



Rapport 2017-18

Undersøkelse av bløtbunnsfauna

NS-EN ISO 16665:2013



Lokalitet: Utrede deponiområder Møkkalasset og Svaleskjæret, Fredrikstad kommune

Rapportdato: 12.09.2017

Oppdragsgiver: Kystverket, Senter for utbygging



Rådgivende Biologer AS

RAPPORT TITTEL:

Undersøkelse av bløtbunnsfauna på utredete deponiområder ved Møkkalasset og Svaleskjæret, Fredrikstad kommune

FORFATTERE:

Christiane Todt & Lena Ohnheiser

OPPDRAGSGIVER:

Kystverket, Senter for utbygging

DATO FELTARBEID

8. mai 2017

RAPPORT DATO:

12. september 2017

RAPPORT NR:

2017-18

ANTALL SIDER:

15

KVALITETSOVERSIKT:

Element	Utført av	Akkreditering/Test nr
Grovsortering av bløtbunnsfauna	Rådgivende Biologer AS H. T. Bergum	Test 288
Identifikasjon av bunnfauna	Rådgivende Biologer AS L. Ohnheiser, E. Gerasimova	Test 288
Indeksberegning	Rådgivende Biologer AS L. Ohnheiser, C. Todt	Test 288

KONTROLL:

Kontrollert av	Dato	Stilling	Signatur
Joar Tverberg	28. juni 2017	Forsker	

Godkjenning/kontrollert av	Dato	Stilling	Signatur
Christiane Todt	12. september 2017	Fagansvarlig Taksonomi	

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen
Foretaksnummer 843667082-mva
Internett : www.radgivende-biologer.no E-post: post@radgivende-biologer.no
Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75

Rapporten må ikke kopieres ufullstendig uten godkjenning fra Rådgivende Biologer AS.

FØREORD

Rådgivende Biologer AS har som leverandør for marinbiologiske vurderinger for Multiconsult AS og på oppdrag fra Kystverket, Senter for utbygging, utført en bunnfaunaundersøkelse i henhold til NS-EN ISO 16665:2013 av prøver fra to lokaliteter i innseilingen til Borg havn, Fredrikstad kommune: Møkkalasset og Svaleskjæret.

Rådgivende Biologer AS er akkreditert for analyse av bløtbunnsfauna, samt vurdering og fortolkning av resultat etter Norsk Standard NS 9410:2016 og veileder 02:2013-revidert 2015 (Direktoratgruppa for Vanndirektivet 2015). Taksonomilaboratoriet hos Rådgivende Biologer AS møter krav i NS-EN ISO/IEC 17025.

Bergen, 12. september 2017

INNHold

Føreord	2
Innhold	2
Sammendrag.....	3
Innledning.....	3
Metode og datagrunnlag.....	4
Generell karakterisering sedimentprøver	7
Resultat Bunnfaunaanalyse	8
Vurdering av tilstand.....	11
Referanser.....	12
Vedlegg	13

SAMMENDRAG

Denne rapporten omtaler undersøkelser av bløtbunnsfauna på to lokaliteter i innseilingen til Borg havn, Fredrikstad kommune, basert på artsmangfold og individtetthet. Stasjon Borg M er i et planlagt deponiområde ved Møkkalasset og stasjon Borg S er i et planlagt deponiområde ved Svaleskjæret. Materialet ble grovsortert og artsidentifisert i henhold til NS-EN ISO 16665:2013, samt klassifisert i henhold til veileder 02:2013-revidert 2015 (Direktoratgruppen Vanndirektivet 2015).

Klassifisert etter veileder 02:2013 (rev. 2015) havnet begge stasjonene i tilstandsklasse «moderat». Artsmangfoldet var relativt lavt, mens individantallet (individdettheten) var normalt. Faunasamfunnet i prøvene fra deponiområdene var dominert av partikkelspisende og moderat forurensingstolerante arter. Det ble ikke funnet rødlistete arter blant bløtbunnsfauna. Det var ingen tegn til oksygensvikt i sedimentet.

