

Resipientundersøkelse MAREN, Mandal, 2013



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Region Midt-Norge

Høgskoleringen 9
7034 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Resipientundersøkelse MAREN, Mandal, 2013	Løpenr. (for bestilling) 6603-2013	Dato 27.12.2014
	Prosjektnr. Undernr. O-13128	Sider Pris 42
Forfatter(e) Tone Kroglund Hilde C. Trannum	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Vest Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) MAREN AS	Oppdragsreferanse
------------------------------	-------------------

Sammendrag

Det er gjennomført en resipientundersøkelse i forbindelse med sigevannsutslipp fra Brennevinnsmyra avfallsanlegg i Mandal kommune, som slippes ut på 25 m dyp i Strømsvika. Undersøkelsen viste generelt tilfredsstillende forhold i resipienten. Den økologiske tilstanden på hardbunn og bløtbunn i nærområdet til utslippet var god og viste ikke tegn til påvirkning fra utslippet. Prøvetakingen av vannmasser var svært begrenset, men ga ikke indikasjoner på at sigevannet medførte forhøyede næringsstoffs-konsentrasjoner eller redusert oksygeninnhold. Miljøgiftinnholdet i bunnsedimentene viste lave verdier av metaller (klasse I og II) men høye verdier av organiske miljøgifter (Klasse III og IV). Det var manglende samsvar mellom innholdet av organiske miljøgifter i sedimentene og hvilke stoffer som måles i sigevannet fra deponiet (i internkontroller). Dette indikerer at det også kan være andre, og ikke nødvendigvis aktive, kilder av betydning. Denne konklusjonen støttes av det lave innholdet av miljøgifter i skjell og snegl.

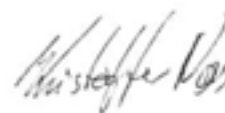
Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Sigevann	1. Leachate
2. Miljøgifter	2. Contaminants
3. Bløtbunnsamfunn	3. Soft bottom communities
4. Strandsonesamfunn	4. Littoral/rocky shore communities



Tone Kroglund
Prosjektleder



Mats Walday
Forskningsleder



Kristoffer Næs
Forskningsdirektør

Resipientundersøkelse MAREN, Mandal, 2013

Forord

Denne undersøkelsen er gjennomført på oppdrag av MAREN AS i henhold til vårt tilbud av 25. januar 2013. Kontaktperson for oppdragsgiver har vært Lars Berg-Christensen i COWI.

Undersøkelse av alger og dyr på grunt vann (fjæra) ble gjennomført av Tone Kroglund og Jarle Håvardstun. Rapportering ble foretatt av Tone Kroglund.

Vannprøvetaking og bløtbunnsprøvetakingen ble utført av Jarle Håvardstun og Lise Tveiten begge fra NIVA. Fartøyet «Odd», tilhørende Mandal kommune, ble benyttet til bløtbunnsprøvetakingen. Analysene av bløtbunnsprøvene foregikk på NIVAs laboratorium, hvor sorteringen ble utført av Åshild Setvik, Marc Silberberger og Marius Nordbotten (sortering) og identifiseringen ble utført av Marijana Brkljacic (krepsdyr, pigghuder, muslinger og «varia») og Gunhild Borgersen (børstemark). Borgersen beregnet også bløtbunnsindeksene. Rapporteringen av bløtbunn og vannprøver ble foretatt av Hilde C. Trannum.

Innsamling av snegl og blåskjell ble utført av Jarle Håvardstun og Tone Kroglund. Miljøgifter i skjell/snegl og i sedimenter ble analysert av NIVAs underleverandør, Eurofins, og er rapportert av Hilde C. Trannum.

Alle takkes for god innsats.

Grimstad, 27.12.2013

Tone Kroglund

Innhold

	1
Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn og formål med undersøkelsen	7
1.2 Undersøkelserprogram	7
1.3 Tidligere undersøkelser	8
1.4 Klassifisering av økologisk tilstand	8
2. Miljøgifter i sedimenter og biota	9
2.1 Metodikk	9
2.2 Resultater	13
2.2.1 Miljøgifter i sedimenter	13
2.2.2 Miljøgifter i blåskjell og strandsnegl	15
2.3 Vurderinger	15
3. Vannmasser	17
3.1 Metodikk	17
3.2 Resultater	17
3.3 Vurderinger	18
4. Bløtbunnsfunn	19
4.1 Metodikk	19
4.2 Resultater	21
4.2.1 Bløtbunnsfauna	21
4.2.2 Sediment	21
4.3 Vurderinger	22
5. Alger og dyr i fjæra (strandsonen)	23
5.1 Metodikk	23
5.2 Resultater	25
5.3 Vurderinger	31
6. Samlet vurdering og behov for fremtidig overvåking	32
7. Referanser	33
Vedlegg A. Biologiske data	34
Vedlegg B. Analyseresultater	40

Sammen drag

Det er gjennomført en resipientundersøkelse i forbindelse med sigevannsutslipp fra Brennevinmyra avfallsanlegg i Mandal kommune. Sigevannet slippes ut på 25 m dyp i Strømsvika og inneholder høye konsentrasjoner av både næringssalter og metaller.

Formålet med undersøkelsen har vært å undersøke om utslippet har påvisbare effekter i nærområdet, enten som økte miljøgiftkonsentrasjoner i blåskjell/snegl eller sedimenter, eller som økologiske endringer i organismesamfunnet på grunt (strandsone) og dypere vann (bløtbunn). Også andre utlipp i området er tatt med i betraktning.

Undersøkelsen viste generelt tilfredsstillende forhold i resipienten. Den økologiske tilstanden på hardbunn og bløtbunn var god. Prøvetakingen av vannmasser var svært begrenset (én prøvetaking), men ga ikke indikasjoner på at sigevannet medførte forhøyede næringssaltkonsentrasjoner eller redusert oksygeninnhold.

Nivået av metaller i sedimentene var i hovedsak i klasse I («bakgrunn») og II («moderat forurenset»), hvilket ikke gir grunnlag for noen ytterligere risikovurdering. Derimot var nivået av noen organiske miljøgifter i sedimentene høyere (klasse III og IV). Disse stoffene samsvarte imidlertid ikke helt med hvilke stoffer som er registrert i sigevannet gjennom internkontroller, og antas derfor å ha sitt opphav i andre lokale kilder. Også TBT viste relativt høy konsentrasjon i sedimentet (klasse III), men også her vurderes andre kilder å være av større betydning. I nærheten av Strømsvika er det bl.a. mye sjørettet industri, som gjennom årenes løp antas å ha medført forhøyede konsentrasjoner av enkelte miljøgifter i sedimentene.

Det bør merkes at konsentrasjonen av bly i sigevannet økte med over 500 % fra 2010 til 2011, og at nivået av bly i sedimentet var i klasse II, i motsetning til de andre metallene som var i klasse I. Ved en ytterligere økning av bly i sigevannet, anbefales en oppfølgende prøvetaking i sedimentet om et par år.

Innholdet av miljøgifter i blåskjell og strandsnegl var lavt, og alle verdiene var i klasse I og II. Dette viser at det ikke finner sted noen vesentlig «ny» tilførsel av miljøgifter til overflatelaget, men at utslippsvannet innlagres i vannmassene uten hyppige gjennomslag til det produktive overflatelaget.

Hovedkonklusjonen er at det høye innholdet av miljøgifter og næringssalter i sigevannet ikke gjenspeiles verken i bunnsedimentene eller i blåskjell og snegl i overflatelaget, og at deponiet og innlagring av utslippsvann således antas å fungere tilfredsstillende. Både redusert deponering, gradvis tildekking av deponiet og rensing av sigevannet vil kunne redusere utslippet i vesentlig grad.

Summary

Title: A recipient survey in Mandal Municipality, Norway 2013

Year: 2013

Author: Tone Kroglund, Hilde C. Trannum

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6338-1

A recipient survey was done to check for effects from leachate from “Brennevinsmyra” waste facility in Mandal Municipality. Leachate is discharged at 25 m depth in Strømsvika and contains high concentrations of both nutrients and metals.

The purpose of this study was to investigate whether the discharge has detectable local effects, either as increased pollutant concentrations in mussel / snail or sediments, or as changes in the species composition in rocky shores communities (intertidal) and deeper water (soft bottom fauna). Other possible sources of stressors/contaminants have been taken into account.

The survey showed generally satisfactory conditions in the recipient. The ecological conditions in the hard bottom community (rocky shores) and soft bottom fauna were good. The one water sample collected gave no indication of elevated nutrient concentrations or reduced oxygen content.

The level of metal contaminants in sediments were mainly classified as background level or moderately polluted (Class I and II) in the Norwegian Classification System, and does not require further risk assessment. In contrast, the levels of some persistent organic pollutants (POPs) in sediments were high (class III and IV). Some of these contaminants are not detected by internal controls of the leachate and have most probably other sources, like the marine industry near Strømsvika.

The concentration of lead increased in the leachate by over 500% from 2010 to 2011, and the level of lead in sediments were classified to “Class II”, as opposed to other metals which were in Class I (background level). If the lead concentration continues to increase in the leachate, a follow-up sampling of sediment in a few years is recommended.

The level of metals and other pollutants in blue mussels and snails (*Littorina*) was low, and all values were in class I and II. This indicates no substantial "new" addition of pollutants to the surface water, and that the leachate is successfully trapped in the waterbody without reaching the productive surface water.

The main conclusion of this study is that the high content of pollutants and nutrients in the leachate is not reflected either in sediments or in biota, and that landfill and discharge arrangement functions satisfactory. A reduction in waste deposition, covering of the landfill or treatment of leachate can reduce emissions significantly.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål med undersøkelsen

NIVA ble av COWI bedt om å gjennomføre en resipientundersøkelse i forbindelse med sigevannsutslipp fra Brennevinsmyra avfallsanlegg i Mandal kommune.

Sigevann fra deponiet til Brennevinsmyra avfallsanlegg slippes ut på 25 m dyp i Strømsvika.

Strømsvika er en åpen vik med antatt god vannutskiftning. Området utenfor Strømsvika er et attraktivt rekreasjonsområde, og sommerstid finner det sted et aktivt båtliv, fritidsfiske og bading. Det er både boliger og hytter i området. Nærområdet er også gjenstand for påvirkning fra andre kilder. Eksempelvis antas avrenning fra jordbruksområdet på Ime, avrenning fra Mandalselva og utslipp fra Gismerøya å kunne påvirke vannkvaliteten. I vurderingen av resultatene vil det legges vekt på å se utslippet i sammenheng med andre kilder i området.

Internkontroller av sigevann fra deponiet viser høye konsentrasjoner av næringssalter (fosfor og nitrat) og metaller (jern, mangan, kobber, nikkel, sink, krom, bly, kadmium og kvikksølv) som alle tilsvarer klasse V (meget sterkt forurenset) (COWI 2012). Konsentrasjoner av PAH og PCB er ikke oppgitt, men beregnet utslippsmengde av PAH er 188g for 2011. I undersøkelse av sigevannet i 2011 ble det påvist en nedgang i konsentrasjonene for 26 av 29 av undersøkte stoffene, men på grunn av økt mengde spillvann og overvann, har utslippsmengdene samlet sett økt (COWI2012).

Utslippsvannet som slippes på 25 meters dyp i Strømsvika, vil umiddelbart begynne å stige mot overflaten samtidig som det blandes med omkringliggende vann. Utslippsskyen vil vanligvis ikke nå helt opp til overflaten, men innlagres et sted på veien. I hvilket dyp avløpsvannet innlagres avhenger blant annet av type utslippsløsning og vannets tetthet. Ved hyppige gjennomslag av avløpsvann til overflaten vil det kunne forurense områdene rundt utslippet med næringssalter og metaller og gi negative konsekvenser for organismesamfunnene. Næringssalter gir økt algevekst i vannmassene og i fastsittende algesamfunn. Ved høye næringssalttilførsler kan man se tegn på dette ved at det blir mer hurtigvoksende grønn- og brunalger, mens de mer sårbare artene reduseres eller forsvinner. Videre kan det bli oksygensvikt i bunnvannet, og effekter på bløtbunnsamfunn. Avløpsvannet inneholder også metaller og tungmetaller som er skadelig for en rekke organismer, og mange av disse miljøgiftene oppkonsentreres i næringskjeden.

Formålet med undersøkelsen har vært å foreta en resipientundersøkelse med fokus på tilstanden hos biologiske samfunn på grunt vann (strandsone) og dypere vann (bløtbunn) og å undersøke konsentrasjoner av miljøgifter i sedimenter og blåskjell/snegl. Også andre utslipp i området er tatt med i betraktning. Videre er det foreslått et oppsett for et fremtidig overvåkingsprogram.

1.2 Undersøkellesprogram

Undersøkelsen ble lagt opp med fokus på biologiske samfunn på bløtbunn og i strandsonen, og miljøgifter i blåskjell/snegl og i sedimenter.

Oksygenforhold og næringssaltnivåer i vannmassene er tillagt liten vekt i denne omgang, og er kun målt én gang. Begrunnelsen for denne prioriteringen er at forhøyede nivåer av næringssalter vil være lite sannsynlig å kunne spore ettersom det er god vannutskiftning i området. Eventuelle overkonsentrasjoner av næringssalter i vannmassene vil kunne avdekkes av undersøkelser av organismesamfunnet i strandsonen. Redusert oksygeninnhold i vannmassene vil synliggjøres gjennom de biologiske bunnsamfunnene (bløtbunnsfauna). En slik prioritering anses å være i tråd med Vannforskriften, hvor økologisk tilstand tillegges mer vekt enn fysisk-kjemisk tilstand.

1.3 Tidligere undersøkelser

Det er nylig foretatt en resipientundersøkelse ved de kommunale utslippspunktene ved Tregde og Farestad i Mandal kommune (Trannum mfl. 2012). Undersøkelsen omfattet blant annet strandsoner og bløtbunnsfauna etter samme metoder som foreliggende undersøkelse. Videre ble det foretatt en enkel kartlegging av bunnforholdene i Strømsvika i 2010 i forbindelse med reguleringsplaner for tilrettelegging av rigghavn i Strømsvika og utvidelse av industriområdet på Gismerøya (Notat, NIVA).

