

# Notat om usikkerheder og fejlkilder ved anvendelsen af DKI på bundfaunadata fra forskellige prøvetagningsdesign

---

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 3. marts 2018

Jørgen L.S. Hansen

Institut for Bioscience

Rekvirent:  
Det faglige koordinationsudvalg, Marin  
Antal sider: 10

Faglig kvalitetssikring:  
Henrik Fossing

Kvalitetssikring centret:  
Poul Nordemann



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000  
E-mail: [dce@au.dk](mailto:dce@au.dk)  
<http://dce.au.dk>

# Indhold

Baggrund	3
Udfordringer omkring DKI-beregning ved aggregering af data fra Haps-prøver	4
Problemstilling omkring inddragelse af saltholdighedsdata i DKI beregningen	8
Problemstilling omkring sammenligneligheden af prøvetagningsredskaber og forskellige prøvetagningsarealer	9
Litteratur	9

## Baggrund

Det marine Fagdatacenter (M-FDC) afholdt den 30. november 2017 en workshop indenfor blødbundsfaunaanalyser og miljøkvalitetsindeks med særligt fokus på fejlkilder og usikkerheder ved prøvetagning og sortering af blødbundsfauna udført i henhold til gældende retningslinjer (TA M19 Blødbundsfauna) samt om usikkerheder ved aggregering af data i forbindelse med beregning af det danske kvalitetsindeks (DKI). EU's vandrammedirektiv (2000) betyder, at DKI får stor betydning ved vurderingen af miljøtilstanden i det danske havmiljø, idet dette indeks er miljøindikator for kvalitetselementet blødbundsfauna og kun to andre indices (ålegræssets dybdegrænse og klorofylindholdet) indgår p.t. (primo 2018) i Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur (NOVANA 2017-21).

Formålet med workshoppen var at identificere, hvilke procedurer i overvågningsprogrammet for blødbundsfauna (NOVANA 2017-21), der er særlig kritiske for datakvaliteten herunder usikkerhedsbestemmelse og reproducerbarhed af resultater. Disse procedurer blev præsenteret og diskuteret for alle trin i overvågningen fra prøvetagning i felten, artsbestemmelse og optælling af blødbundsfaunaen i laboratoriet, beregning af DKI og til den endelige analyse af miljøtilstanden. På workshoppen blev problemstillingen omkring sammenlignelighed mellem danske blødbundsfaunadata og blødbundsfaunadata fra vores nabolande (Sverige og landene omkring Nordsøen) også berørt, da sammenlignelighed er en forudsætning for at kunne anvende DKI på tværs af landegrænser og direktiver (Vandrammedirektivet, Habitatdirektivet og Havstrategidirektivet).

Det marine Fagdatacenter afholdt i 2014 en interkalibrering af blødbundsfauna med fokus på artsbestemmelse (Hansen m.fl. 2014). Resultatet af denne interkalibrering viser, at artsbestemmelse i sig selv ikke er den eneste fejlkilde, der påvirker beregningen af DKI. Resultaterne fra dengang viser også, at der tilsyneladende overses dyr i forbindelse med prøvesorteringen – fejl, der kan forekomme, selvom den teknisk anvisning følges, og som ikke kan imødegås selv ved en revision af denne og heller ikke opdages i forbindelse med FDC's kvalitetssikringen af data. På baggrund af 2014-interkalibreringen anbefalede M-FDC dengang, at der sikres et stærkt faglig miljø særligt omkring sortering, optælling og artsbestemmelse af blødbundsfaunaen, og at de tilknyttede konsulenter jævnligt gennemfører gensorteringer og dobbeltbestemmelser af prøver. Betydningen af omtalte fejlkilder på beregningen af DKI er diskuteret i Hansen m.fl. (2014), som konkluderer, at fejlkilderne har en betydning for det beregnede DKI, omend DKI dog er mere robust end andre diversitetsmål som f.eks. artsantallet i en prøve eller Margalefs indeks.

