer, men begge ligger inden for klapplads B. Dette skal tages med i betragtning i diskussionerne herunder.

4.1 Faunaundersøgelse

Bundfauna blev indsamlet på 12 stationer i vinteren 2022 og 14 stationer i vinteren 2023. De to års dominerende artssammensætning var meget lig hinanden. Begge år var sneglen *Peringia ulvae* klart den mest dominerende art, efterfulgt af børsteormen *Pygospio elegans* og den tredje mest dominerende i hhv. 2022 og 2023 var blåmuslingen *Mytilus edulis*. Antallet af arter stemmer ligeledes overens over de to år.

Biomassen (g tørvægt per m²) er derimod markant forskellig imellem de to år. Biomassen i vinteren 2022 var 139 g tørvægt per m², hvorimod biomassen i vinteren 2023 var 583 g tørvægt per m². Det skal dog nævnes, at der er fundet to strandkrabber (*Carcinus maenas*) i vinteren 2023, som udgør 356 g tørvægt per m² og dermed 61 % af den samlede biomasse. Fraregnet den biomasse som strandkrabben udgør, havde vinteren 2023 dog stadig markant højere biomasse (227 g tørvægt per m²) end vinteren 2022. Dette kan skyldes at antallet af individer/m² er steget fra vinteren 2022 til vinteren 2023. Mens antallet af individer er steget fra 2022 til 2023, er Shannon-Wiener og Pielou indekssværdierne imidlertid faldet. Dette kan skyldes at mængden af de dominerende arter udgør en større del af den artssammensætning der er til stede. Eksempelvis udgør den mest dominerende art, sneglen *Peringia ulvae*, i vinteren 2022, 14 % af den samlede biomasse (g tørvægt per m²), mens den i vinteren 2023 udgør helt op til 27 %. Dermed er der en lavere "evenness" i fordelingen af arter i området.

Stigning i biomasse fra 2022 til 2023 er ikke overraskende, da der er tilført organisk materiale fra klappingen til området. Dette stimulerer væksten af bunddyr. Tilsvarende øgninger i biomasse efter marine anlægsarbejder er set mange steder, bl.a. i Storebælt i 1990'erne.

AMBI-indekset var i vinteren 2022 en anelse lavere end observeret i vinteren 2023, dog er begge år under kategorien let forstyrret havbund, hvilket stemmer overens med aktiviteterne, der foregår på området. Samlet set er resultaterne fra denne undersøgelse med til at give et billede af en relativ lav artsdiversitet i bundsubstraterne, som med stor sandsynlighed kan relateres til klapping af disse områder.

4.2 Sedimentkvalitet

Sedimentprøverne er blevet karakteriseret med hensyn til kornstørrelse, organisk stof og næringssalte. De to centrale prøvestationer (KB-4 og KB-4-1 på klapplads

B og KB-10 på klapplads A) skiller sig signifikant ved at have meget høje andele af organisk stof og af den fine sedimentfraktion ($< 0,063$ mm). Det samme gælder for total kvælstof og total fosfor. Da tungmetaller ofte bindes til den fine sedimentfraktion og da lipofile organiske stoffer bindes til det organiske stof i sedimentet, kan sedimentets sammensætning have betydning for koncentrationen af disse. Generelt er indholdet af organisk stof steget fra vinter 2022 til vinter 2023. For næringssaltene er der et generelt fald i total-N, mens der ikke er en generel trend for total-P. Normalt vil man forvente en nogenlunde proportional sammenhæng imellem koncentrationen af organisk stof og næringssalte, men det afhænger af oprindelsen af det klappede materiale.

Sammenlignet med Klapvejledningens aktionsniveauer for tungmetaller er der blandt prøverne fra vinteren 2023 kun en prøve, KB-4-1, hvor der er koncentrationer, der er højere end Klapvejledningens nedre og øvre aktionsniveauer. For bly, cadmium, kobber og zink er der overskridelser af det nedre aktionsniveau, mens kviksølv overskrider øvre aktionsniveau med 30%.

De forhøjede værdier på KB-4-1 kan hænge sammen med, at prøven er udtaget et sted, hvor der er et højt indhold af den fine sedimentfraktion, hvorpå metallerne kan være adsorberet. Adsorptionen er mest sandsynligt sket, der hvor materialet oprindeligt var placeret. Metallerne var også relativt høje på KB-4 i vinteren 2022, men selv om der ses en stigning til vinteren 2023, kan det ikke konkluderes, at stigningen skyldes klappning af materiale idet de to prøvetagningslokaliteter ligger ca. 130 m fra hinanden. Desuden er der klappet materiale fra Avedøre havn i samme område i samme periode.