Av eldre undersøkelser foreligger det flere resipientundersøkelser med hovedvekt på området rundt Grønvika renseanlegg, Mandal kommunes hovedrenseanlegg:

- Resipientundersøkelsen i 1989 omfattet beregning av tilførsler av næringssalter, undersøkelser av spredning av elvevann og spredning og innlagring av avløpsvann, bakteriemålinger i vannmassene, undersøkelser av hardbunnsorganismer på dypt vann og i strandsonen og undersøkelse av fauna i bløtbunnsedimenter (Oug m.fl. 1990). Utslippsmengden var på den tiden ca. 7 500 pe, og avløpsvannet ble kun mekanisk rensert (sil) før utslipp til 35 meters dyp. Etter undersøkelsen i 1989 ble en diffusor montert på avløpsledningen slik at avløpsvannet kunne innlagres noe dypere. I denne undersøkelsen inngikk også en strandsonestasjon i Strømsvika, som på denne tiden hadde et kommunalt utslipp av avløpsvann på 1500 pe helt innerst i vika.
- I 1990 ble det foretatt nye undersøkelser av hygienisk vannkvalitet, strømmålinger og beregning av innlagingsdyp for å kontrollere effektene av diffusoren som ble montert sommeren 1990 (Molvær 1990). Undersøkelsen viste at avløpsvannet ble innlagret omkring 20-25 meters dyp i Kleverenna og at det derfor ikke kunne trenge innover til Mandalselvas munningsområde eller Sjosanden, men ble sperret av en undersjøisk rygg.
- I 1997 ble det gjort nye, oppfølgende undersøkelser av bløtbunnsfauna og sedimenter i Kleverenna (Oug 1998). Undersøkelsen ble gjort på de samme prøvepunktene som i 1989. Undersøkelsen viste effekter av utslippet i nærområdet til utslippspunktet, men at dypområdet i Kleverenna ikke var overbelastet. Utover mot Mannefjorden var forholdene bra.

I 1999 ble det bygget et biologisk renseanlegg i Grønvika for å redusere utslippene til sjø. Anlegget er dimensjonert for 16.000 pe med en reserve på 2.500 pe. Avløpsmengden var i 2008 ca. 11.000 pe. Utslipet går til 40 meters dyp i Kleverenna. Utslipsledningen har diffusor for å sikre god innlagring i vannmassene og hindre gjennomslag til overflaten.

Det er ikke foretatt nye undersøkelser ved utslippsstedet etter igangsetting av det biologiske renseanlegget. Antallet personer som er tilkoblet har økt, men den totale utslippsmengden av forurensende stoffer har trolig blitt redusert som følge av rensingen.

1.4 Klassifisering av økologisk tilstand

Vannforskriften er fulgt i den grad det har vært faglig og økonomisk hensiktsmessig, og det er tatt utgangspunkt i Veileder 01:2009 (*"Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver"*). Klassifisering av økologisk tilstand er gjort i hht denne veilederen. Innholdet av miljøgifter i sediment er klassifisert etter SFTs veileder TA 2229/2007, mens innhold av miljøgifter i blåskjell er klassifisert etter SFTs Veiledning 97:03. Sedimentene er også vurdert i hht Klif's risikoveileder TA2802/2011.

2. Miljøgifter i sedimenter og biota

Miljøgifter binder seg gjerne til små partikler og organisk materiale, og ender derfor ofte opp i sedimentene. Innholdet av miljøgifter i sedimenter gjenspeiler derfor den generelle forurensningssituasjonen i et område. Fordi noen miljøgifter i sterkere grad binder seg til partikler enn andre, mens andre løser seg lettere i vann, suppleres ofte undersøkelse av miljøgifter i sedimenter med undersøkelse av blåskjell. Blåskjell (*Mytilus edulis*) sitter fast på hardbunn i fjæra, ned til ca. 10 meters dyp. Blåskjell lever av å filtrere vannet for fine næringspartikler og planteplankton, og denne levemåten gjør at de passer godt som indikator på forurensning. Nettopp fordi blåskjell filtrerer vannet, vil blåskjellet speile den belastningen av miljøgifter som har vært i vannmassene på et gitt sted i løpet av blåskjellets levetid. Analyse av miljøgifter i blåskjell vil indikere om utslippet har hyppig gjennomslag til overflaten, eller om det innlagres under overflatelaget.

Analysene av miljøgifter i blåskjell og sedimenter tar utgangspunkt i parametere som inngår i Vanndirektivet og omfatter arsen, bly, kadmium, kobber, krom, nikkel, sink, kvikksølv, PAH16, PCB7 og tributyltinn (TBT). Også jern og mangan er inkludert ettersom de inngår i utslippet.

Sigevannet har høye konsentrasjoner av næringssalter (fosfor og nitrat) og metaller (jern, mangan, kobber, nikkel, sink, krom, bly, kadmium og kvikksølv) som alle tilsvarer klasse V (meget sterkt forurenset). I internkontroller av sigevannet i 2011 ble det påvist en nedgang i konsentrasjonene for 26 av 29 av de undersøkte stoffene, men på grunn av økt mengde spillvann og overvann, har utslippsmengdene samlet sett økt (COWI 2012).

2.1 Metodikk

Prøvetaking og analyser

Sedimenter ble prøvetatt fra to stasjoner, se **Figur 1**. Disse stasjonene tilsvarer stasjonene for bløtbunnsfauna (Kapittel 4). Stasjon 1 har dyp på ca. 63 m og ligger i ytre Strømsvika. Stasjon 2 ligger i dypområdet sør for Strømsvika, på ca. 113 m dyp. Prøvene ble tatt med en grabb, og de øverste 5 cm av topplaget ble tatt ut til analyse. Sedimentprøvene ble overført til rene glass med aluminiumsfolie i lokket, og oppbevart nedfrosset (-20 °C) frem til analyse. Sedimentene ble så analysert for metaller og organiske miljøgifter.

Blåskjell og strandsnegl ble samlet fra fjæra på 5 stasjoner i og utenfor Strømsvika, se **Figur 1**. Fra hver stasjon ble det forsøkt samlet 50 blåskjell i samme størrelsesklasse, men det var kun på en stasjon at det ble funnet nok blåskjell. Fra de øvrige stasjonene ble det derfor samlet strandsnegl for analyse. På stasjonene med blåskjell ble det ikke funnet strandsnegl, slik at det foreligger tre strandsneglprøver og to blåskjellprøver fra området. Skjellene/sneglene ble frosset ned etter innsamling og senere opparbeidet på laboratoriet. Prøvene ble analysert for metallene As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn og Fe, og i tillegg for polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), PCB og TBT. Analysene ble utført av EUROFINS.



Figur 1. Plassering av stasjoner for innsamling av blåskjell/strandsnegl (st. S1-S5, stjerner) og sedimenter (St. 1-2, røde kryss). På de to sedimentstasjonene ble også bløtbnunnsfauna innsamlet. Utslipppet fra Brennevinsmyra avfallsanlegg er markert med en pil

Klassifiseringsverktøy

Sedimentene i Strømsvika er klassifisert i hht gjeldende klassifiseringssystem (SFT-veileder 2007). Systemet opererer med fem tilstandsklasser som spenner fra lave konsentrasjoner tilsvarende bakgrunnsnivå (klasse I) til svært dårlig (klasse V). Grenseverdiene for de ulike klassene er gitt i **Tabell 1**. Klassifiseringen bygger på antatte nivåer for kroniske og akutte toksiske effekter på sedimentlevende organismer.

Også for biota er det utarbeidet klassifisering for innholdet av miljøgifter, bl.a. for blåskjell og strandsnegl. Her er det SFTs Veiledning 97:03 som er utgangspunktet for klassifiseringen. Igjen opereres det med fem tilstandsklasser som spenner fra «ubetydelig/lite forurenset» (klasse I) til «meget sterkt forurenset» (klasse V), se **Tabell 2** og **Tabell 3**.

Undersøkelsen følger også hovedprinsippene til Klif-veileder 2011: *Risikovurdering av forurenset sediment*. Risikovurdering av sedimenter har som mål å beskrive risikoen for miljøskade eller helseskade som sedimentene utgjør, slik at man kan bedømme om risikoen er akseptabel eller ikke. Systemet er bygget opp i tre trinn der hvert trinn er mer arbeidskrevende, men gir økt lokal forankring og økt sikkerhet i konklusjonene. Systemet dekker ikke tiltaksvurdering. Trinn 1 er en forenklet risikovurdering hvor miljøgiftkonsentrasjon og toksisitet av sedimentet sammenlignes med grenseverdier for økologiske effekter ved kontakt med sedimentet. Trinn 1 har som mål å kunne skille mellom områder som raskt kan

friskmeldes, og områder som må risikovurderes videre. Grenseverdiene for sedimentkonsentrasjon i Trinn 1 tilsvarer grensen mellom tilstandsklasse II og III i Klifs veileder for klassifisering av miljøtilstand for sedimenter (SFT-veileder 2007).

Tabell 1. Klassifisering av miljøtilstand ut fra innhold av miljøgifter i sedimenter, oppgitt på tørrvektbasis (SFT-veileder 2007).

Parametere	Tilstandsklasser				
	I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Metaller					
Arsen (mg As/kg)	<20	20-52	52-76	76-580	>580
Bly (mg Pb/kg)	<30	30-83	83-100	100-720	>720
Kadmium (mg Cd/kg)	<0,25	0,25-2,6	2,6-15	15-140	>140
Kobber (mg Cu/kg)	<35	35-51	51-55	55-220	>220
Krom (mg Cr/kg)	<70	70-560	560-5900	5900-59000	>59000
Nikkel (mg Ni/kg)	<30	30-46	46-120	120-840	>840
Sink (mg Zn/kg)	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
PAH					
Naftalen (µg/kg)	<2	2-290	290-1000	1000-2000	>2000
Acenaftylen (µg/kg)	<1,6	1,6-33	33-85	85-850	>850
Acenaften (µg/kg)	<4,8	2,4-160	160-360	360-3600	>3600
Fluoren (µg/kg)	<6,8	6,8-260	260-510	510-5100	>5100
Fenantren (µg/kg)	<6,8	6,8-500	500-1200	1200-2300	>2300
Antracen (µg/kg)	<1,2	1,2-31	31-100	100-1000	>1000
Fluoranthen (µg/kg)	<8	8-170	170-1300	1300-2600	>2600
Pyren (µg/kg)	<5,2	5,2-280	280-2800	2800-5600	>5600
Benzo[a]antracen (µg/kg)	<3,6	3,6-60	60-90	90-900	>900
Chrysen (µg/kg)	<4,4	4,4-280	280-280	280-560	>560
Benzo[b]fluoranten (µg/kg)	<46	46-240	240-490	490-4900	>4900
Benzo[k]fluoranten (µg/kg)		<210	210-480	480-4800	>4800
Benzo(a)pyren (µg/kg)	<6	6-420	420-830	830-4200	>4200
Indeno[123cd]pyren (µg/kg)	<20	20-47	47-70	70-700	>700
Dibenzo[ah]antracen (µg/kg)	<12	12-590	590-1200	1200-12000	>12000
Benzo[ghi]perylene (µg/kg)	<18	18-21	21-31	31-310	>310
PAH-16 (µg/kg)	<300	300-2000	2000-6000	6000-20000	>20000
Andre organiske					
PCB-7 (µg/kg)	<5	5-17	17-190	190-1900	>1900
HCB (µg/kg)	0,5	0,5-17	17-61	61-610	>610
TE dioksiner/ furaner (µg/kg)	<0,01	0,01-0,03	0,03-0,10	0,10-0,50	>0,50
TBT					
TBT (µg/kg)-forvaltningsmessig	<1	1-5	5-20	20-100	>100

Tabell 2. Klassifisering av miljøtilstand ut fra innhold av metaller og utvalgte klororganiske forbindelser i blåskjell (SFT-veileder 1997).

	Parametere	Tilstandsklasser				
		I Ubetydelig – Lite forurenset	II Moderat forurenset	III Markert forurenset	IV Sterkt forurenset	V Meget sterkt forurenset
Blåskjell (tørrvektsbasis)	Bly (mg Pb/kg)	<3	3-15	15-40	40-100	>100
	Kadmium (mg Cd/kg)	<2	2-5	5-20	20-40	>40
	Kobber (mg Cu/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0,2	0,2-0,5	0,5-1,5	1,5-4	>4
	Krom (mg Cr/kg)	<3	3-10	10-30	30-60	>60
	Sink (mg Zn/kg)	<200	200-400	400-1000	1000-2500	>2500
	Nikkel (mg Ni/kg)	<5	5-20	20-50	50-100	>100
	Arsen (mg As/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200
	Sølv (mg Ag/kg)	<0,3	0,3-1	1-2	2-5	>5
TBT (mg/kg)	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	2-5	>5	
Blåskjell (våttvektsbasis)	ΣPAH (µg/kg)	<50	50-200	200-2000	2000-5000	>5000
	ΣKPAH (µg/kg)	<10	10-30	30-100	100-300	>300
	B[a]P (µg/kg)	<1	1-3	3-10	10-30	>30
	TE _{PCDF/D} (ng/kg)	<0,2	0,2-0,5	0,5-1,5	1,5-3	>3
	HCB (µg/kg)	<0,1	0,1-0,3	0,3-1	1-5	>5
	ΣPCB ₇ (µg/kg)	<4	4-15	15-40	40-100	>100

Tabell 3. Klassifisering av miljøtilstand ut fra innhold av metaller og utvalgte klororganiske forbindelser i strandsnegl (SFT-veileder 1997).