I erkendelse af, at de fejlkilder, der blev identificeret ved 2014-interkalibreringen, ikke umiddelbart kan elimineres, fokuserede workshoppen i november 2017 på andre fejlkilder og begrænsninger ved anvendelsen af DKI i en bredere sammenhæng (beskrevet ovenfor). På denne baggrund har det faglige koordinationsudvalg rekvireret dette notat, der giver en kort opsummering af problemstillinger og anbefalinger, som workshoppen ledte frem til.

## Udfordringer omkring DKI-beregning ved aggregering af data fra Haps-prøver

Ifølge TA M19 aggregeres data fra Haps-prøver fra et område med blødbundsfauna (typisk 42 prøvetagningspositioner med hver en enkel delprøve) i puljer fra 5-7 prøver forud for beregningen af DKI. Den historiske begrundelsen for denne aggregering af data er, at DKI blev udviklet parallelt med tilsvarende miljøkvalitetsindeks i de øvrige nordiske lande. For at kunne sammenligne og anvende fælles datasæt landene imellem var det først og fremmest nødvendigt med et prøvetagningsareal på samme størrelse: 0,1 m<sup>2</sup>, og derfor blev der oprindeligt forud for beregningen af DKI foretaget en aggregering af 7 Haps-prøver hver med et overfladeareal på 0,0143 m<sup>2</sup>. Disse Haps-prøver var taget som replikater, altså punktstationer hvor hver prøve refererede til en og samme position, DKI (Josefson m.fl. 2009).

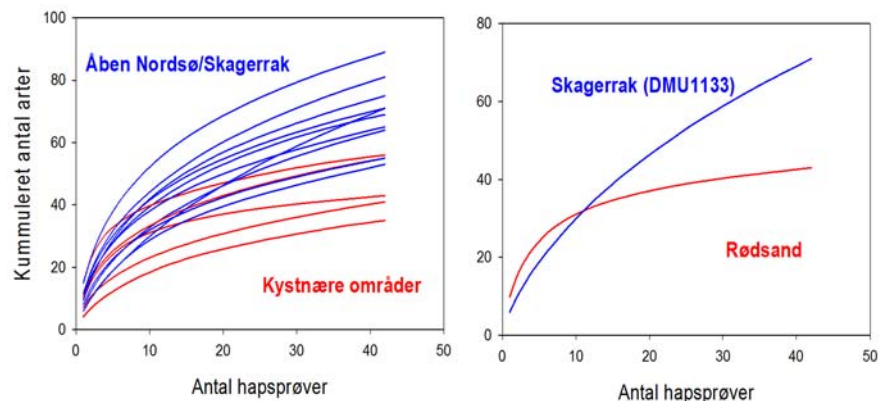
I forbindelse med overvågningen af vandområderne blev DKI-beregningsproceduren imidlertid overført til det bundfaunaprøvetagningsprogram, som blev indført med NOVA-programmet i 1998, hvor der tages én prøve på 20-90 individuelle positioner (dvs. beregning af DKI-indekset sker ud fra puljer af prøver der stammer fra forskellige prøvetagningspositioner). Den oprindelige anbefaling for NOVA-programmet var, at prøvetagningsområderne blev lagt indenfor mindre og homogene områder (Jensen 1998), men med tiden er der blevet indsamlet blødbundsfaunaprøver over meget forskellige arealer for det enkelte prøvetagningsområde, og prøvetagningen sker i mere eller mindre homogene områder. For eksempel tages enkeltprøverne i Odense Fjord og Ringkøbing Fjord over hele fjordarealet, mens prøvetagningsarealet kun dækker et lille område i f.eks. Vejle Fjord og Aarhus Bugt. Størrelse på prøvetagningsarealet får derfor ofte også betydning for, hvor heterogen bunden er og dermed, hvor forskelligartet bundfaunasamfundet kan forventes at være. Udfordringen med aggregering af data ved beregningen af DKI er, at Shannon-diversiteten, der indgår i DKI-beregningen, kommer til at afhænge af den måde, hvorpå data fra de mange enkeltprøver aggregeres. Jo mere forskelligartet bundfaunaen er indenfor et prøvetagningsområde, desto større betydning har aggregeringsmetoden for resultatet (altså hvordan man vælger at pulje prøverne).