For vinter 2023 er det kun summen af PAH'er i prøven fra KB 4-1, der overstiger Klapvejledningens nedre aktionsgrænse, og den er væsentlig højere end prøven udtaget på KB-4 vinteren 2022. I vinteren 2022 blev der kun detekteret PAH'er i prøverne fra klappladserne (undtagen fluoranthen i KB-9). Derimod blev der i 2023 også detekteret PAH på KB-1 og KB-14 sydvest for klapplads B, samt på KB-7, -9, og -13 omkring klapplads A. Generelt var koncentrationerne højere i vinteren 2023 på klapplads B, mens de var lavere på klapplads A (KB-10). De høje indhold af TOC kan være en medvirkende årsag, men det kan ikke udelukkes, at klappningen i foråret har medført en stigning i koncentrationerne i og omkring klapplads B. Det skal dog tages med i betragtning, at KB-4 fra 22 og KB-4-1 fra 2023 er udtaget knap 130 m fra hinanden.

I prøverne fra vinteren 2022 og 2023 er der kun blevet detekteret butyl-tin i de centrale dele af klappladserne (KB-4-1 og KB-10). I vinteren 2023 var koncentrationerne under Klapvejledningens nedre aktionsgrænse, selv om der blev detekteret TBT ($21 \mu\text{g/kg TS}$) i det klappede materiale. Der er endog tendens til lavere TBT koncentration i klapområde B i 2023 (KB-4 sammenlignet med KB-4-1). Derimod ses der en stigning i klapområde A, hvor der ikke er klappet. Stigningen må skyldes den geografiske og analytiske variation. Det høje indhold af organisk stof på de to stationer kan være en del af forklaringen på forhøjede koncentrationer. Der synes ikke at være en effekt af klappningen i foråret 2022, men det er tydeligt, at klappningen over årene har betydet at butyl-tin koncentrationerne er forhøjet på klappladserne.

I vinteren 2022 blev der kun detekteret PCB'er på selve klappladserne. I vinteren 2023 blev de også detekteret i KB-1 og for PCB-153 også i KB-5, begge stationer ligger ved klapplads B. Ingen af resultaterne ligger over Klapvejledningens nedre aktionsgrænse. Som for PAH'erne kan de høje indhold af TOC være en medvirkende årsag, men det kan ikke udelukkes, at klappningen i foråret har medført en stigning i koncentrationerne i og omkring klapplads B. Det skal dog

tages med i betragtning, at KB-4 fra 2022 og KB-4-1 fra 2023 ligger knap 130 m fra hinanden.

Både Bekendtgørelse 1625 og HELCOM har miljømål for anthracen. Der er detekteret anthracen på flere stationer i 2023 end i 2022. I prøverne fra de to stationer, der ligger på klappladserne, ligger koncentrationen begge steder over Bekendtgørelsens miljømål, mens HELCOM's GES er overholdt i 2023. Klapvejledningen stiller ikke krav til Anthracen, men er en del af summen af PAH'er. Klapvejledningens krav om PAH'er er opfyldt.

HELCOM har GES for PCB-118 og PCB-153. Koncentrationen af PCB-118 var lave og under HELCOM's GES med undtagelse af KB-10 i 2022 og KB-1 i 2023. For PCB-153 ligger alle resultater en størrelsesorden eller mere under HELCOM's GES.

HELCOM's GES for TBT er kun overskredet i KB-4, vinter 2022.

Generel kan det konkluderes, at sedimentprøverne fra klappladserne bærer præg af klappingerne, der har foregået gennem årene. Der er tydeligt forhøjede koncentrationer af organisk stof (glødetab og TOC) og næringssalte. Der er også forhøjede koncentrationer af tungmetallerne, PAH'er, TBT og PCB'er, men Klapvejledningens nedre grænse er kun overskredet i enkelte tilfælde (bly, cadmium, kobber og zink, sum af PAH på KB-4-1), mens den er overskrider 30% af øvre aktionsniveau for kviksølv i prøven fra KB-4-1.

Der er tendens til stigninger af PAH'er og PCB'er fra 2022 til 2023, ligesom de er fundet på flere stationer, især omkring klappads B (KB-1 og KB-7). Det kan ikke udelukkes, at det skyldes klappingen i foråret 2022, men resultaterne er ikke entydige, og den centrale station på klappads B måtte rykkes knap 130 m mod nordøst pga. den stenede bund, hvilket vanskeliggør sammenligning.