	Parametere	Tilstandsklasser				
		I Ubetydelig – Lite forurenset	II Moderat forurenset	III Markert forurenset	IV Sterkt forurenset	V Meget sterkt forurenset
Strandsnegl (tørrvektsbasis)	Bly (mg Pb/kg)	<10	10-25	55-75	75-150	>150
	Kadmium (mg Cd/kg)	<2	2-8	8-25	25-50	>50
	Kobber (mg Cu/kg)	<150	150-300	300-750	750-1500	>1500
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0,5	0,5-2	2-5	5-10	>10
	Krom (mg Cr/kg)	<3	3-10	10-30	30-60	>60
	Sink (mg Zn/kg)	<100	100-300	300-1000	1000-2000	>2000
	Nikkel (mg Ni/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200
	Arsen (mg As/kg)	<30	30-75	75-300	300-600	>600
Sølv (mg Ag/kg)	<3	3-10	10-20	20-40	>40	

2.2 Resultater

2.2.1 Miljøgifter i sedimenter

Konsentrasjonen av miljøgifter i sedimentet på de to stasjonene er vist i **Tabell 4**. Nivået av alle metallene med unntak av bly (Pb) tilsvarte tilstandsklasse I, «bakgrunn». Nivået av bly tilsvarte klasse II, «moderat forurenset». Her bør det merkes at nivået av bly i sigevannet økte med 543 % fra 2010 til 2011, og at det er mulig at dette har medført noe forhøyet innhold av bly i sedimentet i resipienten. Likevel er konsentrasjonen lavere enn det som gir grunnlag for ytterligere tiltak. Jern og mangan er ikke inkludert i veilederen, men ble analysert ettersom de inngår i utslippet. Innholdet av jern og mangan var lavere enn det som ble påvist i Vefsnfjorden i forbindelse med utslipp av sigevann til en sjøresipient (NIVA, 2010). Videre var jerninnholdet på linje med registreringer i Høyangsfjorden i 2011 (NIVA, 2012). Disse lokalitetene er riktignok også preget av industri, men mangan- og jerninnholdet ble ikke vurdert som problematisk.

Nivået av PCB i sedimentene tilsvarte klasse I («bakgrunn») på begge stasjonene. Når det gjelder PAH, tilsvarte summen av PAH-komponentene klasse II («moderat forurenset»). Nivåene av de enkelte PAH-komponentene varierte. Konsentrasjonen av acenaftalen, acenaften, fluoren, fenantren, pyren, chrysen, benzo(b)fluoranten og benzo(a)pyren dibenzo(ah)antracen var i klasse I («bakgrunn») eller II («moderat forurenset») på begge stasjonene (enkelte hadde konsentrasjoner under deteksjonsgrensen, og dette nivået tilsvarer de to laveste klassene). Slike nivåer tilsier at det ikke er nødvendig med noen ytterligere risikovurdering, som er satt til grensen mellom Klasse II og III. Nivået av benzo(a)antracen var i klasse III («moderat») på stasjon 1 og i klasse IV («dårlig») på stasjon 2. Videre var nivået av PAH-komponenten indeno(123cd)pyren og benzo(ghi)perylene i klasse IV («dårlig») på begge stasjonene. For disse stoffene er det iht. Klif-veileder:2011 påkrevet med Trinn 2 risikovurdering. Benzo(a)antracen er registrert i sigevannet, og videre har dette stoffet vist en økning de siste årene. Indeno(123cd)pyren er derimot ikke målt i internkontrollene av sigevannet, heller ikke benzo(ghi)perylene (COWI 2012). Opphavet til disse miljøgiftene i sedimentene vurderes derfor ikke å være sigevannet. Således kan også benzo(a)antracen like gjerne ha opphav i andre kilder. På denne bakgrunn anses det ikke nødvendig med noen ytterligere risikovurdering.

Innholdet av TBT i sedimentene tilsvarte klasse III, «markert forurenset». Hvorvidt sigevannet inneholder TBT, er ikke kjent. Det forhøyede nivået i sedimentet kan muligens i noen grad tillegges utslippet, men andre kilder anses å være mer sentrale. I nærheten av Strømsvika er det mye sjørettet industri, som også antas å være kilder til TBT. TBT ble tidligere i hovedsak brukt i bunnstoff på skip og i treimpregneringsmidler for å hindre begroing og råte. Dette er nå forbudt. Det er ikke registrert utslipp av TBT eller TFT i Norge etter 2003, men små mengder TBT er registrert i sigevannet fra kommunale avfallsdeponier (<http://www.miljostatus.no/Tema/Kjemikalier/Noen-farlige-kjemikalier/TBT/>). TBT kan også fortsatt lekke ut fra sedimenter på sjøbunnen i noen havneområder. I tillegg kan TBT lekke ut fra grunnen der TBT har vært brukt tidligere, ved skipsverft og småbåthavner. TBT utgjør et særproblem i risikovurderingen, ettersom stoffet på den ene siden er svært giftig, og på den andre siden kun moderat nedbrytbart og overskrider grensen for økologiske effekter omtrent overalt (Klif-veileder, 2011). Det er derfor satt en grenseverdi på 35 µg/kg i Trinn I i risikovurderingen, selv om dette avviker fra grensen mellom Klasse II og III i klassifiseringssystemet (5 µg/kg). Konsentrasjonen av TBT i den foreliggende undersøkelsen var ca. 8µg/kg og gir derfor ikke grunnlag for noen ytterligere risikovurdering.

Tabell 4. Metallkonsentrasjoner i sedimentene i Strømsvika, 2013. Fargekodene viser klassifisering i hht SFT-veileder 2007. De øverste 5 cm av sedimentet ble undersøkt. Alle enheter er på tørrvektsbasis. Også bakgrunnsverdi og grenseverdi mellom klasse II og III er presentert, ettersom dette brukes til å beregne risiko. For analyseverdier under deteksjonsgrensen er klassifisering basert på halve verdien av deteksjonsgrensen.

Parameter		Enhet	St. 1	St. 2	Bakgrunn	Grenseverdi klasse II/III
Metaller						
As	Arsen	mg/kg	7,3	8,4	<20	52
Pb	Bly	mg/kg	36	36	<30	83
Cd	Kadmium	mg/kg	0,086	0,076	<0,25	2,6
Cu	Kobber	mg/kg	15	15	<35	51
Cr	Krom	mg/kg	22	23	<70	560
Ni	Nikkel	mg/kg	17	17	<30	46
Zn	Sink	mg/kg	77	83	<150	360
Fe	Jern	mg/kg	13000	15000		
Mn	Mangan	mg/kg	140	170		
PAH						
NAP	Naftalen	µg/kg	<10	15	<2	290
ACNLE	Acenaftalen	µg/kg	<10	<10	<1,6	33
ACNE	Acenaften	µg/kg	<10	<10	<4,8	160
FLE	Fluoren	µg/kg	<10	17	<12	260
PA	Fenantren	µg/kg	64	140	<6,8	500
ANT	Antracen	µg/kg	13	35	<1,2	31
FLU	Fluoranten	µg/kg	150	280	<8	170
PYR	Pyren	µg/kg	130	230	<5,2	280
BAA	Benzo(a)antracen	µg/kg	71	120	<3,6	60
CHR	Chrysen	µg/kg	88	120	<4,4	280
BBJF	Benzo(b)fluoranten	µg/kg	160	200	<46	240
BKF	Benzo(k)fluoranten	µg /kg	160	190	-	210
BAP	Benzo(a)pyren	µg /kg	110	150	<6	420
ICDP	Indeno(123cd)pyren	µg /kg	120	130	<20	47
DBA3A	Dibenzo(ah)antracen	µg /kg	21	28	<12	590
BGHIP	Benzo(ghi)perylene	µg /kg	170	170	<18	21
Sum PAH16*	Sum PAH ₁₆	µg/kg	1297	1845	<300	2000
Sum KPAH		µg/kg	740	953		
Andre organiske						
SumPCB7*	Sum PCB ₇	µg/kg	<3,94	<4,04	<5	17
TBT						
TBT		µg/kg	8,0	7,3	<1	5**
Symbolforklaring tilstandsklasser:		I Ubetydelig – Lite forurenset	II Moderat forurenset	III Markert forurenset	IV Sterkt forurenset	V Meget sterkt forurenset

* Beregnet

** I veileder 2802/2011 «Risikovurdering av forurenset sediment» er grenseverdien for TBT satt til 35 µg/kg. Dvs at konsentrasjoner under 35 µg/kg ikke utløser krav om videre risikovurdering, selv om økologisk risiko er tilstede.

2.2.2 Miljøgifter i blåskjell og strandsnegl

Konsentrasjonen av miljøgifter i biota er vist i **Tabell 5**. Nivået av arsen, bly, kadmium, kobber og kvikksølv var i klasse I («bakgrunn») på samtlige stasjoner. For krom og nikkel var nivået i klasse II («moderat forurenset») på stasjon 2, men i klasse I («bakgrunn») på de øvrige stasjonene. Konsentrasjonen av sink var i klasse II («moderat forurenset») på samtlige stasjoner, inkl. referansestasjonen. Det er ikke utarbeidet grenseverdier for innhold av jern i biota. Jern ble bl.a. analysert i blåskjell ved Bragdøy og Flekkerøy ved Kristiansand i perioden 2010 til 2012 (NIVA, 2013), og konsentrasjonene i Strømsvika var langt lavere enn det som ble målt der.

For organiske miljøgifter er det ikke utarbeidet klassegrenser for strandsnegl, heller ikke for TBT. Nivået av PCB (Sum PCB₇) og PAH (Benzo(a)pyren, sum PAH₁₆, sum KPAH) for blåskjell tilsvarte klasse I, «bakgrunn». Også innholdet av TBT i blåskjell tilsvarte klasse I, «bakgrunn». Det forhøyede nivået av TBT i sedimentet gjenspeiles altså ikke i biota, hvilket indikerer at det ikke er noen «ny» tilførsel av TBT til resipienten.

2.3 Vurderinger

Nivået av metaller i sedimentene var i hovedsak i klasse I («bakgrunn») og II («moderat forurenset»), hvilket ikke gir grunnlag for noen ytterligere risikovurdering. Derimot var nivået av noen organiske miljøgifter (PAH, PCB) høyere (klasse III og IV). Disse stoffene samsvarte imidlertid ikke med hvilke stoffer som faktisk er registrert i internkontrollene av sigevannet (COWI 2012), slik at kilden antas å ha et annet opphav. Også TBT viste relativt høy konsentrasjon i sedimentet (klasse III), men heller ikke dette nivået antas å ha sitt opphav i sigevannet. I nærheten av Strømsvika har det gjennom lengre tid vært mye sjørettet industri, som antas å være årsaken til at konsentrasjonene av enkelte miljøgifter er forhøyet.

Det bør merkes at konsentrasjonen av bly i sigevannet økte med over 500 % fra 2010 til 2011, og at nivået av bly i sedimentet var i klasse II, i motsetning til de andre metallene som var i klasse I. Ved en ytterligere økning av bly i sigevannet, anbefales en oppfølgende prøvetaking i sedimentet i løpet av tre år.

Innholdet av miljøgifter i blåskjell og strandsnegl var lavt, og alle verdiene var i klasse I og II. Dette funnet indikerer at det ikke finner sted noen vesentlig «ny» tilførsel av miljøgifter til resipientens overflatelag og at avløpsvannet innlagres tilfredsstillende uten hyppige gjennomslag til den produktive overflaten.

Det høye innholdet av miljøgifter i sigevannet gjenspeiles altså ikke verken i resipientens sedimenter eller biota, og deponi- og utslippsarrangement antas å være tilfredsstillende.

Tabell 5. Miljøgiftkonsentrasjoner i biota (blåskjell og strandsnegl) i Strømsvika, 2013. Alle enheter er på tørrvektbasis. Fargekodene viser klassifisering i hht Veileder 1997:03. Også grenseverdi mellom klasse II og III er presentert (Veileder 01:2009). For verdier under deteksjonsgrensen er klassifisering basert på halve verdien.

Parameter		Enhet	St. 1 Blåskje II	St. 2 Blåskjell	St. 3 Strand- snegl	St. 4 Strand- snegl	St. 5 Strand- snegl	Grense- verdi	Grense- verdi
								klasse II/III Blå- skjell	klasse II/III Strand- snegl
TTS%			14	23	-	22	-		
Metaller								mg/kg	mg/kg
As	Arsen	mg/kg	1,7	1,4	5,2	6,6	5,3	30	75
Pb	Bly	mg/kg	0,28	0,21	0,28	0,22	0,47	15	25
Cd	Kadmium	mg/kg	0,26	0,21	0,17	0,22	0,20	5	8
Cu	Kobber	mg/kg	1,1	1,3	18	21	17	30	300
Cr	Krom	mg/kg	1,4	9,5	1,3	0,46	0,68	10	10
Ni	Nikkel	mg/kg	0,98	5,1	1,2	0,66	0,92	20	30
Zn	Sink	mg/kg	18	15	16	15	16	400	300
Hg	Kvikksølv	mg/kg	0,025	0,021	0,020	0,027	0,032	0,5	2
Fe	Jern	mg/kg	42	72	100	57	160	-	-
PAH								µg/kg	
NAP	Naftalen	µg/kg	<0,5	<0,5	0,80	0,92	1,7	-	-
ACNLE	Acenaftalen	µg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-	-
ACNE	Acenaften	µg/kg	0,51	<0,5	4,4	2,0	2,6	-	-
FLE	Fluoren	µg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-	-
PA	Fenantren	µg/kg	2,4	1,6	2,1	0,97	2,2	-	-
ANT	Antracen	µg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-	-
FLU	Fluoranten	µg/kg	8,8	2,5	1,5	1,6	4,1	-	-
PYR	Pyren	µg/kg	4,9	1,3	0,82	0,74	2,3	-	-
BAA	Benzo(a)antracen	µg/kg	1,1	1,0	<0,5	<0,5	0,53	-	-
CHRTR	Chrysen	µg/kg	5,4	1,8	0,87	0,69	2,3	-	-
BBJF	Benzo(b)fluoranten	µg/kg	3,54	0,91	<0,5	<0,5	0,96	-	-
BKF	Benzo(k)fluoranten	µg/kg	0,9	0,52	<0,5	<0,5	0,57	-	-
BAP	Benzo(a)pyren	µg/kg	0,72	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	3	-
ICDP	Indeno(123cd)pyren	µg/kg	0,85	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-	-
DBA3A	Dibenzo(ah)antracen	µg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-	-
BGHIP	Benzo(ghi)perylene	µg/kg	1,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-	-
Sum PAH16*	Sum PAH ₁₆	µg/kg	<33,8	<14,1	<15,5	<11,9	<20,8	200	-
Sum KPAH*		µg/kg	<14,5	<6,23	<4,7	<4,6	<7,6	30	-
PCB								µg/kg	
SumPCB7*	Sum PCB ₇	µg/kg	<0,89 2	<0,934	<0,72	<0,411	<0,599	15	-
TBT								mg/kg	
TBT		mg/kg	0,0015	0,0011	0,0012	0,0007	0,0007	0,5	-
Symbolforklaring tilstandsklasser:			I Ubetyde lig – Lite foruren et	II Moder at foruren set	III Markert foruren et	IV Sterkt foruren set	V Meget sterkt forurenset		

*Beregnet

3. Vannmasser

Målinger av klorofyll a, siktdyp, oksygen og næringssalter i vannmassene inngår som måleparametere iht. Vannforskriften. Ettersom sigevannet har høye konsentrasjoner av fosfor og nitrat, er det en mulighet for at man finner økte næringssaltkonsentrasjoner i sjøvannet i resipienten. Dette kan igjen gi redusert siktdyp og oksygen, og en økning i planteplanktonbiomassen. I denne sammenheng er det imidlertid valgt å nedjustere dette elementet, og heller fokusere på de biologiske samfunnene på hardbunn og bløtbunn ettersom det er her evt. eutrofi-effekter over lang tid vil manifesteres.