INNLEDNING

Det er vanlig å benytte bløtbunnsfauna som indikator på miljøtilstand, og for å karakterisere påvirkningen av en eventuell forurensing. Mange dyr som har sedimentet som habitat er relativt lite mobile og flerårige, og ut fra dette kan man derfor registrere unaturlig forstyrrelse på miljøet. Samfunnet kan beskrives og tallfestes. Ved hjelp av slik informasjon kan man se om negative påvirkninger har ført til en dominans av forurensingstolerante arter, reduksjon i antall arter og reduksjon i mangfold. Er det gode og upåvirkede bunnforhold med oksygenrikt sediment blir dette vist av større, dyptgravende individer. Her vil det være mange arter med få eksemplarer per art, og fordelingen mellom individer vil være relativt jevnt. I områder med moderate tilførsler vil bunnen få en "gjødslingseffekt", som fører til at en da vil se dyr av mindre størrelse, samt økende antall tolerante arter (Kutti mfl. 2007). I svært påvirkede områder eller under tilnærmet oksygenfrie forhold vil en kun finne forurensingstolerante arter, som for eksempel *Capitella capitata* og *Malacoceros fuliginosus*, ofte med svært høyt individantall. En "overgjødsling" vil føre til at dyresamfunnet blir kvelt.

Det blir utført en kvantitativ og kvalitativ undersøkelse av makrofauna (dyr større enn 1 mm) for hver enkelt parallell, for gjennomsnittet av antall paralleller og for hver stasjon samlet. Dette for å kunne fastsette en samlet miljøtilstand på stasjonen. Vurdering av tilstanden blir gjort ut fra et nytt klassifiseringssystem (Direktoratgruppa vanndirektivet 2013, revidert 2015) basert på en kombinasjon av indekser som inkluderer undersøkelse av mangfold og individtetthet (antall arter og individ) samt forekomst av sensitive og forurensingstolerante arter.

METODE OG DATAGRUNNLAG

Prøvetaking

For analyse av bløtbunnfauna ble to parallelle sedimentprøver tatt med en 0,1 m² stor van Veen-grabb, henholdsvis ved Møkkalasset og Svaleskjæret. For plassering av stasjonene se **tabell 1** og **figur 1 & 2**. Grabben hadde maksimalt volum 15 l. Sedimentet i prøvene ble vasket gjennom en rist med hull diameter på 1 mm, og gjenværende materiale ble fiksert med 96 % sprit (etanol) og tatt med til lab for utsortering av fauna. Prøvene er tatt i henhold til Norsk Standard NS-EN ISO 5667-19:2004 og NS-EN ISO 16665:2013 av Arne Nygren (Rådgivende Biologer AS), den 8. mai 2017. Prøvene er sortert, identifisert og kvantifisert av personell hos Rådgivende Biologer AS i henhold til NS-EN ISO 16665:2013 og NS 9410:2015. Taksonomisk arbeid og rapportering er gjennomført akkreditert.



Figur 1. Oversiktskart over sjømråder ved Fredrikstad med plassering av stasjoner for sedimentprøvetaking for analyser av bløtbunnfauna, 8. mai 2017. Kartgrunnlag: kart.fiskeridir.no.

Tabell 1. Posisjon (UTM32, 3263-WGS 84) og dybde for stasjonene Borg M og Borg S på utredete deponiområder i innseilingen til Borg havn.

Stasjon	Posisjon (UTM32)	Dybde (m)
Borg M (Møkkalasset)	6553211/614346	Ca. 55
Borg S (Svaleskjæret)	6554228/616707	Ca. 55



Figur 2. Plassering av stasjoner for sedimentprøvetaking for analyser av bløtbunnsfauna i innseilingen til Borg havn. Kartgrunnlag: kart.fiskeridir.no.

Tilstandsvurdering i henhold til veileder 02:2013 (rev. 2015)

Det utføres en kvantitativ og kvalitativ undersøkelse av makrofauna (dyr større enn 1 mm) for hver enkelt parallell, for gjennomsnittet av antall paralleller og for hver stasjon samlet. Dette for å kunne stedfeste en helhetlig miljøtilstand (nEQR). Vurderingen av tilstand gjøres ut fra et klassifiseringssystem basert på en kombinasjon av indekser som inkluderer undersøkelse av diversitet og tetthet (antall arter og individer) samt forekomst av sensitive og forurensningstolerante arter (se **tabell 2**). Det blir brukt seks ulike indekser for å sikre best mulig vurdering av tilstanden på bunndyr. Indeksverdien for hver indeks blir omregnet til nEQR og gir en tallverdi fra 0-1. Gjennomsnittet av nEQR verdien for samtlige indekser brukes til å fastsette den økologiske tilstanden på stasjonen. Se **vedlegg 1** for detaljer om de ulike indeksene.