Der vil altid være forskel i artssammensætning mellem de enkelte prøver indenfor et prøvetagningsområde. Man betegner denne forskel som "beta-diversiteten", som betyder, at det samlede artsantal stiger jo flere prøver, der puljes (dvs. data, som aggregeres). Dette fremgår af de klassiske art-areal kurver (Figur 1). Jo mere forskelligartede prøverne er, desto mere stiger artsrigdommen med antallet af prøver. Forskellen mellem artsrigdommen i enkeltprøverne afhænger derfor af, hvor heterogen havbunden er indenfor prøvetagningsområdet (det samme gælder for alle andre miljøforhold, der har betydning for blødbundsfaunaen). Alt andet lige betyder det, at jo større et prøvetagningsområde er, desto flere forskellige bundtyper og bundfaunasamfund forventes repræsenteret i samling af prøver. Når data efterfølgende aggregeres fra 7 oparbejdede bundfaunaprøver bliver Shannon-diversiteten højest i de aggregeringer, der repræsenterer de mest forskellige prøver. Dermed er der en risiko for, at måden, hvorpå data aggregeres, influerer på Shannon-diversiteten og dermed på den beregnede værdi af DKI, hvilket er kritisk i forhold til objektiviteten af miljøkvalitetsindekset. M-FDC har tidligere påpeget denne problematik, hvor blødbundsfaunastationer er udlagt i områder med store gradienter i de fysiske forhold (dvs. udpræget heterogene områder). Derfor har M-FDC også anbefalet, at data fra enkeltprøver så vidt muligt aggregeres efter mest sammenlignelige fysiske forhold, hvilket dog oftest er

udfordret, fordi de nødvendige fysiske data ikke er tilstrækkeligt undersøgt til at kunne foretage en sådan objektiv aggregering.

Tabel 1 og 2 viser et eksempel på betydningen af prøvetagningsarealet i Nordsøen for beregningen af bl.a. artsantal og DKI. Tabel 1 viser det fundne artsantal ved at aggregere data fra 7 Haps-prøver fra samme område (A-G) og 7 Haps-prøver fra 7 forskellige områder (prøvenummer 1-7). De data, der er aggregeret fra prøver med samme prøvenummer fra områderne A-G, repræsenterer 7 forskellige områder (hele Nordsøen) og giver et næsten dobbelt så stort artsantal, en højere Shannon-diversitet og en højere værdi for DKI sammenlignet med gennemsnittet for de 7 Haps-prøver, hvis data er aggregeret for samme prøvetagningsområde (A, Tabel 2). Tabel 3 viser et lignende eksempel fra stationsområdet 169 ved Store Middelgrund, hvor der relativt tilfældig blev indsamlet 42 enkeltprøver i samme område. Artsantal, Shannon-diversiteten, DKI og andre parametre blev herefter beregnet ud fra 7 Haps-prøver enten ved at aggregere data fra de 7 Haps-prøver med laveste prøvetagningsnummer (1-7) eller sorteret efter prøvetagningsdybde, hvor data fra de 7 laveste dybder blev aggregeret. Her ses, at Shannon-diversiteten og DKI bliver højest, når prøver fra forskellige tilfældige dybder blandes. I begge (ekstreme!) tilfælde fås der forskellige værdier for DKI selvom, der er tale om det samme prøvemateriale, som blot aggregeres forskelligt forud for beregningen af DKI og diversitetsindeks.