Måling av vannmasseparametere er foretatt kun én gang i forbindelse med prøvetaking av bløtbunnsfauna, og ved de samme stasjonene. Dette gir kun et «øyeblikksbilde» av tilstanden og er ikke nødvendigvis representativ for den generelle tilstanden og gir heller ikke informasjon om utvikling av tilstand gjennom året. Klassifiseringen som er foretatt på grunnlag av vannmasseparametere, er derfor svært usikker og bør ikke tillegges mye vekt i den endelige vurderingen av resipienten. Disse parameterne er kun inkludert for å gi en indikasjon på forholdene i vannmassene, og evt. oppfølging vurderes når det skal skisseres et forslag til fremtidig overvåkingsprogram.

3.1 Metodikk

Prøvetaking

Prøvetaking av vannmasser ble foretatt på de samme to stasjoner som bløtbunnsfauna og sedimenter (**Figur 1**). Følgende prøver ble innhentet:

- Vannprøver ble tatt med vannhenter fra 0,5-1 m dyp og fra 10 m dyp for prøvetaking av næringssaltene totalt fosfor (Tot-P), fosfat (PO₄-P), totalt nitrogen (Tot-N) og nitrat (NO₃-N) og klorofyll-a.
- Prøver av bunnvannet ble tatt med vannhenter for analyse av oksygen.
- Siktdyp ble målt med en Secchi-skive på stasjon 1.

Analyser og beregninger

Næringssaltene ble analysert vha. Skalar autoanalysator. Oksygenprøvene ble analysert iht. Winklermetoden (NS-ISO 5813). Samtlige analyser er foretatt på NIVAs kjemilaboratorium.

Klassifiseringen av næringssalter og siktdyp er foretatt iht. SFTs veileder 97:03, mens klassifiseringen av klorofyll-a er foretatt iht. Veileder 01:2009. Prøven til klorofyll-a fra 10 m dyp på st. 2 ble knust i sentrifugen, og kunne derfor ikke analyseres.

3.2 Resultater

Næringssalter inngår i utslippet, og også i Vanndirektivets klassifisering. Som nevnt over er målingen kun utført ved en anledning, og ikke nødvendigvis representativ for tilstanden. Resultatet er vist i **Tabell 6**. På begge stasjonene tilsvarte mengden total fosfor og fosfat «meget god tilstand» i det øverste vannlag og «god tilstand» ved 10 m dyp. For totalt nitrogen tilsvarte konsentrasjonen «meget god tilstand» i øverste vannlag på stasjon 1, ellers tilsvarte konsentrasjonen «meget god tilstand». Innholdet av nitrat tilsvarte «meget god tilstand» ved begge dyp på begge stasjoner. Klassifiseringen samsvarer godt med det som ble registrert ved Tregde i 2011 (NIVA, 2012), og det er ingen holdepunkter for at sigevannet gir forhøyde konsentrasjoner av næringssalter i resipienten.

Økte mengder næringssalter kan føre til en øking av algebiomassen. Som et mål på denne biomassen benyttes klorofyll-a. For denne parameteren påpekes det at klassifiseringen skal gjøres etter verdien for 90-persentilden for data gjennom gjentatte innsamlinger i perioden februar til september gjennom minst tre år. Verdien varierer betydelig gjennom året, med topp i oppblomstringstidspunkt som gjerne er om våren. Klassifiseringen som er foretatt her, er derfor svært usikker, men ment som en orientering. Resultatet er vist i **Tabell 6**. Her fremkommer det at nivået av klorofyll-a tilsvarer «meget god tilstand».

Siktdyp gir informasjon om lysgjennomstrømningen, og derfor om mengden partikler og plankton i vannet. Desto større siktdyp, desto mindre partikler, og desto bedre vurderes tilstanden. Igjen må det påpekes at målingen kun gir et «øyeblikksbilde» av tilstanden. Siktdypet tilsvarer her «meget god» tilstand, se **Tabell 6**. Dette ble også observert ved Tregde i 2011 (NIVA, 2012).

Tabell 6. Konsentrasjoner av næringssalter, klorofyll-a og siktdyp fra to stasjoner i Strømsvika, juni 2013. Klassifiseringen av næringssalter og siktdyp er foretatt iht. SFT's veileder 97:03, mens klassifiseringen av klorofyll-a er foretatt iht. Veileder 01:2009.

Stasjon	Dyp	Tot-P µg/l	PO ₄ µg/l	Tot-N µg/l	NO ₃ -N µg/l	Kla µg/l	Siktdyp m
St 1	1 m	10	4*	285	5	1.2	10,5
	10 m	14	5	210	5	1.3	
St. 2	1 m	9	4*	235	1	1.0	
	10 m	14	5	215	2		

* Skillet mellom klassene går ved 4, slik at klassifiseringen er mellom klasse I og II.

Mengden oksygen i vannmassene er en sentral parameter, ettersom utslipp av organisk stoff medfører økt oksygenforbruk, hvilket igjen kan medføre oksygenvinn i bunnvannet. I henhold til gjeldende standard (SFT's veileder 97:03) baseres klassifiseringen på oksygeninnholdet i dypvann (bunnvann). Som nevnt over ble oksygen kun målt ved en anledning, ettersom øvrige kvalitetsselementer ble ansett å være mest sentrale i denne sammenheng. Resultatet er vist i **Tabell 7**. Oksygeninnholdet var høyt, og tilsvarer «meget god tilstand». Selv om det antas at det er noe mindre oksygen på sensommeren/høsten, anses det lite sannsynlig at det er perioder med oksygenvinn i dette området. Området er strømrøkt, og det antas å være stor utskifting av vannmassene. Også i undersøkelsen ved Tregde i 2011 ble det observert høyt oksygeninnhold (NIVA, 2012).

Tabell 7. Oksygenkonsentrasjon i bunnvann i Strømsvika, juni 2013.

Stasjon	Dyp (m)	Oksygen (ml/l)
St. 1	61	5.85
St. 2	104	5.84

3.3 Vurderinger

Selv om vannmassedelen i undersøkelsen er begrenset, er det ut fra den forliggende undersøkelsen ingen holdepunkter for at sigevannsutslippet gir økt mengde næringssalter eller reduserer oksygeninnholdet i resipienten.

4. Bløtbunnssamfunn

Undersøkelser av bløtbunnssamfunn benyttes rutinemessig i overvåkning av miljøtilstand i marine miljøer. Bløtbunn finnes i alle dypere sjøområder og på steder med beskyttelse mot strøm- og bølgepåvirkning. Bløtbunnsartene er relativt stasjonære, slik at artssammensetningen i stor grad representerer miljøforholdene på en lokalitet. Organisk anrikning fra for eksempel avløpsvann, akvakultur og avrenning fra land og annen forurensning kan medføre dominans av forurensningstolerante arter og redusert biodiversitet. Som støtteparametere for beskrivelse av faunaens tilstand benyttes sedimentets kornstørrelse og innhold av organisk karbon og nitrogen. Disse kan også gi informasjon om graden av organiske tilførsler og opphavet til det organiske materialet.

Karakterisering av tilstanden gjøres på basis av en samlet vurdering av artsrikhet, antall individer og egenskaper hos de viktigste artene. I Vanndirektivet inngår bløtbunnsfauna som et av kvalitetselementene for vurdering av økologisk tilstand. Systemet er under utvikling, men det foreligger et foreløpig system som her er benyttet i vurdering av økologisk tilstand (Veileder 01:2009).

4.1 Metodikk

Prøvetaking

Feltinnsamlingen fant sted 4. juni 2013 med fartøyet «Odd», tilhørende Mandal kommune. De to stasjonene er inntegnet i **Figur 1**. Metodikken for innsamling og opparbeiding av prøvene følger den internasjonale standarden NS-EN ISO 16665 (2005). Bløtbunnsprøvene ble innsamlet med en 0,1 m² van Veen grabb. Hver prøve ble inspisert gjennom grabbens toppluke, volumet ble målt med en målepinne, og farge, lukt, synlige dyr og andre karakteristika notert. Et separat grabbskudd ble tatt på hver stasjon for å ta prøver til analyse av kornstørrelse (% < 0,063 mm), organisk karbon (TOC) og nitrogen (TN). Posisjoner, dyp og sedimentkarakteristika for bløtbunnsprøvene er gitt i **Tabell 8**.

Stasjon 1 ble innsamlet først, deretter stasjon 2. Tre prøver til fauna og en prøve til sedimentparametre var planlagt prøvetatt. På stasjon 2 ble grabben sittende fast etter at de to første prøvene var tatt, og det var ikke mulig å få den løs (den ble senere løsnet vha fartøyet «Odd»). Sedimentprøven ble da tatt med en håndholdt, mindre grabb fra en lettboat i forbindelse med strandsoneregistreringen (8. august 2013). Imidlertid lot det seg ikke gjøre å ta den tredje faunaprøven på denne stasjonen.

Materialet til faunaprøvene ble siktet gjennom sikter med 5 mm og 1 mm hull om bord på båten, fiksert i formaldehyd og fraktet til laboratoriet for opparbeiding.

Tabell 8. Posisjoner og sedimentkarakteristikk for bløtbunnsstasjonene i Strømsvika, 2013.

	Posisjon (N/E)	Dyp (m)	Karakteristikk
St. 1	58.00.944/7.29.918	62,5-63,8	Jevnt grå sandig leire, slangestjerne, rørbyggende børstemark.
St. 2*	58.00.466/7.29.705	110-115	Sandig sediment med brunt topplag, slangestjerne, rørbyggende børstemark, sjømus.

* Som følge av at grabben ble sittende fast, ble det kun tatt to prøver til fauna. Sedimentprøven ble tatt vha. en håndholdt grabb samtidig med strandsoneregistreringen.

Analysar og beregningar - bløtbunnsfauna

På NIVAs biologilaboratorium ble dyrene plukket ut fra det øvrige restmateriale og sortert i hovedgrupper (børstemark, muslinger, krepsdyr, pigghuder og «varia»). Dyrene ble da lagt på 80 % sprit, og deretter

artsbestemt av spesialister på de respektive hovedgruppene. Også sorteringen og identifisering ble gjort iht. standarden NS-EN ISO 16665 (2005). Finfraksjonen til grabb 2 fra stasjon 2 ble subsamplet fordi den bestod av svært store mengder skjellsand (1/4 ble opparbeidet). Dataene er korrigert iht. dette.

Bunnfaunaen karakteriseres ved totalt antall arter, totalt antall individer og artssammensetning. På grunnlag av artslistene ble det regnet ut indekser for artsmangfold og ømfintlighet. Følgende parametere ble benyttet:

- artsmangfold ved indeksene H' (Shannon-indeksen) og ES_{100} (Hurlberts diversitetsindeks). ES_{100} er et anslag på hvor mange arter man kan forvente å finne dersom det plukkes ut 100 individ tilfeldig fra prøven.
- ømfintlighet ved indeksene ISI (Indicator Species Index) og AMBI (AZTI Marine Biotic Index)
- sammensatte indekser NQI1 og NQI2 (Norwegian Quality Index), som kombinerer både artsmangfold og ømfintlighet

Indeksverdiene beregnes for hver grabbprøve, og stasjonens middelerverdi brukes til å klassifisere stasjonen iht. Vanddirektivets krav. Klassegrensene er angitt i Veileder 01:2009 «Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver». Klassegrensene går fra klasse I («meget god») til klasse V («svært dårlig»), se **Tabell 9**. I Veileder 01:2009 er det angitt at det skal legges mest vekt på NQI1 for å angi endelig klassifisering, ettersom denne indeksen er interkalibrert mellom flest land.

Tabell 9. Oversikt over klassegrenser for de ulike indeksene som benyttes for klassifisering på bakgrunn av kvalitetselementet makrofauna (Veileder 01:2009).

Parameter	Økologisk tilstandsklasse basert på bunnfauna (bløtbunn)				
	Svært dårlig	Dårlig	Moderat	God	Svært god
NQI1	<0,31	0,31-0,49	0,49-0,63	0,63-0,72	0,72-1
NQI2	<0,20	0,20-0,38	0,38-0,54	0,54-0,65	0,65-1
H'	<0,9	0,9-1,9	1,9-3,0	3,0-3,8	3,8-6
ES_{100}	<5	5-10	10-17	17-25	25-50
ISI	<4,2	4,2-6,1	6,1-7,5	7,5-8,4	8,4-12

Analyser og beregninger av sedimentkarakteristikk

Sedimentet ble analysert for finstoff (dvs. vektprosent partikler med kornstørrelse $<63\mu\text{m}$) og organisk karbon (TOC) og nitrogen. Bestemmelse av prosentandel $<63\mu\text{m}$ er gjort ved våtsikting. Analyser av TOC og TN er gjort med en CHN-analysator etter at karbonater er fjernet i syredamp.