Tabell 2. Klassifiseringssystem for bløtbunnsfauna basert på en kombinasjon av indekser (Klassifisering av miljøtilstand i vann, veileder 02:2013, rev. 2015).

Indeks	type	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indeks				
Kvalitetsklasser →		svært god	god	moderat	dårlig	svært dårlig
NQI1	sammensatt	0,9 - 0,82	0,82 - 0,63	0,63 - 0,49	0,49 - 0,31	0,31 - 0
H'	arts mangfold	5,7 - 4,8	4,8 - 3	3 - 1,9	1,9 - 0,9	0,9 - 0
ES ₁₀₀	arts mangfold	50 - 34	34 - 17	17 - 10	10 - 5	5 - 0
ISI ₂₀₁₂	ømfintlighet	13 - 9,6	9,6 - 7,5	7,5 - 6,2	6,1 - 4,5	4,5 - 0
NSI	ømfintlighet	31-25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
DI	individdetthet	0 - 0,30	0,30 - 0,44	0,44 - 0,60	0,60 - 0,85	0,85 - 2,05
nEQR tilstandsklasse		1-0,8	0,8-0,6	0,6-0,4	0,4-0,2	0,2-0,0

Maksimal Shannon verdi ($H'_{\max}$) og jevnhetsindeks (J')

Disse to indeksene er – sammen med Shannon Wiener indeks (H') - mye brukt i eldre rapporter og er inkludert i våre indekstabeller for å eventuelt muliggjøre en sammenligning med eldre resultater.

Den maksimale mulige verdien for Shannon-indeksen $H_{\max}$ i en prøve er kun avhengig av antall arter i prøven og beregnes ved:

$$H_{\max} = \log_2(\text{artsantall})$$

Jevnhetsindeksen etter Pielou (J') er et mål på hvor likt individene i en prøve er fordelt mellom artene i samme prøve. Jevnheten er høyest hvis alle arter har samme antall individer og verdien for J' nærmer seg 1.

$$J' = H'/H'_{\max}$$

Geometriske klasser

Når bunnfauna er identifisert og kvantifisert kan artene inndeles i geometriske klasser. Det vil si at alle arter fra en stasjon grupperes etter hvor mange individer av hver art er representert med. Skalaen for de geometriske klassene er I = 1 individ, II = 2-3 individer, III = 4-7 individer, IV = 8-15 individer per art, osv. (tabell 3). Denne informasjonen kan settes opp i en kurve hvor geometriske klasser er presentert i x-aksen og antall arter er presentert i y-aksen. Kurveforløpet er et mål på sunnheitsgraden til bunndyrssamfunnet og kan dermed brukes til å vurdere miljøtilstanden i området. En krapp, jevnt fallende kurve indikerer et upåvirket miljø og formen på kurven kommer av at det er mange arter, med heller få individer. Et moderat påvirket samfunn vil ha et mer avflatet kurveforløp enn i et upåvirket miljø. I et sterkt påvirket miljø vil kurveforløpet variere på grunn av dominerende arter som forekommer i store mengder, samt at kurven vil utvides med flere geometriske klasser.

Tabell 3. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

Geometrisk klasse	Antall individ/arter	Antall arter
I	1	15
II	2-3	8
III	4-7	14
IV	8-15	8
V	16-31	3
VI	32-63	4
VII	64-127	0
VIII	128-255	1
IX	256-511	0

GENERELL KARAKTERISERING SEDIMENTPRØVER

Sedimentprøvene ble tatt på det dypeste i bassengene hvor deponi av steinmasser er planlagt. Prøvene både fra stasjonen ved Møkkalasset (Borg M) og ved Svalesskjæret (Borg S) bestod av gråbrunt, mykt og luktfritt sediment, med tilnærmet 100 % innhold av leire og silt (**figur 2**). Det var et tynt overflatelag av løst, brunt sediment. Ved Møkkalasset var det en del tomme børstemark-rør bestående av leire i prøven (**figur 2**, til høyre), men generelt var prøvenes volum liten etter siling, med svært få skjellrester og lite plantemateriale. Alle faunaprøver baserte seg på fulle grabber.



Figur 3. Sedimentprøver for analyse av bløtbunnsfauna fra parallell Borg M a ved Møkkalasset, (øverst) og Borg S b ved Svalesskjæret (nederst). Bildene på høyre side etter siling.

RESULTAT BUNNFAUNAANALYSE

Detaljer rundt arter og individer for de enkelte stasjonene er presentert i **vedlegg 2**.