Generelt er koncentrationerne lave. TBT og PCB er med få undtagelser under detektionsgrænsen eller under HELCOM's værdier for god økologisk tilstand. Anthracen er derimod over Bekendtgørelsens miljømål, og også, med en enkelt undtagelse, over HELCOM's værdi for god økologisk tilstand, på de stationer, hvor den er detekteret. Klapvejledningen har ikke aktions niveauer for anthracen.

DHI har i et parallelt projekt modelleret spredningen af sediment fra klappingen. Aflejringen af sediment ser ud til at ske i nordøstlig og sydvestlig retning fra klappadserne og for den største dels vedkommende ind i Østersøen. Meget lidt (0,08%) af det klappede materiale transporteres ind i Køge Bugt. Det antages derfor, at klappingerne kun har påvirket sedimentkvaliteten i Køge Bugt i begrænset omfang.

4.3 Videotransekter

Der er gennemsejlet 3 transekter, som blev videofilmet, og her var der ingen observerbare forskelle mellem de to år, bortset fra de fysiske ændringer i Klappads B området. Her kunne det konstateres, at der lå flere bunker af klappet materiale på transektet. Ellers viste transekterne, at der fortsat er tale om en bund, der veksler mellem sandede områder og områder med spredte sten og smårev, samt at sandbundens strømriller indikerede periodisk kraftige strømhastigheder.

5 Referencer

- /1/ Vejledning Nr. 9702, 20-10-2008: Vejledning fra By- og Landskabsstyrelsen: Dumpning af optaget havbundsmateriale – klappning.
- /2/ Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand. BEK nr. 1625 af 19/12/2017.
- /3/ HELCOM (2018) PAH and metabolites. HELCOM core indicator report. Online. [29-04-2022], [[http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/indicators/polyaromatic-hydrocarbons-\(PAHs\)-and-their-metabolites/](http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/indicators/polyaromatic-hydrocarbons-(PAHs)-and-their-metabolites/)]. ISSN 2343-2543
- /4/ HELCOM (2018) Metals (lead, cadmium and mercury). HELCOM Core Indicator Report. Online. [26-07-2020], [<https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/Metals-HELCOM-core-indicator-2018.pdf>]. ISSN: 2343-2543
- /5/ HELCOM (2018) Polychlorinated biphenyls (PCBs), dioxins and furans. HELCOM core indicator report. Downloaded 2020-09-01, <https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/Polychlorinated-biphenyls-PCBs-dioxin-and-furan-HELCOM-core-indicator-2018.pdf>, ISSN 2343-2543
- /6/ HELCOM, 2012. Development of a set of core indicators: Interim report of the HELCOM CORESET project. PART B: Descriptions of the indicators. Balt. Sea Environ. Proc. No. 129 B.
<https://helcom.fi/media/publikations/BSEP129B.pdf>
- /7/ Fastsættelse af kvalitetskriterier for vandmiljøet. Miljøstyrelsen 2019. Krom.
<https://mst.dk/media/221627/krom-7440-74-3.pdf>
- /8/ Kvalitetskriterier for miljøfarlige forurenende stoffer i vandmiljøet.
<https://mst.dk/kemi/kemikalier/graensevaerdier-og-kvalitetskriterier/miljoekvalitetskriterier/>
- /9/ Fastsættelse af kvalitetskriterier for sediment og biota. Nikkel.
<https://mst.dk/media/196562/nikkel-7440-02-0.pdf>
- /10/ McLachlan, M. & Undeman, E. 2020. Dioxins and PCBs in the Baltic Sea. Helcom Baltic Sea Environment Proceedings n°171.
- /11/ HELCOM (2018) TBT and imposex. HELCOM core indicator report. Online. [2022-04-28], [<https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/Tributyltin-TBT-and-imposex-HELCOM-core-indicator-2018.pdf>]. ISSN: 2343-2543
- /12/ Satellitbaseret vegetationskortlægning: [Marine Vegetation Mapping \(satlas.dk\)](#) Tilgået 2021 og 2022
- /13/ DHI A/S (2022): 11823523-19 Baseline rapport Lynetteholm. Rapport til By & Havn.
- /14/ DHI A/S (2022): 11823523-18 Turbiditetsmålinger ved Lynetteholm og klappladser, 2022. Rapport til By & Havn.
- /15/ DHI A/S (2022): Baseline rapport for klappladser i Køge Bugt. Biologiske og sedimentkemiske undersøgelser ved klappladser i Køge Bugt. Rapport til By & Havn

/16/ DHI A/S (2022) Lynetteholm Turbidity Management Hindcast Rapport.
Hindcast periode: 2022-03-07 – 2022-03-31. Rapport til Lynetteholm Turbidity
Management Group ved By og Havn og MST. 2022-05-10.