Klassifisering av tilstand basert på sediment inngår ikke som klassifiseringssystem i Veileder 01:2009. For likevel å få en pekepinn om graden av organisk belastning, benyttes SF_T's veileder 97:03. Denne klassifiseringen er basert på finkornet sediment (silt og leire). For klassifiseringen av TOC standardiseres prøven derfor for teoretisk 100 % finstoff etter formelen:

$$\text{Normalisert TOC} = \text{målt TOC} + 18(1-F)$$

hvor F er lik andelen finstoff (partikkelstørrelse $<63\mu\text{m}$). Klassegrensene er gitt i **Tabell 10**.

Tabell 10. Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment. Karbonverdiene skal korrigeres for innhold av finstoff forut for klassifiseringen. Fra SFT 97:03

Parameter	Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment (SFT 97)				
	Svært dårlig	Dårlig	Mindre god (moderat)	God	Svært god
Organisk karbon (mg/g)	>41	34-41	27-34	20-27	<20

4.2 Resultater

4.2.1 Bløtbunnsfauna

Indeksenes middelverdi til bløtbunnsfaunaen på de to stasjonene er gitt i **Tabell 11**. Komplette artslistene er gitt i 7.Vedlegg A. Her er også indeksverdiene pr. grabb vist.

Tabell 11. Faunaparametere for bløtbunnsstasjonene i Strømsvika, 2013. Fargene angir økologisk tilstandsklasse etter systemet til Vanddirektivet, hvor blå angir «meget god tilstand». På St. 2 er snittet beregnet ut fra to grabbprøver ettersom den tredje prøven ikke kunne prøvetas.

	S	N	NQI1	NQI2	H'	ES ₁₀₀	ISI
St. 1	52	268	0,74	0,72	4,69	32,63	8,79
St. 2	63	270	0,79	0,76	4,90	39,55	9,23

På begge stasjonene viste samtlige indekser «meget god tilstand», inkl. NQI1 som det skal legges mest vekt på i den endelige klassifiseringen. Det biologiske mangfoldet er altså høyt, og faunaen viser ingen indikasjoner på forstyrrelse som følge av utslippet.

Den høye biodiversiteten har også sammenheng med at sedimentet var forholdsvis grovt. Slike sedimenter er ofte heterogene og gir opphav til mange nisjer og påfølgende høyt artsantall. Klassifiseringen stemmer godt overens med artslisten, som viser at det er innslag av arter fra flere taksonomiske grupper; børstemark, muslinger, krepsdyr og pigghuder. Det fremkommer også at det er innslag av arter som er forholdsvis følsomme, som for eksempel børstemark i familien bambusmark (Maldanidae). Disse står på hodet dypt nede i bunnmudderet (opptil 10-20 cm ned) og legger igjen avføring på bunnoverflaten der bakterier og andre dyregrupper ernærer seg på avfallet. Denne aktiviteten fører til en omrøring av sedimentene som er svært viktig for å holde bunnmiljøet friskt. På begge stasjonene ble det også funnet sjømus. Også sjømus er sentral for å opprettholde et friskt bunnmiljø. Den lever like under sedimentoverflaten og graver seg fremover. Slik bidrar den til omrøring og ventilering av dypere sedimentlag. Sist nevnes at det er innslag av slangestjerner. De lever av å filtrere vannet, og finnes typisk på relativt strømrrike lokaliteter, slik som her. Heller ikke disse trives under stor grad av forstyrrelse.

4.2.2 Sediment

Sedimentenes kornstørrelse (prosentandel <63 µm), innhold av organisk karbon (TOC) og normalisert organisk karbon er gitt i **Tabell 12**.

Innholdet av normalisert organisk karbon var høyt på begge stasjoner. På stasjon 1 nærmest utslippet indikerte mengden «meget dårlig tilstand» og på stasjon 2 «dårlig tilstand». Her påpekes det at det er normalt med høye verdier av organisk karbon i kystnære sedimenter på Sørlandet pga. naturlige tilførsler fra land. Klassifiseringen er derfor muligens ikke helt tilpasset dette området. I nærliggende områder er det også tidligere registrert store mengder organisk karbon i sedimentene (NIVA, 2012). Slike høye verdier

anses altså å være normalt for dette området, og antas ikke å ha sammenheng med sigevannsutslippet eller andre evt. forurensningskilder. Denne konklusjonen støttes av at mengden nitrogen i sedimentet var forholdsvis lav, og på nivå med det som ble registrert i nærliggende områder i 2011. Sist påpekes det at bløtbunnsfaunaen viste svært god tilstand, hvilket betyr at nivået av organisk karbon ikke har noen påvisbare negative effekter.

C/N-forholdet (forholdstallet mellom karbon og nitrogen) kan brukes for å få informasjon om opphavet til det organiske materiale, fordi ulike typer materiale har ulikt innhold av nitrogen. Her var C/N-forholdet 7,1 på den innerste stasjonen og 5,6 på den ytterste stasjonen, se **Tabell 12**. Disse verdiene regnes som lave, og indikerer at det organiske materialet har opphav i detritus fra planteplankton. Høyere verdier kan derimot bety detritus fra bentiske makroalger (C/N-forhold 10-60) eller terrestrisk plantemateriale (>100). Forholdstallet tilsvarer observasjonene fra nærliggende områder i 2011, og indikerer igjen at sigevannsutslippet ikke medfører målbare endringer av sedimentet.

Tabell 12. Sedimentets kornfordeling, innhold av tørrstoff, nitrogen, karbon organisk innhold i sedimentene. Klassifisering av tilstand er basert på SFT's veileder 97:03. Kornstørrelse og TTS er tatt fra 0-5 cm av sedimentet, mens TN og TOC er tatt fra 0-1 cm.

	Korn % <63 µm	TTS %	TN µg/mg	TOC µg/mg	Norm. TOC	C/N
St. 1	50.4	33	5,5	38,9	47,8	7,1
St. 2	51.5	36	5,2	29,2	37,9	5,6

4.3 Vurderinger

Den økologiske tilstanden på bløtbunn var svært god, med høy biodiversitet og innslag av følsomme arter. Det er derfor ingen indikasjoner på at sigevannsutslippet har målbare effekter på bløtbunnsamfunnene.

5. Alger og dyr i fjæra (strandsonen)

Undersøkelser av fastsittende alger og dyr i fjæra blir ofte brukt til å karakterisere miljøtilstanden på grunt vann. Fjell og større stabile stein i fjæresonen har vanligvis et stort utvalg av tang, småvokste alger og fastsittende dyr. Utvalg og mengde av disse artene vil variere lokalt, regionalt og sesongmessig. Naturlige faktorer som påvirker artssammensetningen lokalt er bølge-/strømforhold, ferskvannspåvirkning, substrattypen (glatt fjell / oppsprukket fjell / stein / sand) og himmelretning. I tillegg varierer artsutvalg og mengde med miljøforholdene på stedet.

Ved utslipp av f.eks. avløpsvann tilføres ulike næringssalter som brukes av bl.a. fastsittende alger til vekst og produksjon. En endring i næringssaltkonsentrasjonen vil derfor endre vekstbetingelsene for algene. En svak overkonsentrasjon av næringssalter kan virke gunstig på algesamfunnet og medføre at artsrikheten øker (gjødningseffekt). Høyere overkonsentrasjoner av næringssalter vil imidlertid gi redusert artsantall, artsutvalget endres og man får dominans av noen få arter. Ofte vil det være små hurtigvoksende grønnalger og enkelte trådformete brunalger ("sly") som øker i mengde og dominans. De flerårige tangartene blir lett overgrodd av de hurtigvoksende algene, og dette kan resultere i at tangen etterhvert forsvinner. En endring av algesammensetningen vil også påvirke den assosierte fauna siden mange av dyreartene i fjæra er avhengige av et godt utviklet tangbelte.

Makroalger i fjæresonen og nedre voksegrenser for alger inngår som kvalitetselement i Vanndirektivet. For Skagerrak er det kun utviklet klassegrenser for nedre voksegrense.

Strandsonundersøkelse er tidligere utført i Tregde-området i 1999 og 2011, og det foreligger flere tilsvarende undersøkelser som resultatene kan sammenlignes med.

5.1 Metodikk

Prøvetaking

Feltinnsamlingen ble gjennomført 8. august 2011 under gode registreringsforhold.

Organismesamfunnet i strandsonen (0-1 meters dyp) ble undersøkt ved å registrere alle makroskopiske alger og dyr (som er synlige med det blotte øye) i et ca. 8 meter langt belte langs stranden. Metoden innebærer registrering ved fridykking og er den samme metoden som er blitt brukt i tidligere undersøkelser i kommunen. Registreringen er kvalitativ og dels kvantitativ ved at artenes forekomst ble angitt etter en 4-delt skala basert på dekningsgrad: e = enkeltfunn, s = spredt, v = vanlig og d = dominerende (**Tabell 13**). Flora og fauna ble bestemt til art eller så nær art som mulig. Arter som ikke lot seg identifisere i felt, ble samlet inn for senere identifisering. Løstliggende/drivende alger og døde dyr ble utelatt.

Valgt undersøkelsesmetodikk er i henhold til ISO Standard: «Vannundersøkelse - Veiledning for marinbiologisk undersøkelse av litoral og sublitoral hardbunn» (ISO/FDIS 19493:2007).

Tabell 13. Skala for estimering av dekningsgrad.

Mengde	Tallkode	Dekningsgrad i %	Antall individer per m ²
Dominerende	4	> 80	> 125
Vanlig	3	20-80	20-125
Spredt	2	5-20	5-20
Enkeltfunn	1	< 5	< 5
Ikke tilstede	0	ikke tilstede	ikke tilstede

Stasjoner

Fire stasjoner ble undersøkt (**Tabell 14**). Tre stasjoner ligger nær utslippet mens en stasjon ble plassert utenfor nærområdet til utslippspunktet. **Figur 2** viser stasjonsplasseringen.

Tabell 14. Stasjoner for registrering av alger og dyr i strandsonen.

Stasjon	Koordinater WGS84 Geogr. Lat/Lon (DMM)	Beskrivelse
MA1	58°1.0544N, 7°30.1764E	Strømsviga Ø. Nord for utslippsstedet. Bratt skrånende fjell.
MA2	58°1.0794N, 7°29.931E	Strømsviga V. Sørlig vendt stasjon på liten odde. Bratt skrånede fjell.
MA3	58°0.9276N, 7°30.0762E	Strømsviga Ø. Sør for utslippsstedet. Bratt skrånende fjell i strandsonen.
MA4-ref	58°0.237N, 7°30.1908E	Referansestasjon. Sørøstlig vendt stasjon på østlige delen av Havneholman S.



Figur 2. Stasjonsplassering av strandsonestasjonene (utslippet er markert med en pil).

Tallbehandling

De semi-kvantitative undersøkelsene danner basis for å beregne parametere som karakteriserer organismesamfunnet. Enkelte artsgrupper er slått sammen ved tallbehandling (*Polysiphonia*, *Ceramium*, *Cladophora* etc). Dette fordi mengdeanslagene av alger som ikke identifiseres til art i felt, blir usikre.

Vurdering av miljøtilstand/kvalitet bygger på vurderinger av:

- artsrikhet
- artssammensetning
- fordeling mellom algegrupper, bla arter med ulik livsstrategi (langlivede og seintvoksende arter mot hurtigvoksende/ ettårige /opportunistiske arter) og vokseform (bladformet, trådformet, skorpeformet, læraktig etc).

Det er utviklet en «fjæreindeks» (RSLA; Reduced Species List with Abundance) for å brukes til tilstandsklassifisering i Vanndirektivet. Den er basert på artsutvalg fra Nord-Vestlandet og kan ikke benyttes direkte for andre økoregioner hvor det er et noe annet artsutvalg. Det er likevel foretatt en beregning av denne indeksen ettersom dette er det nærmeste klassifiseringsverktøyet man har for fjæra. Den endelige vurderingen av tilstand er justert i forhold til en total vurdering av stasjonene og bygger på faglig skjønn.

Fjæreindeksen: Basert på den fysiske beskrivelsen av fjæra, justeres forventet artsantall i henhold til fjæras karakteristika. Indeksen er et forholdstall mellom en referanse og den aktuelle verdien (EQR – Ecological Quality Ratio). Indeksen varierer på en skala fra 0 (Svært dårlig) til 1 (Svært god) og er delt inn i 5 kategorier (**Tabell 15**). En må oppnå en EQR-verdi på over 0,6, dvs en verdi som tilsvarer god eller svært god økologisk tilstand, for å tilfredsstille kravene i Vannforskriften.

Tabell 15. Oversikt over klassegrenser for den multimetriske fjæreindeksen (RSLA).

EQR	0,8-1,0	0,6 – 0,8	0,4 – 0,6	0,2 – 0,4	0 – 0,2
Kvalitetsklasser →	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Elementer					
Artsrikhet	35 – 68	25 – 35	17 – 25	5 – 17	0 – 5
% Andel Grønnalger	0 – 12	12 – 20	20 – 30	30 – 80	80 – 100
% Andel Rødalger	55 – 100	45 – 55	35 – 45	15 – 35	0 – 15
ESG1/ESG2	1,0 – 1,2	0,8 – 1,0	0,7 – 0,8	0,2 – 0,7	0 – 0,2
% Andel Opportunister	0-10	10-15	15 – 25	25 – 50	50 – 100

5.2 Resultater

På alle fire stasjoner var det velutviklet tareskog og tett tangvegetasjon i fjæresonen. Under tang-/taredekket vokste det mange småvokste arter og store forekomster av forkalkede, skorpeformete rødalger. Det var lite trådformete brun- og grønnalger og stasjonene gav inntrykk av friske forhold uten eutrofieringsproblemer.

Tabell 16 viser de vanligste artene som ble funnet på stasjonene i Strømsvika. Enkelte artskomplekser er slått sammen (f.eks. *Cladophora* spp. *Enteromorpha* spp. *Polysiphonia* spp, *Ceramium* spp. *Corallinaceae* spp.). Vedlegg A viser fullstendig liste over alle registreringene.

Figur 3 - Figur 6 viser bilder fra de fire stasjonene.