Stasjon Borg M

Artsantallet i de to grabbene på stasjon Borg M på det planlagte deponiområdet ved Møkkalasset var relativt lavt med 16 arter i grabb a og 18 arter i grabb b (**tabell 4**). Samlet verdi for artsantall var 24, mens middelverdien var 17. Normalt gjennomsnittlig artsantall i henhold til veileder 02:2013 (rev. 2015) er 25-75 arter per grabb. Individantallet var normalt med 273 i grabb a og 132 i grabb b. Samlet verdi for individantall var 405, mens middelverdien var 202,5. Normalt gjennomsnittlig individantall i henhold til veileder 02:2013 (rev. 2015) er 50-300 per grabb. Jevnhetsindeksen (J') har en moderat lav verdi, noe som viser til utpreget dominans av enkelte arter.

Tabell 4. Artsantall (S), individantall (N), jevnhetsindeks (J'), maksimal Shannon-indeksverdi (H'_{max}), AMBI-indeks, NQI1-indeks, artsmangfold uttrykt ved Shannon-Wiener (H') og Hurlberts indeks (ES_{100}), ISI_{2012} -indeks, NSI-indeks og DI-indeks i grabb a og b på stasjon Borg M ved Møkkalasset, 08. mai 2017. Middelverdi for grabb a og b angitt som $\bar{G}$, mens stasjonsverdien er angitt som $\bar{S}$. Til høyre for begge sistnevnte kolonner står nEQR-verdiene for disse størrelsene. Nederst i nEQR-kolonnene står middelverdien for nEQR-verdiene for alle indekser, med unntak av DI-indeksen. Tilstandsklasser er angitt med farge, der blå = klasse I, grønn = II, gul = III, oransje = IV og rød = V (jf. **tabell 2**). Enkeltresultat er presentert i **vedlegg 2**.

Borg M	a	b	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	16	18	17	24		
N	273	132	202,5	405		
J'	0,61	0,58	0,60	0,57		
H'_{max}	4,00	4,17	4,08	4,58		
NQI1	0,576 (III)	0,607 (III)	0,592 (III)	0,603 (III)	0,545 (III)	0,561 (III)
H'	2,460 (III)	2,411 (III)	2,436 (III)	2,615 (III)	0,497 (III)	0,530 (III)
ES_{100}	10,857 (III)	15,575 (III)	13,216 (III)	12,610 (III)	0,492 (III)	0,475 (III)
ISI_{2012}	7,274 (III)	6,577 (III)	6,926 (III)	7,363 (III)	0,512 (III)	0,579 (III)
NSI	21,795 (II)	21,878 (II)	21,836 (II)	21,822 (II)	0,673 (II)	0,673 (II)
DI	0,386 (II)	0,071 (I)	0,228 (I)	0,228 (I)	0,848 (I)	0,848 (I)
Samlet					0,544 (III)	0,563 (III)

Basert på nEQR-verdiene for grabbgjennomsnitt og stasjonen samlet ble stasjon Borg M totalt sett klassifisert med **tilstandsklasse «moderat» i henhold til veileder 02:2013 (rev. 2015) (tabell 4)**. Sedimentet på stasjonen fremstår dermed som moderat belastet.

Indeksverdiene for sensitivitetsindeksene NQI1 og ISI_{2012} lå innenfor «moderat» tilstand for enkeltprøvene, grabbgjennomsnitt, stasjonsverdien og de tilhørende nEQR-verdiene, mens indeksverdiene for NSI viste «god» tilstand. Mangfoldsindeksene etter Shannon (H') og Hurlbert (ES_{100}) var i tilstandsklasse «moderat» for alle verdier. Tetthetsindeksen DI viste «svært god» tilstand for alle verdier, med unntak av grabb a, som lå innenfor «god» tilstand.

Mest vanlige art ved stasjonen var muslingen *Abra nitida* og flerbørstemarken *Scalibregma inflatum*, som er partikkelspisende og trives med noe organisk materiale i sedimentet. Artene er moderat forurensingstolerante (NSI-klasse III) og utgjorde rundt 32 % hver av det totale individantallet (**tabell 6**). Andre vanlige arter på stasjonen var den noe sensitive muslingen *Ennucula tenuis* (NSI-klasse II) og den forurensingstolerante muslingen *Corbula gibba* (NSI-gruppe IV), som utgjorde henholdsvis ca. 17 og 6 % av det totale individantallet. Også ellers var det mest arter som er moderat tolerante mot organisk

forurensing, samt noen mer sensitive arter. Faunasamfunnet er sterkt dominert av partikkelspisende arter. Artssammensetningen gir ingen indikasjon for oksygensvikt i sedimentet.