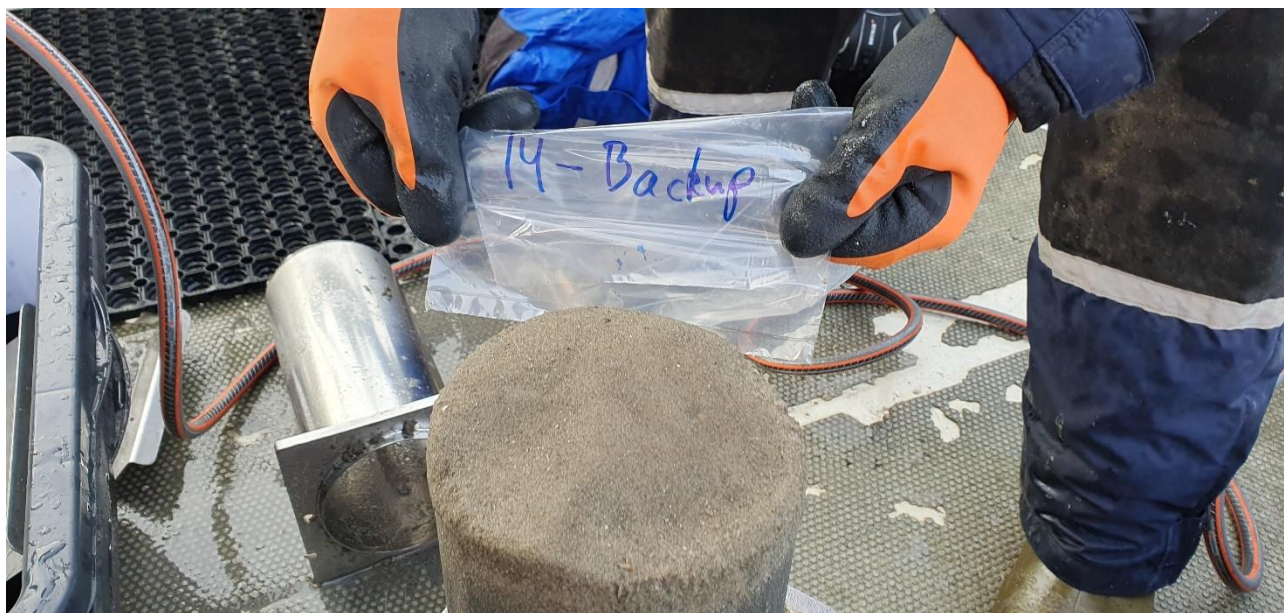
/17/ Hansen J.W. & Høgslund S. (red.) 2023. Marine områder 2021. NOVANA.
Aarhus Universitet, DCE. – Nationalt Center for Miljø og Energi, 220 s. -
Videnskabelig rapport fra DCE nr. 529., <http://dce2.au.dk/pub/SR529.pdf>

/18/

Bilag A Sedimenter

Bilag A.1 Billeder af sedimentsøjler, eksempler

På hver station tages der 1-2 sedimentkerner, der bruges til de kemiske analyser og kornstørrelsesfordelinger. Der tages billeder af sedimentkernerne. I dette bilag er der vist eksempler på sådanne kerner.



KB-14



KB-4-1



KB-7

Bilag B Sedimentkemiske analyserapporter

Bilag B.1 Sedimentkemi

Indsæt PDF med analyserapport på sedimentkemi

Bilag B.2 Kornstørrelsesanalyser

Indsæt PDF med analyserapport på sedimentkemi

Bilag C Biologi og transekter

Bilag C.1

Tabel for statistiske beregninger af bundfauna, vinteren 2022

Efter anmodning fra Københavns Kommune, samt for at sikre sammenligning med statistiske metoder brugt i Novana programmet, arbejdes der med hhv. Shannon-wiener og Pielou index. I den oprindelige vinter-baseline rapport er alle data vist med Margaleff og Simpson's index. Herunder er vinter 2022 data omregnet til de to nye statistikker.