Til sammen ble det registrert 55 arter, hvorav 43 algearter og 11 faunaarter. Antallet algearter på de enkelte stasjonene varierte fra 15 til 34 arter (**Figur 7**). Det var kun de vanligste fjæredyrene som ble registrert og artsantallet for fjæredyr gir derfor ikke et fullstendig bilde av faunarikheten i området. Stasjon 4 (referansestasjonen) hadde høyest antall alger og dyr mens det som forventet var noe lavere artstall på stasjonene inne i Strømsvika.

Fordeelingen mellom de tre algegruppene rødalger, brunalger og brunalger var svært lik på de fire stasjonene og skiller seg ikke ut fra stasjonene ved f.eks. Tregde eller ytre del av Kristiansandsfjorden (**Figur 8**). Andelen skorpeformete og læraktige arter var stor (**Figur 9**) og det var en overvekt av flerårige, stabile arter (**Figur 10**). Dette tyder på gode, stabile vekstforhold. Resultatene viser at tilstanden i fjæresamfunnet er god og at området er preget av normale tilstander uten tegn til påvirkning av utslipp.

Vurdering av resultatene etter fjæreindeksen for Nord-Vestlandet indikerer også god tilstand i fjæresamfunnet (**Tabell 17**). Dette til tross for at flere av artene som indeksen bygger på ikke vokser i Skagerrak og EQR-verdiene dermed blir kunstig lav.

Tabell 16. De vanligste artene som ble registrert i strandsonen 8. august 2013. Kun arter som er registrert som enten vanlig (v) eller dominerende (d) på minst én stasjon er inkludert.

Vanligste arter		Strømsvika NØ	Strømsvika V	Strømsvika SØ	Havneholman S
		MA1	MA2	MA3	MA4
Rødalger					
Rødlo	<i>Trillicella intricata</i>		s-v		v
Vanlig rekeklo	<i>Ceramium rubrum (nodulosum)</i>	v		s	s-v
Krasing	<i>Corallina officinalis</i>				s-v
Rugl	<i>Corallinaceae skorpeformet</i>	d	d	d	d
Fjæreblood	<i>Hildenbrandia rubra</i>	d		v	
Søl	<i>Palmaria palmata</i>			s	v
Krusblekke	<i>Phyllophora pseudoceranoides</i>	v			s-v
- dokke	<i>Polysiphonia sp.</i>	v-d	s	s	s
Brunalger					
Grisetang	<i>Ascophyllum nodosum</i>	d		s	s
Strandtagl	<i>Chordaria flagelliformis</i>		v		s
Sagtang	<i>Fucus serratus</i>	d	d	d	v
Blæretang	<i>Fucus vesiculosus</i>	s	v		e
Fingertare	<i>Laminaria digitata</i>	d	d	d	d
Grønnalger og andre grupper					
Vanlig grøndusk	<i>Cladophora rupestris</i>	s	v	v	s
Marebek	<i>Calothrix/Verrucaria</i>	v	s-v		s-v
Fjæredyr					
Rur	<i>Balanus sp.</i>	s	v	s	s
Brødsvamp	<i>Halichondria panicea</i>	s-v	v	v	s
Mosdyr	<i>Membranipora membranacea</i>	v	v	v-d	s
Albuesnegl	<i>Patella vulgata</i>		s-v		s
Posthornmark	<i>Spirorbis sp.</i>	s		s	v



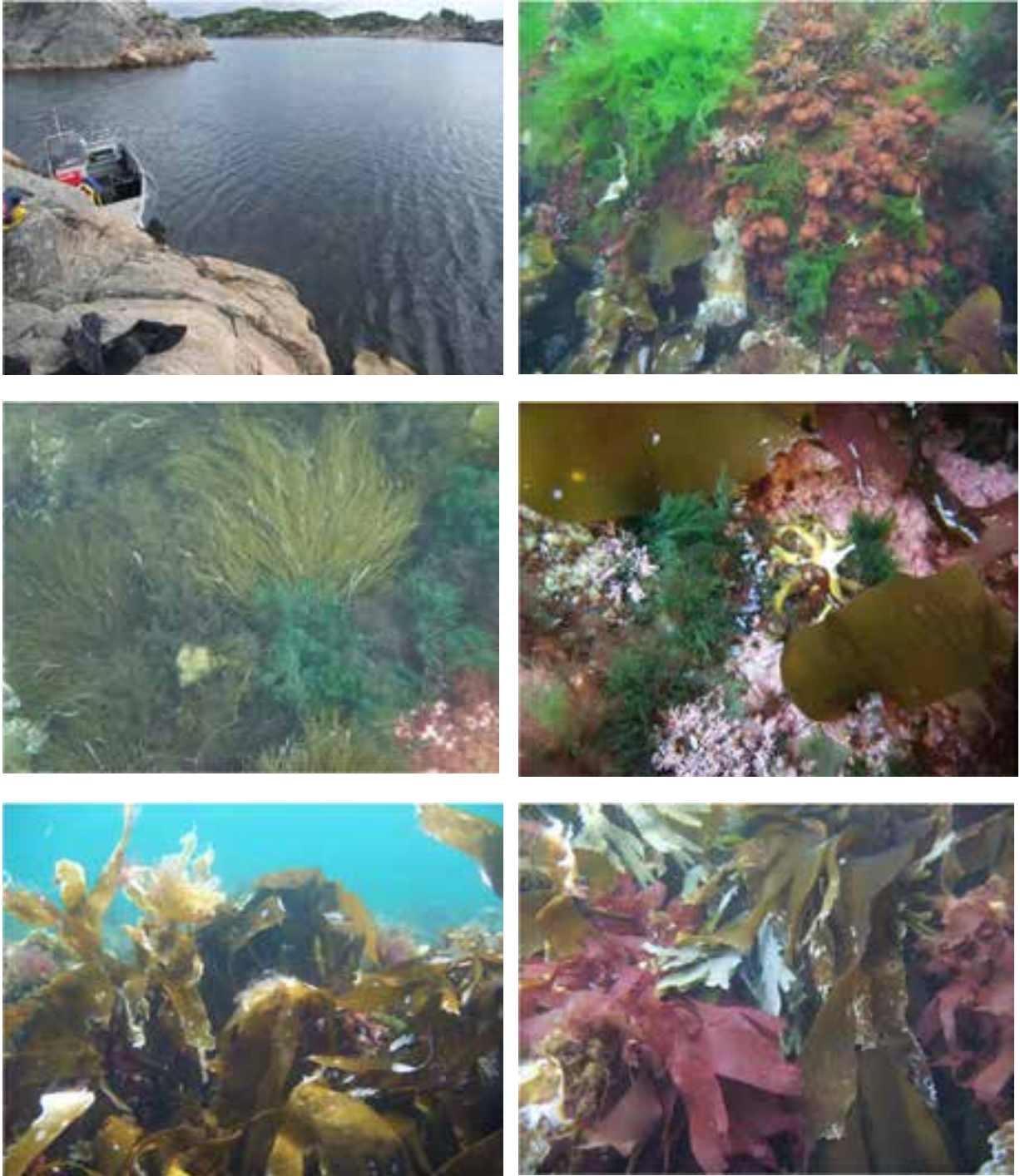
Figur 3. Stasjon MA1 Strømsvika. Bilder av undervannsvegetasjonen nord-øst for utslippspunktet i Strømsvika. Øvre del av strandsonen hadde tette dekker av tang, mens tare vokste i belter under tangen. Tarebladene hadde mye påvekst av mosdyr. Foto: TON/NIVA



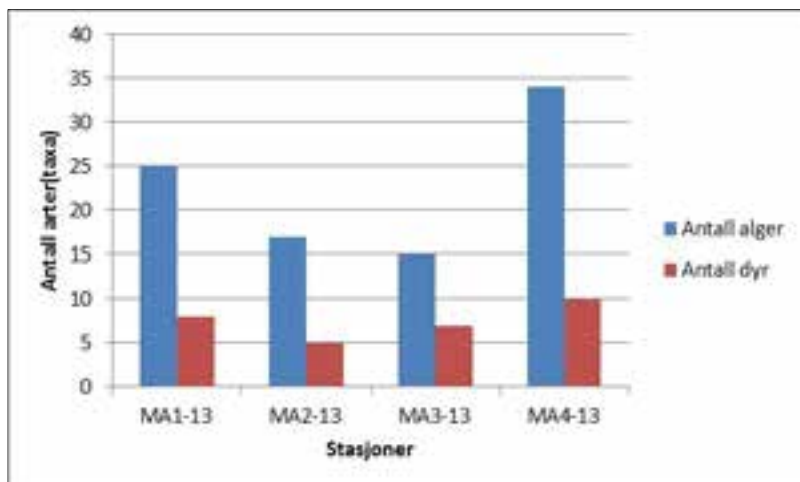
Figur 4. Stasjon MA2. Bilder av undervannsvegetasjonen på vestsiden av Strømsvika. Stasjonen hadde bratt skrånende fjell med tette tang- og tareforekomster sterkt bevokst av mosdyr. Foto: TON/NIVA



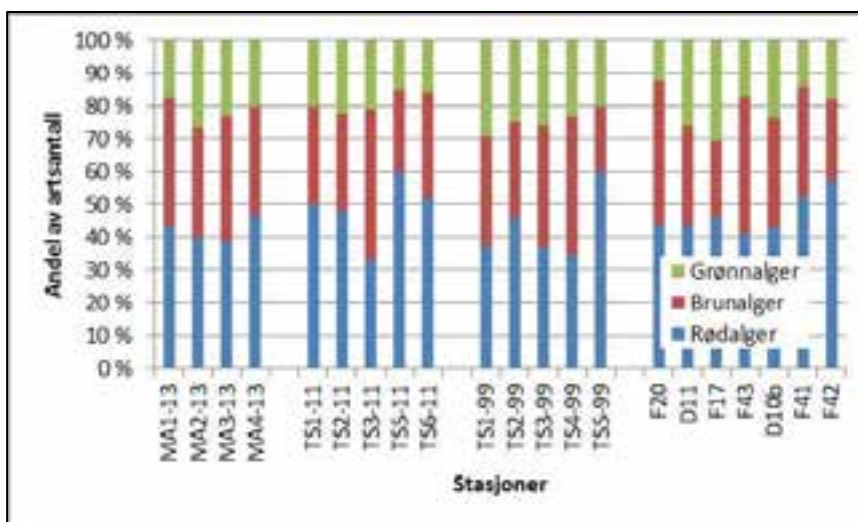
Figur 5. Stasjon MA3, sørøst for utslippspunktet i Strømsvika Foto: TON/NIVA.



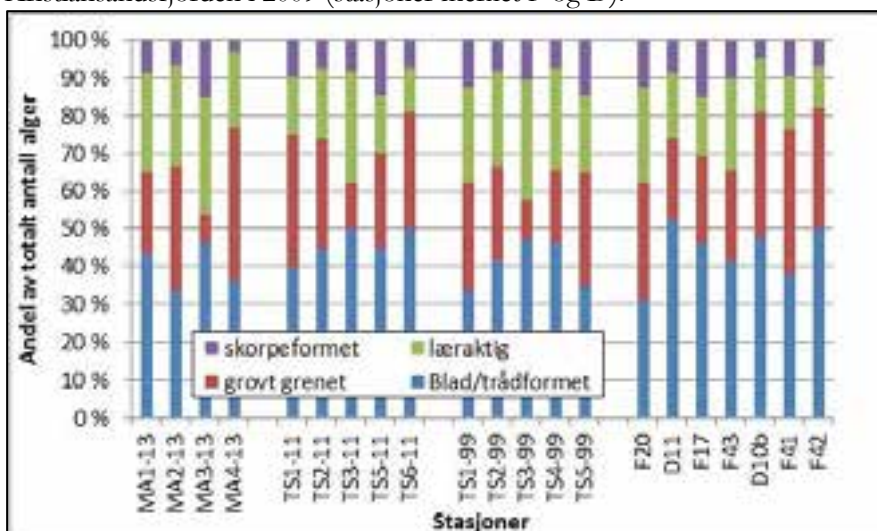
Figur 6. Stasjon MA4 (referanse) på den sørlige Havneholman. Stasjonen var preget av friske forhold og god vanngjennomstrømming med fin tarevegetasjon og svært mange småvokste arter innimellom tang og taren. Foto: TON/NIVA



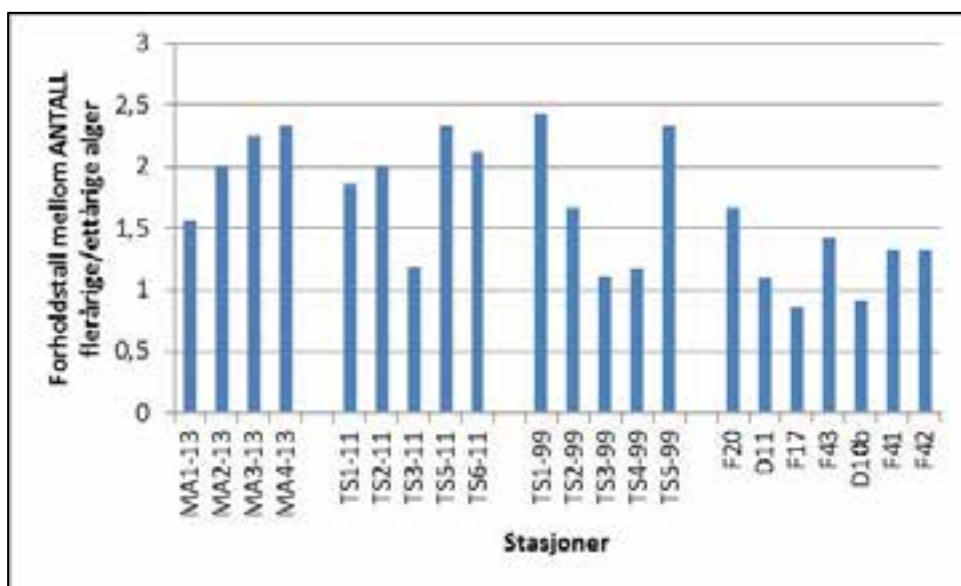
Figur 7. Antall arter på stasjonene



Figur 8. Fordeling av arter mellom de tre algegruppene rødalger, brunalger og grønnalger i Strømsvika (stasjoner merket MA), ved Tregde i 2011 og 1999 (stasjoner merket TS) og ytre del av Kristiansandsfjorden i 2009 (stasjoner merket F og D).