Stasjon Borg S

Artsantallet i de to grabbene på stasjon Borg S på det planlagte deponiområdet ved Svaleskjæret var lavt med 12 arter i henholdsvis grabb a og b (**tabell 4**). Samlet verdi for artsantall var 17, mens middelveiden var 12. Individantallet var noe lavt men innenfor normalen, med 96 i grabb a og 104 i grabb b. Samlet verdi for individantall var 200, mens middelveiden var 100. Jevnhetsindeksen (J') har en lav verdi i grabb a og en moderat høy verdi i grabb b, noe som samlet resulterte i en moderat lav verdi for stasjonen og viser til dominans av enkelte arter.

Tabell 5. Artsantall (S), individantall (N), jevnhetsindeks (J'), maksimal Shannon-indeksverdi (H'_{max}), AMBI-indeks, NQI1-indeks, artsmangfold uttrykt ved Shannon-Wiener (H') og Hurlberts indeks (ES_{100}), ISI_{2012} -indeks, NSI-indeks og DI-indeks i grabb a og b på stasjon Borg S ved Svaleskjæret, 08. mai 2017. Tilstandsklasser er angitt med farge, der blå = klasse I, grønn = II, gul = III, oransje = IV og rød = V (jf. **tabell 2**). Enkeltresultat er presentert i **vedlegg 2**. Se også tabelltekst i **tabell 4**.

Borg S	a	b	$\bar{G}$	$\bar{S}$	nEQR $\bar{G}$	nEQR $\bar{S}$
S	12	12	12	17		
N	96	104	100	200		
J'	0,58	0,76	0,67	0,62		
H'_{max}	3,58	3,58	3,58	4,09		
NQI1	0,566 (III)	0,551 (III)	0,559 (III)	0,578 (III)	0,498 (III)	0,526 (III)
H'	2,092 (III)	2,715 (III)	2,403 (III)	2,553 (III)	0,491 (III)	0,519 (III)
ES_{100}	i.v.	11,845 (III)	11,845 (III)	12,941 (III)	0,453 (III)	0,484 (III)
ISI_{2012}	6,371 (III)	5,601 (IV)	5,986 (IV)	6,051 (IV)	0,375 (IV)	0,382 (IV)
NSI	21,325 (II)	20,674 (II)	21,000 (II)	20,987 (II)	0,640 (II)	0,639 (II)
DI	0,068 (I)	0,033 (I)	0,050 (I)	0,050 (I)	0,966 (I)	0,966 (I)
Samlet					0,491 (III)	0,510 (III)

Basert på nEQR-verdiene for grabbgjennomsnitt og stasjonen samlet ble stasjon Borg S totalt sett klassifisert med **tilstandsklasse «moderat» i henhold til veileder 02:2013 (rev. 2015) (tabell 5)**. Sedimentet på stasjonen fremstår som moderat belastet.

Indeksverdiene for NQI1, H' og ES_{100} lå innenfor «moderat» tilstand for enkeltprøvene, grabbgjennomsnittet, stasjonsverdien og de tilhørende nEQR-verdiene. For grabb a var det ikke mulig å beregne ES_{100} , fordi det var færre enn 100 individer i prøven. Indeksverdiene for og ISI_{2012} viste «dårlig» tilstand for alle verdier, med unntak av grabb a, som lå innenfor tilstandsklasse «moderat». NSI viste «god» tilstand for alle verdier og tetthetsindeksen DI viste gjennomgående «svært god» tilstand.

Vanligste arter på stasjonen var flerbørstemarken *Scalibregma inflatum* og muslingen *Abra nitida* (NSI-klasse III), som henholdsvis utgjorde rundt 46 og 22 % av det totale individantallet (**tabell 6**). Andre vanlige arter på stasjonen var muslingen *Corbula gibba* (NSI gruppe IV) og flerbørstemarken *Glycera alba* (NSI-klasse II, men AMBI-klasse IV), samt den moderat tolerante frynsepølseormen *Priapulius caudatus* (NSI-gruppe III). Disse tre artene utgjorde mellom 7,5 og 6 % av det totale individantallet. Ellers var det mest moderat forurensingstolerante arter på stasjonen. Artssammensetningen gir ingen indikasjon for oksygensvikt i sedimentet.