Ikke alene aggregeringen af data kan føre til usikkerheder omkring resultaterne af blødbundsfaunaanalyserne. Data, der aggregeres på baggrund af flere analyser fortaget af forskellige analytikere, kan på tilsvarende vis give en lidt højere Shannon-diversitet end gennemsnittet for hver enkelt analytiker. Dette forklares ved, at analytikerne registrerer nogle af arterne forskelligt eller i forskelligt omfang overser dyr.



**Figur 1.** Antal arter mod kumuleret prøveantal (antal Haps-prøver) fra bundfaunaoprøvetagningsområder samlet i 2016. Højre figur viser et eksempel på hvor forskelligt kurveforløbet kan være (fra havrapport 2017, Hansen m. fl. 2018). Bemærk at antallet af arter i de kystnære områder (rød kurve) er mindre end i åbne vandområder (blå kurve) og derfor kan "det sande antal arter" i kystnære områder beregnes ved et færre antal Haps-prøver.

For at undgå at beregningen af DKI kommer til at afhænge, hvordan data fra 7 Haps-prøver aggregeres og af stationspositioner, hvis prøvetagningsprogrammet i fremtiden revideres, **anbefaler M-FDC, at DKI fremadrettet beregnes for hver enkelt Haps-prøve, og at dette beskrives i de tekniske anvisninger ved en revision af beregningsmetoden for DKI.** Fordele og ulemper ved denne procedureændring er:

### Ulemper:

- Beregning af DKI på en enkelt prøve vil give en anden værdi end en tilsvarende værdi beregnet for aggregerede data fra fx 7 Haps-prøver.
- Det er nødvendigt at ændre grænserne for de forskellige klassifikationer af miljøets tilstand og genberegne DKI for et stort antal prøvetagninger for på den måde at kalibrere de to beregningsmetoder.
- Det er ikke undersøgt, hvilken rolle prøvetagningsarealet på 0,0143 m<sup>2</sup> vs. 0,1 m<sup>2</sup> har (se 1.4 nedenfor)

### Fordele:

- Det er "kun" data, der aggregeres og ikke blødbundsfaunaprøver). Derfor kan begge beregningsmetoder bruges således, at fx tidsserier kan fortsættes.
- Det vil være muligt at beholde dele af tidsserier, hvis f.eks. nogle prøvetagningspositionerne i et prøvetagningsområde flyttes.
- Der opnås bedre sammenligningsgrundlag på tværs af prøvetagningsområder, idet DKI ikke er influeret prøvetagningsarealet, da data ikke aggregeres.
- Den nye beregningsmetode vil i højere grad ligne de metoder, der anvendes i Danmarks nabolande, hvor miljøkvalitetsindeks bliver beregnet på enkeltprøver om end prøvetagningsarealet ikke er sammenligneligt.
- Ved brug af den nye beregningsmetode vil konsekvenserne ved at flytte en eller flere stationer indenfor et område være begrænsede. Hvis en station i et prøvetagningsområde fx flyttes, vil bl.a. DKI alene bero på forskellene mellem de(t) tidligere og nuværende prøvetagningssted(er) og ikke af, om prøvetagningen, samlet set, er blevet mere eller mindre spredt indenfor området.
- Den nye beregningsmetode vil forhindre det artefakt, at DKI kan blive højere, hvis data aggregeres fra prøver bestemt af flere analytikere i modsætning til blødbundsfaunaprøver, der er oparbejdet af én analytiker.

**Tabel 1.** Artsantallet i 7x7 enkeltprøver fra 7 forskellige prøvetagningsområder i Nordsøen 2016 (A-G). Nederste række ( $S_{\text{intern agg.}}$ ) viser det aggregerede antal arter i 7 prøver fra samme område. Høje søjle ( $S_{\text{extern agg.}}$ ) viser det samlede antal arter aggregeret fra 7 prøver med samme prøvenummer, men indsamlet i 7 forskellige områder. Det gennemsnitlige antal arter i en enkelt prøve (S) er 9,4. Det gennemsnitlige antal arter i 7 prøver fra samme område ( $S_{\text{intern agg.}}$ ) er 29,6. Det gennemsnitlige antal arter i 7 prøver fra forskellige områder ( $S_{\text{extern agg.}}$ ) er 44,3.  $S_{\text{intern}}$  er højere end S, fordi prøverne indenfor et område er forskellige.  $S_{\text{ekstern}}$  er højere end  $S_{\text{intern}}$  fordi områderne er forskellige. Selvom det er det samme antal prøver, som aggregeres (7), så er  $S_{\text{ekstern}}$  meget højere end  $S_{\text{intern}}$ , fordi  $S_{\text{ekstern}}$  beskriver den variation, der er i bundfaunasamfundet i både den store skala (Nordsøen) og den lille skala (prøvetagningsområdet med 42 prøver).