Figur 9. Fordeling av algearter mellom ulike vokseformer i Strømsvika (stasjoner merket MA), ved Tregde i 2011 og 1999 (stasjoner merket TS) og ytre del av Kristiansandsfjorden i 2009 (stasjoner merket F og D).



Figur 10. Forholdstall mellom antall flerårige arter og ettårige arter. Stasjonene i foreliggende prosjekt er merket MA, stasjoner fra Tregde i 2011 og 1999 er merket TS og stasjoner fra ytre del av Kristiansandsfjorden er merket F og D.

Tabell 17. Vurdering av strandsamfunnet etter en indeks utviklet for Nord-Vestlandet.

Stasjon	Mandal - Strømsvika			
	MA1	MA2	MA3	MA4
Fjærepotensiale	1,29	1,29	1,29	1,29
EQR-verdi	0,77	0,69	0,72	0,75
Klassifisering Fjæreindeks	God	God	God	God

5.3 Vurderinger

Den økologiske tilstanden i strandsonen må karakteriseres som god, med høy andel av flerårige, stabile arter. Det er ingen indikasjoner på at sigevannsutslippet har målbare effekter på strandsamfunnet.

6. Samlet vurdering og behov for fremtidig overvåking

Undersøkelsen viste generelt tilfredsstillende forhold i resipienten. Den økologiske tilstanden på hardbunn og bløtbunn var god. Prøvetakingen av vannmasser var svært begrenset, men ga ikke indikasjoner på at sigevannet medførte forhøyede næringsstoffs-konsentrasjoner eller redusert oksygeninnhold.

Nivået av miljøgifter i sedimentene var i hovedsak i klasse I («bakgrunn») og II («moderat forurensning»), hvilket ikke gir grunnlag for noen ytterligere risikovurdering. Derimot var nivået av noen organiske miljøgifter høyere (klasse III og IV). Disse stoffene samsvarte imidlertid ikke med hvilke stoffer som faktisk er registrert i sigevannet. Således er det ikke holdepunkter for å anta at disse forhøyede konsentrasjonene skyldes sigevannet. Også TBT viste relativt høy konsentrasjon i sedimentet (klasse III), men heller ikke dette nivået antas å ha sitt opphav i sigevannet.

Innholdet av miljøgifter i biota var lavt, og alle verdiene var i klasse I og II. Dette funnet indikerer at det ikke finner sted noen vesentlig «ny» tilførsel av miljøgifter til resipientens overflate lag men at avløpsvannet innlagres tilfredsstillende uten gjennomslag til den produktive overflaten.

En av hensiktene med undersøkelsen var også å sette utslippet i sammenheng med andre utslippskilder i området. Det er mye sjørettet industri i nærområdet til Strømsvika. På Gismerøya like ved Kleven havn er det opparbeidet et betydelig industri- og havneområde. Det antas at denne industrien har vært en betydelig kilde til miljøgifter i sedimentene gjennom årenes løp. Videre vil organisk materiale og næringsstoffer fra Mandalselva, jordbruk og mindre utslipp fra hytter spres til området. Ettersom tilstanden i Strømsvika generelt var god, er det imidlertid ikke indikasjoner på påvirkning i resipienten, verken fra sigevannsutslippet eller fra øvrige kilder. Området er strømrikt, slik at organisk materiale og miljøgifter i stor grad spres. Således anses lokaliteten å være godt egnet som resipient for sigevannsutslippet.

Når det gjelder behov for fremtidig overvåking, bør den gode tilstanden og den ytterligere reduksjonen i utslippet legges til grunn. Pr. i dag er det ingen målbar risiko knyttet til utslippet, og dette forventes heller ikke i fremtiden. Det anbefales derfor først en ny resipientundersøkelse om fem år. Imidlertid bør det merkes at konsentrasjonen av bly i sigevannet økte med over 500 % fra 2010 til 2011, og at nivået av bly i sedimentet var i klasse II, i motsetning til de andre metallene som var i klasse I. Ved en ytterligere økning av bly i sigevannet, anbefales en oppfølgende prøvetaking i sedimentet i løpet av tre år.

7. Referanser

COWI 2012. Driftsoppfølging 2011 – Brennevinnsmyra Miljøpark. Dokument 004/2012.

ISO 16665:2005. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.

Klif-veileder 2011. Veileder for risikovurdering av forurenset sediment. TA-2802/2011. 110 s.

NIVA, 2010. Overvåking av sjøresipienten for avløp fra Åremma avfallsdeponi ved Rynes i Vefsnfjorden. NIVA-rapport 6093-2010. ISBN 978-82-577-5828-8. 57 s.

NIVA, 2012. Overvåking av Høyangsfjorden: Vannmasser, skjell og sedimenter i 2011, fisk og krabbe i 2012. NIVA rapport 6430-2012. ISBN 978-82-577-6165-3.

NIVA, 2013. Overvåking av miljøgifter i Kristiansandsfjorden i 2012. Undersøkelse av blåskjell, torsk, taskekrabbe, sedimenter og bløtbunnsfauna. NIVA-rapport 6540-2013. ISBN 978-82-577-6275-9. 353 s.

SFT-veileder 97:03. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. TA 1467/1997. ISBN 82-7655-367-2 36 s.

SFT-veileder 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA-2229/2007. ISBN 978-82-7655-537-0.

Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Direktorsgruppa for gjennomføringen av vanddirektivet. ISBN 978-82-7072-847-3. 180 s. www.vannportalen.no

Vedlegg A. Biologiske data

Vedleggstabell A1. Registrerte arter i strandsonen i Strømsvika 8. august 2013.

Gruppe	Artsnavn	Stasjonsnavn Stasjon	Stasjonsnavn			
			Strømsviga NØ	Strømsviga V	Strømsviga SØ	Havneholman S
			MA1	MA2	MA3	MA4
Rødalge	Ahnfeltia plicata		2	2		2
Rødalge	Bonnemaisonia hamifera: sporp.			2,5		3
Rødalge	Ceramium rubrum (nodulosum)		3		2	2,5
Rødalge	Chondrus crispus		2			2
Rødalge	Corallina officinalis					2,5
Rødalge	Corallinaceae skorpeformet		4	4	4	4
Rødalge	Cystoclonium purpureum		2	2		0,5
Rødalge	Delesseria sanguinea		2			
Rødalge	Furcellaria lumbricalis			1		1
Rødalge	Hildenbrandia rubra		4		3	
Rødalge	Mastocarpus stellata					2
Rødalge	Membranoptera alata					2
Rødalge	Palmaria palmata				2	3
Rødalge	Phyllophora pseudoceranoides		3			2,5
Rødalge	Plumaria elegans					0,5
Rødalge	Polyides rotundus		1			
Rødalge	Polysiphonia brodiaei			2		
Rødalge	Polysiphonia fucoides (=nigrescens)		0,5	0,5	2	2
Rødalge	Polysiphonia sp.		3,5	2	2	2
Rødalge	Polysiphonia stricta (=urceolata)					0,5
Rødalge	Polysiphonia fibrillosa (violacea)				0,5	
Brunalge	Ascophyllum nodosum		4		2	2
Brunalge	Chorda filum					2
Brunalge	Chordaria flagelliformis			3		2
Brunalge	Desmarestia aculeata					2
Brunalge	Ectocarpales indet		2			2
Brunalge	Ectocarpus fasciculatus		0,5			0,5
Brunalge	Elachista fucicola		2		2	
Brunalge	Fucus serratus		4	4	4	3
Brunalge	Fucus vesiculosus		2	3		1
Brunalge	Halidrys siliquosa			2		
Brunalge	Laminaria digitata		4	4	4	4
Brunalge	Laminaria saccharina		2		2	2
Brunalge	Sargassum muticum		1			
Brunalge	Sphacelaria cirrosa					2
Brunalge	Striaria attenuata		1			
Grønnalge	Chaetomorpha melagonium				2	2
Grønnalge	Cladophora rupestris		2	3	3	2
Grønnalge	Cladophora sp.		2	2	2	2
Grønnalge	Codium fragile			1		2
Grønnalge	Enteromorpha intestinalis					2
Grønnalge	Enteromorpha sp.		2			2
Grønnalge	Ulva lactuca		2	2		2

Vedleggstabell A1. forts.

Gruppe	Artsnavn	Stasjonsnavn Stasjon	Strømsviga NØ		Strømsviga V		Strømsviga SØ		Havneholman S
			MA1	MA2	MA3	MA4			
Fauna	Asterias rubens					2		2	
Fauna	Balanus sp.		2	3		2		2	
Fauna	Clava spp.		2					2	
Fauna	Dynamena pumila		2	2		2		2	
Fauna	Electra pilosa		2			2		2	
Fauna	Halichondria panicea		2,5	3		3		2	
Fauna	Littorina sp.		2						
Fauna	Membranipora membranacea		3	3		3,5		2	
Fauna	Patella vulgata			2,5				2	
Fauna	Patina pellucida							2	
Fauna	Spirorbis sp.		2			2		3	

Vedleggstabell A2. Liste over bløtbunnsfauna som ble identifisert i prøvene fra stasjon 1 (63 m dyp) i Strømsvika. G1, G2 og G3 er grabbnummer.

STASJON	GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	G1	G2	G3
MAN1	HYDROZOA		Hydroidolina indet	2	3	1
MAN1	ANTHOZOA		Anthozoa indet		2	
MAN1	ANTHOZOA	Cerianthidae	Cerianthus sp.	1		
MAN1	ANTHOZOA	Edwardsiidae	Edwardsia sp.		1	
MAN1	ANTHOZOA		Pennatula phosphorea		1	
MAN1	NEMERTEA		Nemertea indet	9	8	4
MAN1	POLYCHAETA	Amphinomidae	Paramphinome jeffreysii			2
MAN1	POLYCHAETA	Polynoidae	Gattyana amondseni		1	
MAN1	POLYCHAETA	Phyllococidae	Eteone sp.	1		
MAN1	POLYCHAETA	Phyllococidae	Phyllococidae indet	1		
MAN1	POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe baltica	1	3	2
MAN1	POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe pallida		1	
MAN1	POLYCHAETA	Pilargidae	Pilargis sp.			1
MAN1	POLYCHAETA	Syllidae	Exogone (Exogone) verugera		1	
MAN1	POLYCHAETA	Syllidae	Syllis sp.			1
MAN1	POLYCHAETA	Nereidae	Ceratocephale loveni	1	1	
MAN1	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys incisa	3	5	2
MAN1	POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera alba	3	4	1
MAN1	POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera unicornis		2	
MAN1	POLYCHAETA	Goniadidae	Goniada maculata	4	1	
MAN1	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Abyssoninoe hibernica	5	4	16
MAN1	POLYCHAETA	Dorvilleidae	Ougia subaequalis			1
MAN1	POLYCHAETA	Apistobrachidae	Apistobrachus tullbergi	5	6	6
MAN1	POLYCHAETA	Paraonidae	Levinsenia gracilis	6	7	11
MAN1	POLYCHAETA	Paraonidae	Paradoneis eliasoni			1
MAN1	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio fallax	20	6	25
MAN1	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio multibranchiata		1	
MAN1	POLYCHAETA	Spionidae	Pseudopolydora paucibranchiata	1		
MAN1	POLYCHAETA	Spionidae	Scolelepis korsuni	1	2	2
MAN1	POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroyeri	12	11	12
MAN1	POLYCHAETA	Cirratulidae	Cauleriella killariensis		1	
MAN1	POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone sp.	32	9	45
MAN1	POLYCHAETA	Flabelligeridae	Brada villosa	4		2
MAN1	POLYCHAETA	Flabelligeridae	Diplocirrus glaucus	2		1
MAN1	POLYCHAETA	Scalibregmidae	Polyphysia crassa	1	1	1
MAN1	POLYCHAETA	Scalibregmidae	Scalibregma inflatum			1
MAN1	POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis	12	17	23
MAN1	POLYCHAETA	Maldanidae	Maldanidae indet	1		
MAN1	POLYCHAETA	Maldanidae	Praxillella affinis	12	8	10
MAN1	POLYCHAETA	Maldanidae	Rhodine loveni			5
MAN1	POLYCHAETA	Oweniidae	Galathowenia oculata	2		2
MAN1	POLYCHAETA	Pectinariidae	Lagis koreni	1		
MAN1	POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharete sp.	1		
MAN1	POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharetidae indet	1		
MAN1	POLYCHAETA	Ampharetidae	Anobothrus gracilis			4
MAN1	POLYCHAETA	Ampharetidae	Mugga wahrbergi			3
MAN1	POLYCHAETA	Terebellidae	Amatea trilobata	2	2	
MAN1	POLYCHAETA	Terebellidae	Paramphitrite tetrabranchia			1
MAN1	POLYCHAETA	Terebellidae	Pista cristata		1	1
MAN1	POLYCHAETA	Terebellidae	Pista lornensis			2
MAN1	POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus plumosus	1	3	2
MAN1	POLYCHAETA	Terebellidae	Streblosoma bairdi	1		1
MAN1	POLYCHAETA	Terebellidae	Terebellinae indet			1

Vedleggstabell A2.forts.