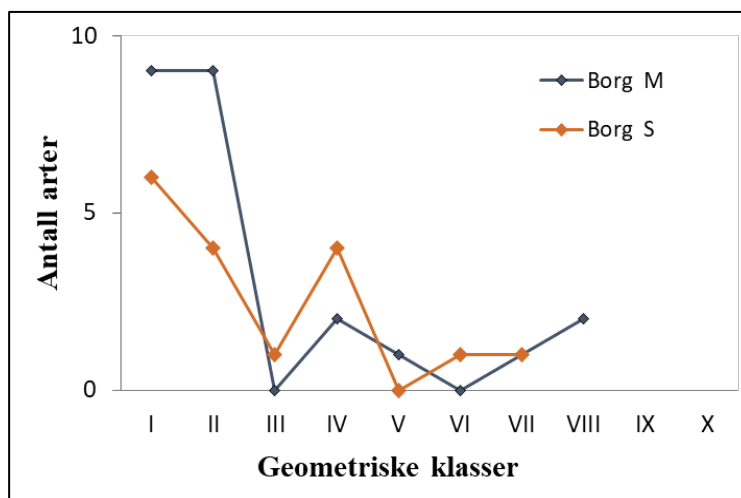
Tabell 6. De ti mest dominerende arter av bløtbunnsfauna på stasjon Borg M og Borg S i innseilingen til Borg Havn, 8. mai 2017.

Arter st. Borg M	%	kum %	Arter st. Borg S	%	kum %
<i>Abra nitida</i>	32,10	32,10	<i>Scalibregma inflatum</i>	46,00	46,00
<i>Scalibregma inflatum</i>	31,60	63,70	<i>Abra nitida</i>	21,50	67,50
<i>Ennucula tenuis</i>	16,79	80,49	<i>Corbula gibba</i>	7,50	75,00
<i>Corbula gibba</i>	6,17	86,67	<i>Glycera alba</i>	6,00	81,00
<i>Glycera alba</i>	2,96	89,63	<i>Priapulus caudatus</i>	6,00	87,00
<i>Thyasira flexuosa</i>	2,72	92,35	<i>Thyasira flexuosa</i>	4,00	91,00
Ampharetidae	0,74	93,09	<i>Thyasira sarsii</i>	2,00	93,00
<i>Ophiocten affinis</i> cf. juv.	0,74	93,83	<i>Amphipholis squamata</i>	1,00	94,00
<i>Philine denticulata</i>	0,74	94,57	<i>Dipolydora caulleryi</i>	1,00	95,00
<i>Pseudopolydora</i> cf. <i>paucibranchiata</i>	0,74	95,31	<i>Kurtiella bidentata</i>	1,00	96,00

Geometriske klasser

Kurvene som viser antall arter i de forskjellige geometriske klassene har et ujevnt forløp på begge to stasjonene i innseilingen til Borg havn (**figur 4**). Ujevne forløp er vanlig for lokaliteter som er relativt artsfattige, fordi små forskjeller i antall arter mellom klassene fører til relativt sett store utslag. På stasjon Borg M var det mange arter i klasse I (ett individ per 0,2 m²) og II (2-3 individer per 0,2 m²) og så faller kurven bratt ned. Kurven er moderat lang (klasse VIII = 128-255 individer per 0,2 m²). Kurven fra Borg-S er noe flatere og kortere. På begge to stasjonene er det kun noen få arter med mange individer og kurvene indikerer da forhold med moderat høy næringstilgang i form av organisk materiale.

Figur 4. Faunastruktur uttrykt i geometriske klasser for stasjonene Borg M og Borg S i innseilingen til Borg havn. Antall på arter langs y – aksen og geometriske klasser langs x-aksen.



VURDERING AV TILSTAND

Vurdering av bløtbunnsfauna etter veileder 02:2013 (rev. 2015) viste at både stasjon Borg M, på det planlagte deponiet ved Møkkalasset, og stasjon Borg S, på det planlagte deponiet ved Svaleskjæret, lå innenfor **tilstandsklasse «moderat»**.

Faunasamfunnet er noe artsfattig på begge to lokalitetene og er dominert av partikkelspisende arter, som trives på finstoffrik bunn og er moderat tolerant for belastning med organisk forurensing. Dominansen av enkelte arter var tydelig utpreget, og spesielt høy på stasjon Borg S ved Svaleskjæret. Artssammensetningen gir ingen indikasjon for oksygensvikt i sedimentet, men de fleste av artene på stasjonene var noe tolerante mot moderat lave oksygenkonsentrasjoner. Slikt er normalt på sjøbunn med en høy andel finstoff i sedimentet. Det ble ikke funnet rødlistete arter blant bløtbunnsfauna.