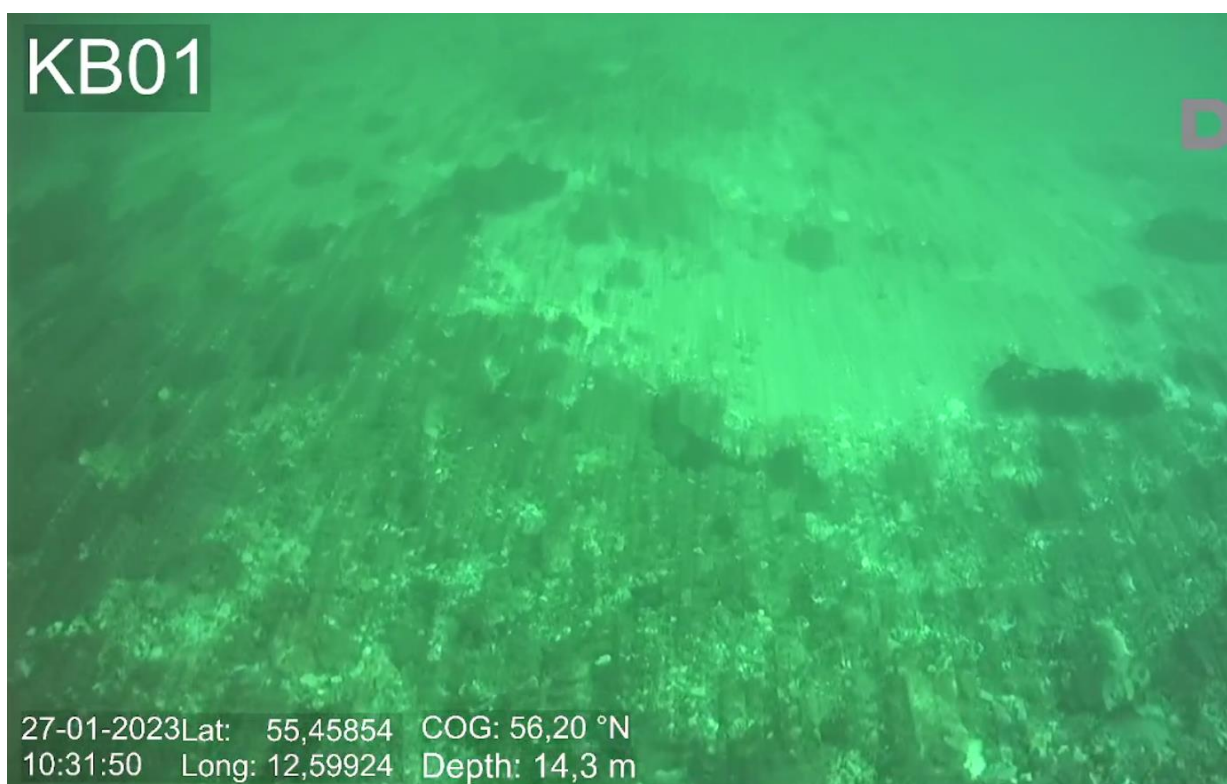
	Station	Arter	Ind/m2	Margaleff	Simpson	Shannon-Wiener	Pielou	AMBI	DKI
KP B	KB-1	11	3.048	1,25	0,63	1,39	0,58	3,0	0,58
KP B	KB-2	11	1.070	1,43	0,81	1,87	0,78	3,1	0,64
KP B	KB-4	13	780	1,80	0,67	1,66	0,65	3,0	0,62
KP B	KB-5	16	3.757	1,82	0,58	1,38	0,50	3,0	0,58
KP B	KB-6	12	2.549	1,40	0,70	1,60	0,64	2,9	0,61
KP B	KB-14	13	2.988	1,50	0,79	1,77	0,69	3,0	0,63
	KB-7	17	4.257	1,91	0,69	1,53	0,54	3,0	0,60
KP A	KB-8	7	3.497	0,74	0,58	1,15	0,59	2,9	0,55
KP A	KB-9	12	1.400	1,52	0,81	1,90	0,76	3,1	0,64
KP A	KB-10	11	3.117	1,24	0,59	1,16	0,48	2,9	0,55
KP A	KB-11	3	3.357	0,25	0,41	0,66	0,60	3,0	0,47
KP A	KB-13	16	4.137	1,80	0,73	1,64	0,59	3,1	0,61



Typisk bund ved Station 15 og station 1



Klapmateriale på klapplads B



Stor bunke materiale på KP B



Smårev mellem KP B og A.