Nordsø 2016	A	B	C	D	E	F	G	$S_{\text{extern agg.}}$
	DMU1025	DMU1026	DMU1027	DMU1044	DMU1046	DMU1047	DMU1048	
1	15	7	13	13	6	9	6	42
2	9	5	21	9	4	6	15	47
3	11	8	9	13	5	9	8	41
4	9	5	11	11	5	4	4	35
5	8	4	13	14	9	15	16	47
6	14	8	14	14	4	6	9	46
7	8	9	12	16	3	7	8	52
<b><math>S_{\text{intern agg. (1-7)}}</math></b>	<b>30</b>	<b>24</b>	<b>37</b>	<b>36</b>	<b>20</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	

**Tabel 2.** Artsantal, diversitetsindeks, AMBI og DKI beregnet ved aggregerings af data fra puljer af 7 Haps-prøver indsamlet fra samme område (Område A, Tabel 1) og puljer af 7 Haps-prøver hver især bestående af prøver indsamlet fra 7 forskellige områder (f.eks. prøvenummer 1 fra områderne A-G, Tabel 1). Bemærk forskellen for Shannon-diversiteten og DKI mellem de forskellige aggregeringsmetoder.

	Aggregerede data fra samme områder	Standard dev.	Aggregerede data fra 7 forskellige områder	Standard dev.
S artsantal	29	7	43	7
N indivtal	242	210	242	65
Margalefs D	5,35	0,90	7,74	1,22
Eveness E	0,60	0,20	0,62	0,09
ES 10	5,12	1,69	5,47	0,91
Shannon 2	2,85	0,88	3,35	0,55
Lambda	0,67	0,20	0,77	0,08
AMBI	1,38	0,10	1,39	0,10
DKI	0,68	0,09	0,74	0,06