I parallell a ved stasjon Borg S var antallet individer i prøven ikke stort nok for beregning av Hurlberts indeks, som forutsetter et antall av minst 100 individer. NSI-indeksen viste på begge to stasjonene høyere verdier enn de andre sensitivitets-indekser (NQI1 og ISI₂₀₁₂) fordi de mest vanlige artene, *Abra nitida* og *Scalibregma inflatum*, er vurdert som noe mer sensitive (relativt sett høyere sensitivitetsverdier) i NSI-systemet enn for de andre indeksene. Resultatene for NSI går inn i gjennomsnittsverdien for samlet nEQR for grabbgjennomsnitt og stasjonsverdi, men bør ikke trekkes frem isolert for vurdering av miljøtilstanden på lokalitetene.

REFERANSER

- Borja, A., J. Franco, V. Perez 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40 (12), 1100–1114.
- Direktoratgruppa Vanndirektivet 2015. Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann. 229 sider.
- Kutti, T., P. Kupka Hansen, A. Ervik, T. Høisæter & P. Johannessen 2007. Effects of organic effluents from a salmon farm on a fjord system. II. Temporal and spatial patterns in infauna community composition. *Aquaculture* 262: 355-366.
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT Veiledning 97:03. TA-1467/1997.
- Norsk Standard NS 9410:2016. Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg. Standard Norge, 23 sider.
- Pearson, T.H. 1980. Macrobenthos of fjords. In: Freeland, H.J., Farmer, D.M., Levings, C.D. (Eds.), *NATO Conf. Ser., Ser. 4. Mar. Sci. Nato. Conference on fjord Oceanography*, New York, pp. 569–602.
- Pearson, T.H., J.S. Gray, P.J. Johannessen 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution – induced change in benthic communities. 2. Data analyses. *Marine Ecology Progress Series* 12: 237-255.
- Rygg, B., & K. Norling, 2013. Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVAS-rapport 6475-2013. 46 sider.
- Shannon, C.E. & W. Weaver 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 sider.

VEDLEGG

Vedlegg 1. Indekser for bløtbunnsfauna.

1. NQI1 = Norwegian quality index

Den sammensatte indeksen NQI1 kombinerer undersøkelse av ømfintlighet (basert på AMBI = Azti Marine Biotic Index, Borja m.fl. 2000), diversitet (H' og ES 100) direkte med artsantall og individantall.

$$NQI1 = 0,5*((1-AMBI)/7) + 0,5*((\ln(S)/(\ln(\ln N)))/2,7)*(N/(N+5))$$

hvor N er antall individer og S antall arter.

AMBI = $0*EGI + 1,5*EGII + 3*EGIII + 4,5*EGIV + 6*EGV$ hvor EGI er andelen av individer som tilhører toleransegruppe I etc. Tallene angir toleranseverdiene. AMBI blir beregnet ved bruk av dataprogrammet ambi_v5 (2012). Det er 6500 marine bunndyrarter med toleranseverdi i dette systemet. Høy AMBI-verdi betyr at det finnes mange arter med høy sensitivitet (lav toleranse mot påvirkning og/eller organisk belastning) i prøven.

2. H' = Shannon diversitetsindeks (Shannon & Weaver 1949)

Komponentene artsrikhet og jevnhet (fordeling av antall individer pr art) er sammenfattet i Shannon-Wieners diversitetsindeks:

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

der $p_i = n_i/N$, og n_i = antall individer av arten i , N = totalt antall individer og S = totalt antall arter.

Dersom artsantallet er høyt, og fordelingen mellom artene er jevn, blir verdien på denne indeksen (H') høy. Dersom en art dominerer og/eller prøven inneholder få arter blir verdien lav. Prøver med jevn fordeling av individene blant artene gir høy diversitet, også ved et lavt artsantall. En slik prøve vil dermed få god tilstandsklasse selv om det er få arter (Molvær m. fl. 1997).

3. ES₁₀₀ = Hurlberts indeks

Denne indeksen beskriver forventet antall arter blant 100 vilkårlig valgte individer i en prøve.

$$ES_{100} = \sum_{i=1}^S 1 - [(N-N_i)! / ((N-N_i-100)! * 100!)] / [N! / ((N-100)! * 100!)]$$

hvor N er totalt antall individer i prøven, S er antall arter og N_i er antall individer av arten.