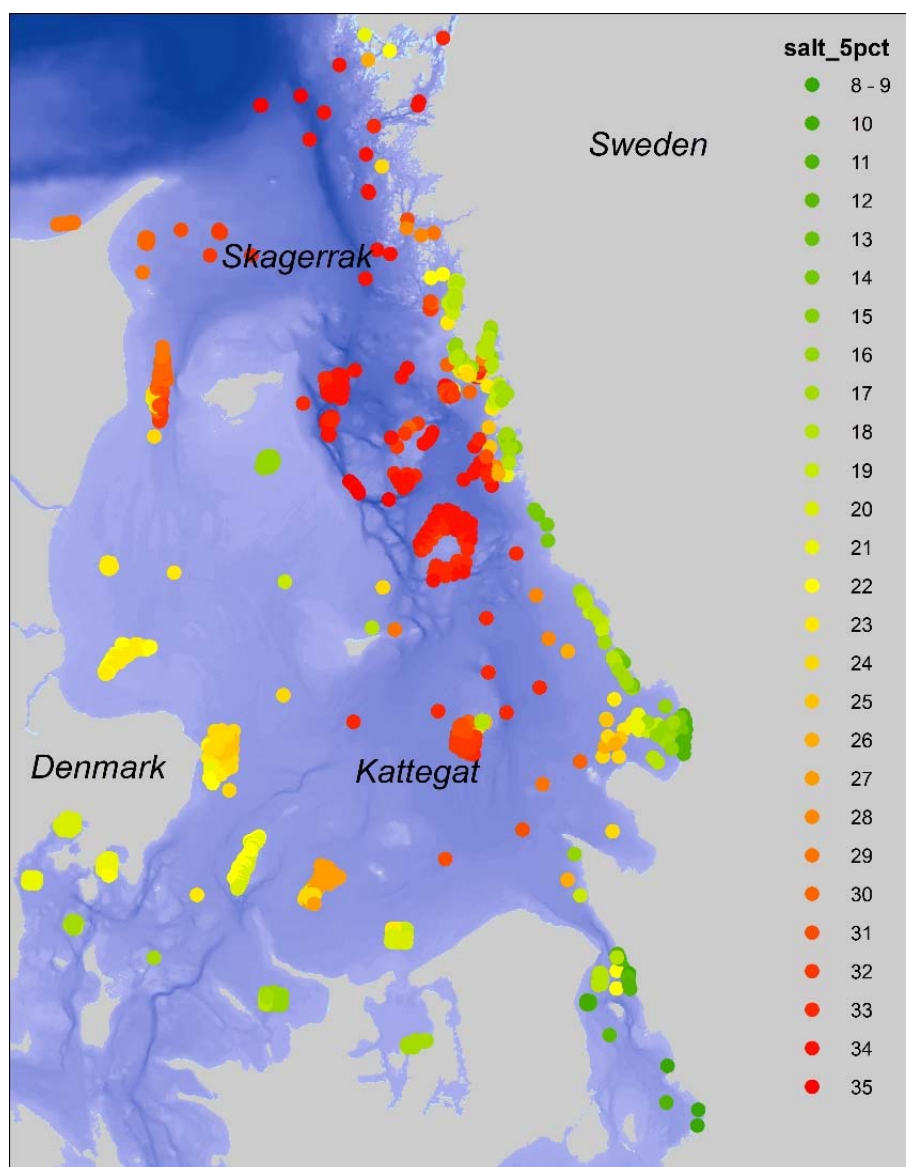
**Tabel 3.** Beregnede værdier for artsantal, diversitetsindeks, AMBI og DKI beregnet som gennemsnitsværdier af data fra 7 Haps-prøver for stationsområdet 169 ved Store Middgrund i Kattegat. Værdierne repræsenterer data, der er aggregeret efter prøvetagningsnummer (1-7, antaget for værende indsamlet tilfældigt!) og sorteret efter dybde, hvor data fra laveste 7 dybder er valgt. Bemærk forskellen for Shannon-diversiteten og DKI mellem de forskellige aggregeringsmetoder.

St. 169	Aggregeret		Aggregeret	
	kronologisk	Standard dev.	dybde	Standard dev.
S artsantal	44,17	18	45	22
N indivtal	210	125	210	116
Margalefs D	8,21	2,87	8,15	3,28
Eveness E	0,79	0,12	0,77	0,07
ES 10	7,21	1,4	6,91	0,84
Shannon 2	4,23	0,88	4,05	0,68
Lambda	0,89	0,09	0,88	0,06
AMBI	0,81	0,8	1,06	0,48
DKI	0,90	0,09	0,87	0,06

## Problemstilling omkring inddragelse af saltholdighedsdata i DKI beregningen

Ved den nuværende beregning af DKI (DKI v.2) indgår bundvandets saltholdighed på prøvetagningsstedet. Der bliver dermed grundlæggende taget højde for de naturlige forskelle, der er i biodiversiteten i danske farvande begrundet i varierende saltholdighed. Det øger DKI's generelle anvendelse, og det vurderes som en betydelig styrke i forhold til andre miljøkvalitetsindeks. M-FDC anbefaler derfor, at det præciseres, hvilken værdi der anvendes som standardsalinitet i forbindelse med DKI-beregningen, dvs. om det er middelværdi, median, maksimum, percentil osv.). Dette kunne eksempelvis bestå i en fastværdi (målt eller modelleret), som anføres i ODA sammen med øvrige stationsdata således, at beregninger sker på et helt ensartet grundlag eksempelvis som gjort i Hansen og Blomkvist (2018) (Figur 2).

**Figur 2.** Bundsalinitet modelleret for danske og svenske bundfaunastationer i Kattegat (fra Hansen og Blomkvist 2018).





## Problemstilling omkring sammenligneligheden af prøvetagningsredskaber og forskellige prøvetagningsarealer

Artsantallet stiger med antallet af Haps-prøver og prøvearealet (Fig. 1). Det er imidlertid ikke undersøgt, hvilken forskel det gør for artsantallet, om det samme areal opnås ved én stor prøve (fx. 0,1 m<sup>2</sup> van Veen-prøve) eller ved at aggregere 7 mindre Haps-prøver á 0,0143 (i alt 0,100 m<sup>2</sup>), der er taget på samme sted (punktstation, hvor delprøverne f.eks. er adskilt med <100 meters afstand). Problemstillingen er særlig relevant, når danske bundfaunadata skal sammenlignes (interkalibreres) med bundfaunadata fra vores nabolande, hvor man netop anvender van Veen/Smith McIntyre grab som prøvetagningsredskab. Antagelsen er, at det prøvetagningsareal, som opnås ved at aggregere flere delprøver generelt har den højeste artsrigdom, og at denne forskel øges, jo længere afstand der er mellem enkeltprøverne. Ved at gennemføre disse undersøgelser er det M-FDC's forventning, at det samlet set vil blive betydeligt nemmere og entydigt at sammenligne danske resultater med de øvrige lande omkring Nordsøen og med Sverige (Kattegat og Østersøen) i forbindelse med regionale "assessments" af de åbne havområder. **M-FDC anbefaler derfor, at der gennemføres en sammenligning af prøvetagningsredskaber med et prøvetagningsareal på hhv. 00143 m<sup>2</sup> (Haps) og 0,01 m<sup>2</sup> (van Veen eller lign.) i Nordsøområdet mht. beregning af DKI og diversitetsmål. Endvidere anbefaler FDC, at der gøres forsøg med en Smith-McIntyre grab, som anvendes med gode resultater i Sverige.**

## Litteratur

Carstensen, J., Krause-Jensen, D., Josefson, A. (2014) Development and testing of tools for intercalibration of phytoplankton, macrovegetation and benthic fauna in Danish coastal areas. Scientific Report from DCE - Danish Centre for Environment and Energy No. 93.

EU's vandrammedirektiv (2000). Se <http://mst.dk/natur-vand/natur/international-naturbeskyttelse/eu-direktiver/eus-vandrammedirektiv/>

Hansen, JLS., Josefson, A. B., Lundsteen, S, Norden Andersen, O. G., Fossing, H. & Møller, B. L. (2015): Interkalibrering af NOVANA blødbundsfaunaanalyser 2013-2014. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 32 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr.55. <http://dce2.au.dk/pub/TR55.pdf>

Hansen, JLS. & Blomqvist, M. (2018). Effekt af bundtrawling på bundfaunasamfund i Kattegat - undersøgt med forskellige bundfauna-indeks baseret på NOVANA-overvågningsdata. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 48 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 256. <http://dce2.au.dk/pub/SR256.pdf>

Hansen JLS, Josefson AB (2014) Teknisk anvisning for blødbundsfauna, TA-19.

Jensen JN 1998. Bundfauna. Kapitel 13, NOVA Teknisk anvisning for marin overvågning. Kaas og Markager Eds. Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser pp. 13.1 - 13.31

Josefson AB, Blomqvist M, Hansen JLS, Rosenberg R, Rygg, B 2009. Assessment of marine quality change in gradients of disturbance: Comparison of different Scandinavian multi-metric indices. Mar. Poll. Bull. 58: 1263-1277.

NOVANA 2017-21. Se Det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur (NOVANA) 2017-21 (<http://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2017/okt/novana-2017-21/>)