4. ISI₂₀₁₂ = Indicator species index (se NIVA-rapport 4548-2002 (Rygg 2002) og oppdatering 2012 med revidert og utvidet artsliste)

Indikatorartsindekser som ISI₂₀₁₂ (og NSI) kan vurdere økologisk kvalitet på bunnfauna på grunnlag av ulike arters reaksjon på ugunstige miljøforhold. Arter som er sensitive for miljøpåvirkninger har høye sensitivitetsverdier, mens arter med høy toleranse har lave verdier.

$$ISI_{2012} = \sum_{i=1}^S (ISI_i / S_{ISI})$$

hvor ISI_i er verdi for arten i , og S_{ISI} er antall arter tildelt sensitivitetsverdier.

Listen med ISI-verdier omfatter 591 arter (taksa). Indeksen tar bare hensyn til hva slags arter som er i en prøve og ikke hvor mange individer av arten som finnes.

5. NSI = Norsk sensitivitetsindeks

NSI ligner på AMBI men er utviklet for norske forhold (norske arter) og indeksen tar hensyn til hvor mange individer av hver art som finnes i en prøve. Her er det - i samsvar med ISI_{2012} - 591 arter som har tilordnet sensitivitetsverdi.

$$NSI = \sum_i^s [(N_i * NSI_i) / N_{NSI}]$$

hvor N_i er antall individer og NSI_i verdi for arten i , og N_{NSI} er antall individer med sensitivitetsverdi.

6. DI = Density index

DI er en ny indeks for individtetthet (antall dyr per $0,1 \text{ m}^2$) som tar hensyn til at svært høye og svært lave individtall kan indikere dårlig miljøtilstand.

$$DI = \text{abs} [\log_{10}(N_{0,1\text{m}^2})]$$

DI er spesielt egnet for å klassifisere individfattige bunndyrsamfunn. Lavt individtal kan finnes på bunn med stabilt dårlige oksygenforhold (t.d. oksygenfattige fjorder) mens ekstremt høyt individtall av tolerante arter oftest peker på organisk belastning.

Vedlegg 2. Oversikt over bunnfauna funnet i sediment fra stasjon Borg M (Møkkalasset) og Borg S (Svaleskjæret) på planlagte deponiområder i innseilingen til Borg havn, 8. mai 2017.

Borg Havn / 2017		Borg M		Borg S	
Taksa merket med X inngår ikke i statistikk		A	B	A	B
NEMERTEA					
Nemertea			1		
POLYCHAETA					
Ampharetidae		1	2		
Cirratulidae		2			1
<i>Dipolydora caulleryi</i>					2
<i>Glycera alba</i>		10	2	3	9
<i>Heteromastus filiformis</i>			2		
<i>Oxydromus flexuosus</i>		1	1		1
<i>Parougia eliasoni</i>		1			
<i>Pectinaria</i> indet.			1		
<i>Pectinaria koreni</i>			1	2	
<i>Pilargis</i> sp.			1		
Polynoidae		1			
<i>Polyphysia crassa</i>					1
<i>Pseudopolydora</i> cf. <i>paucibranchiata</i>		1	2	1	
<i>Scalibregma inflatum</i>		56	72	54	38
<i>Spiophanes kroyeri</i>			1		
MOLLUSCA					
<i>Abra</i> indet.	X	7	2	4	3
<i>Abra nitida</i>		114	16	21	22
Bivalvia			1		
<i>Corbula gibba</i>		19	6	4	11
<i>Ennucula tenuis</i> juv.		50	18	1	
<i>Kurtiella bidentata</i> cf.				2	
<i>Nucula</i> indet.	X	1			
<i>Nucula sulcata</i>		2			
<i>Philine denticulata</i>		3			
<i>Thyasira equalis</i> juv.				1	
<i>Thyasira flexuosa</i>		8	3		8
<i>Thyasira sarsii</i>				1	3
<i>Thyasira sarsii</i> juv.	X			3	3
CRUSTACEA					
Calanoida	X	10	11	2	5
Mysidae	X	1			
ECHINODERMATA					
<i>Amphipholis squamata</i> juv.				1	1
<i>Ophiocten affinis</i> cf. juv.		3			
PISCES					
Pisces	X		1		
PLATYHELMINTHES					
Polycladida			1		
PRIAPULIDA					
<i>Priapulius caudatus</i>		1	1	5	7