STASJON	GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	G1	G2	G3
MAN1	POLYCHAETA	Trichobrachidae	Terebellides stroemii	8	1	
MAN1	POLYCHAETA	Trichobrachidae	Trichobrachus roseus			3
MAN1	OLIGOCHAETA		Oligochaeta indet			2
MAN1	PROSOBRANCHIA	Rissoidae	Hyalia vitrea	1	23	
MAN1	PROSOBRANCHIA	Naticidae	Euspira nitida	1		
MAN1	PROSOBRANCHIA	Eulimidae	Eulima sp.		1	
MAN1	OPISTOBRANCHIA	Retusidae	Retusa truncatula			2
MAN1	OPISTOBRANCHIA	Scaphandridae	Cylichna cylindracea		1	
MAN1	CAUDOFOVEATA		Caudofoveata indet	1	2	1
MAN1	BIVALVIA		Bivalvia indet		2	
MAN1	BIVALVIA	Nuculidae	Ennucula tenuis	40	21	22
MAN1	BIVALVIA	Nuculidae	Nucula sp.	2	5	2
MAN1	BIVALVIA	Limidae	Limatula gwyni			2
MAN1	BIVALVIA	Lucinidae	Myrtea spinifera			1
MAN1	BIVALVIA	Thyasiridae	Mendicula ferruginosa		1	1
MAN1	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira cf. flexuosa	2	2	
MAN1	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.	24	19	31
MAN1	BIVALVIA	Lasaeidae	Kurtiella bidentata	1	1	1
MAN1	BIVALVIA	Lasaeidae	Tellimyia tenella		3	1
MAN1	BIVALVIA	Cardiidae	Parvicardium minimum			2
MAN1	BIVALVIA	Scrobiculariidae	Abra nitida	14	17	14
MAN1	BIVALVIA	Corbulidae	Corbula gibba		2	3
MAN1	BIVALVIA	Cuspidariidae	Tropidomyia abbreviata	1		
MAN1	AMPHIPODA	Ampeliscidae	Ampelisca cf. tenuicornis		1	1
MAN1	AMPHIPODA	Melitidae	Eriopisa elongata			1
MAN1	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Bathymedon longimanus	1		
MAN1	EUPHAUSIACEA		Euphausiacea indet	1		
MAN1	DECAPODA		Braciur larve	1		
MAN1	DECAPODA		Galatea larve		1	
MAN1	DECAPODA	Crangonidae	Crangonidae indet	1	1	1
MAN1	DECAPODA	Paguridae	Pagurus pubescens	1		
MAN1	SIPUNCULIDA		Phascolion (Phascolion) strombus strombus		1	
MAN1	ASTEROIDEA		Asteroidea indet	1	1	
MAN1	OPHIUROIDEA		Ophiuroidea juvenil			5
MAN1	OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphiura chiajei	11	13	14
MAN1	OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphiura filiformis		1	
MAN1	ECHINOIDEA		Irregularia indet		3	
MAN1	ECHINOIDEA	Brissidae	Brissopsis lyrifera			1
MAN1	ECHINOIDEA	Loveniidae	Echinocardium cordatum	1		
MAN1	VARIA		Vermiformis	1		

Vedleggstabell A3. Liste over bløtbunnsfauna som ble identifisert i prøvene fra stasjon 2 (110-115 m dyp) i dypområdet utenfor Strømsvika. G1 og G2 er grabbnummer.

STASJON	GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	G1	G2
MAN2	HYDROZOA		Hydroidolina indet	1	1
MAN2	ANTHOZOA	Cerianthidae	Cerianthidae indet	1	
MAN2	NEMERTEA		Nemertea indet	10	4
MAN2	POLYCHAETA	Amphinomidae	Paramphinome jeffreysii	27	8
MAN2	POLYCHAETA	Polynoidae	Gattyana amondseni	3	
MAN2	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Chaetoparia nilssoni	1	
MAN2	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce sp.	3	1
MAN2	POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe baltica	9	2
MAN2	POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe pallida	1	
MAN2	POLYCHAETA	Pilargidae	Pilargis sp.	1	1
MAN2	POLYCHAETA	Syllidae	Exogone (Exogone) verugera	11	5
MAN2	POLYCHAETA	Syllidae	Exogone (Parexogone) cf. hebes	1	

Vedleggstabell A3 forts.

STASJON	GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	G1	G2
MAN2	POLYCHAETA	Syllidae	Syllis sp.	5	2
MAN2	POLYCHAETA	Nereidae	Ceratocephale loveni	3	3
MAN2	POLYCHAETA	Sphaerodoridae	Sphaerodorum gracilis		1
MAN2	POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera alba	6	
MAN2	POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera unicornis	1	
MAN2	POLYCHAETA	Goniadidae	Goniada maculata	3	1
MAN2	POLYCHAETA	Goniadidae	Goniadidae indet		1
MAN2	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Abyssoninoe hibernica	5	6
MAN2	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris cingulata	2	
MAN2	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris fragilis	2	
MAN2	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris sp.		1
MAN2	POLYCHAETA	Apistobranchidae	Apistobranchus tullbergi	1	
MAN2	POLYCHAETA	Paraonidae	Levinsenia gracilis	1	2
MAN2	POLYCHAETA	Paraonidae	Paradoneis lyra	2	1
MAN2	POLYCHAETA	Spionidae	Laonice cf. bahusiensis		1
MAN2	POLYCHAETA	Spionidae	Laonice sarsi	1	
MAN2	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera	1	
MAN2	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio dubia	2	
MAN2	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio sp.		1
MAN2	POLYCHAETA	Spionidae	Pseudopolydora paucibranchiata	1	1
MAN2	POLYCHAETA	Spionidae	Scolecopsis korsuni		1
MAN2	POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroyeri	63	36
MAN2	POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone sp.	14	2
MAN2	POLYCHAETA	Cirratulidae	Cirratulidae indet	2	1
MAN2	POLYCHAETA	Flabelligeridae	Diplocirrus glaucus	4	1
MAN2	POLYCHAETA	Scalibregmidae	Polyphysia crassa		1
MAN2	POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis	11	18
MAN2	POLYCHAETA	Capitellidae	Notomastus latericeus	15	2
MAN2	POLYCHAETA	Maldanidae	Euclymene droebachiensis	6	
MAN2	POLYCHAETA	Maldanidae	Maldane sarsi	6	
MAN2	POLYCHAETA	Maldanidae	Praxillella affinis	3	1
MAN2	POLYCHAETA	Maldanidae	Rhodine gracilior	1	1
MAN2	POLYCHAETA	Maldanidae	Rhodine loveni	1	
MAN2	POLYCHAETA	Oweniidae	Galathowenia oculata		1
MAN2	POLYCHAETA	Pectinariidae	Pectinaria (Amphictene) auricoma	3	
MAN2	POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharete sp.		3
MAN2	POLYCHAETA	Ampharetidae	Anobothrus gracilis	8	1
MAN2	POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna cristata	6	2
MAN2	POLYCHAETA	Ampharetidae	Mugga wahrbergi	8	7
MAN2	POLYCHAETA	Ampharetidae	Pterolysippe vanelli	7	2
MAN2	POLYCHAETA	Ampharetidae	Sabellides octocirrata	2	
MAN2	POLYCHAETA	Ampharetidae	Samytha sexcirrata	1	
MAN2	POLYCHAETA	Ampharetidae	Sosanopsis wireni		1
MAN2	POLYCHAETA	Terebellidae	Amaeana trilobata	3	1
MAN2	POLYCHAETA	Terebellidae	Paramphitrite tetrabanchia	1	
MAN2	POLYCHAETA	Terebellidae	Pista cristata	10	
MAN2	POLYCHAETA	Terebellidae	Pista lornensis	6	6
MAN2	POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus norvegicus	2	
MAN2	POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus sp.		1
MAN2	POLYCHAETA	Terebellidae	Streblosoma bairdi	2	
MAN2	POLYCHAETA	Trichobranchidae	Terebellides stroemii	1	1
MAN2	POLYCHAETA	Trichobranchidae	Trichobranchus roseus	4	1
MAN2	POLYCHAETA	Sabellidae	Chone sp.	1	
MAN2	POLYCHAETA	Sabellidae	Jasmineira caudata		1
MAN2	PROSOBRANCHIA		Gastropoda indet	1	
MAN2	PROSOBRANCHIA	Rissoidae	Hyala vitrea	2	2
MAN2	OPISTOBRANCHIA	Scaphandridae	Cylichna sp.		1

Vedleggstabell A3 forts.

STASJON	GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	G1	G2
MAN2	BIVALVIA		Bivalvia indet	1	1
MAN2	BIVALVIA	Nuculidae	Ennucula tenuis	28	6
MAN2	BIVALVIA	Nuculidae	Nucula sp.	8	5
MAN2	BIVALVIA	Nuculanidae	Nuculana cf. minuta	2	
MAN2	BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella sp.	14	5
MAN2	BIVALVIA	Limidae	Limatula gwyni	1	
MAN2	BIVALVIA	Pectinidae	Delectopecten vitreus		1
MAN2	BIVALVIA	Lucinidae	Myrtea spinifera	1	
MAN2	BIVALVIA	Thyasiridae	Mendicula ferruginosa	3	2
MAN2	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.	50	26
MAN2	BIVALVIA	Lasacidae	Kurtiella bidentata	13	5
MAN2	BIVALVIA	Scrobiculariidae	Abra nitida	3	1
MAN2	BIVALVIA	Thraciidae	Thracia convexa		1
MAN2	BIVALVIA	Cuspidariidae	Tropidomya abbreviata	1	
MAN2	CRUSTACEA		Lophogastrida indet	1	
MAN2	CUMACEA	Leuconidae	Eudorella emarginata	1	
MAN2	CUMACEA	Diastylidae	Diastylodes biplicatus	1	1
MAN2	TANAIDACEA	Parathanidae	Tanaidacea indet	2	
MAN2	ISOPODA	Gnathidae	Gnathia maxillaris		1
MAN2	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Arrhis phyllonx	2	
MAN2	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Bathymedon longimanus	2	1
MAN2	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Oedicerotidae indet		1
MAN2	EUPHAUSIACEA		Euphausiacea indet	1	
MAN2	DECAPODA		Galatea larve		1
MAN2	SIPUNCULIDA		Golfingiida indet	1	
MAN2	SIPUNCULIDA		Phascolion (Phascolion) strombus strombus	1	3
MAN2	ASTEROIDEA		Asteroidea indet	1	
MAN2	OPHIUROIDEA		Ophiuroidea juvenil	1	4
MAN2	OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphipholis squamata	3	1
MAN2	OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphiura chiajei	2	1
MAN2	OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura sp.	1	
MAN2	ECHINOIDEA		Irregularia indet	2	
MAN2	ECHINOIDEA	Brissidae	Brissopsis lyrifera		1

Vedleggstabell A4. Indeksverdier pr. grabb

STAS	KVA	AREA	S	IND	NQ11	NQ12	H	ES100	ISI
MAN1	G1	0,1	51	263	0,736	0,699	4,546	30,923	8,310
MAN1	G2	0,1	52	236	0,771	0,756	4,881	35,265	9,031
MAN1	G3	0,1	54	304	0,724	0,693	4,633	31,688	9,030
MAN2	G1	0,1	83	446	0,805	0,793	5,231	41,099	9,976
MAN2	G2*	0,025	43	94,75	0,783	0,727	4,569	38,000	8,480

*Finfraksjonen til grabb 2 fra stasjon MAN2 ble subsamplet pga. stort prøvevolum (1/4 ble opparbeidet). Dataene er korrigert slik at hele prøven tilsvarer 1/4 sortert (areal 0,025 m2).. Individuttall fra grov fraksjon ble derfor delt på fire til beregning av indekser.

Vedlegg B. Analyseresultater

Prosjektnr : O 13128 MAREN
 SEDIMENTPRØVER
 Prøvetakingsdato: 08.08.2013

Tørrstoff, kornfordeling, organisk unnhold

Analysevariabel	TTS/%	KORN<63µm	TN/F	TOC/F
Enhet ==>	%	% (w/w)	µg N/mg TS	µg C/mg TS
Stasjon Sedimentdyp				
St. 1 0-5 cm	33	50.4	5.5	38.9
St. 2 0-5 cm	36	51.5	5.2	29.2

Metaller Metode: NS EN ISO 17294-2 og NS EN ISO 11885

Analysevariabel	As-Sm	Cd-Sm	Cr-Sm	Cu-Sm	Fe-Sm	Mn-Sm	Ni-Sm	Pb-Sm	Zn-Sm
Enhet ==>	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Stasjon Sedimentdyp									
St. 1 0-5 cm	7.3	0.086	22	15	13000	140	17	36	77
St. 2 0-5 cm	8.4	0.076	23	15	15000	170	17	36	83

TBT, sumPAH, sumPCB

Analysevariabel	TBT-Sm	Sum PAH1	Sum KPAH	BAP-Sm	SUM PCB ₇
Enhet ==>	µg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Stasjon Sedimentdyp					
St. 1 0-5 cm	8.0	<1.297	<0.74	0.11	<0.00394
St. 2 0-5 cm	7.3	<1.845	0.953	0.15	<0.00404

PCB - enkeltforbindelser Metode: ISO/DIS 16703-Mod

Analysevariabel	CB28-Sm	CB52-Sm	CB101-Sm	CB118-Sm	CB153-Sm	CB138-Sm	CB180-Sm	SUM PCB	SUM PCB ₇
Enhet ==>	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Stasjon Sedimentdyp									
St. 1 0-5 cm	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.00077	0.00067	<0.0005	<0.00394	<0.00394
St. 2 0-5 cm	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.00073	0.00081	<0.0005	<0.00404	<0.00404

PAH - enkeltforbindelser Metode: ISO/DIS 16703-Mod

Analysevariabel	NAP-Sm	ACNLE-Sm	ACNE-Sm	FLE-Sm	PA-Sm	ANT-Sm	FLU-Sm	PYR-Sm	BAA-Sm
Enhet ==>	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Stasjon Sedimentdyp									
St. 1 0-5 cm	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.064	0.013	0.15	0.13	0.071
St. 2 0-5 cm	0.015	<0.01	<0.01	0.017	0.14	0.035	0.28	0.23	0.12

Analysevariabel	CHR-Sm	BBJF-Sm	BBJF-Sm	BKF-Sm	BAP-Sm	ICDP-Sm	DBA3A-Sm	BGHIP-Sm
Enhet ==>	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Stasjon Sedimentdyp								
St. 1 0-5 cm	0.088		0.16	0.16	0.11	0.12	0.021	0.17
St. 2 0-5 cm	0.12	0.20		0.19	0.15	0.13	0.028	0.17

Prosjektnr : **O 13128 MAREN**
 VANNPRØVER
 Prøvetakingsdato: 04.06.2013

Stasjon	Dyp	Tot-P/L-Sj	PO4-P-Sj	Tot-N/LNO3+NO2-N		KLA/S
		µg P/l	µg P/l	µg N/l	µg N/l	µg/l
St 1	1 m	10	4	285	5	1.2
St. 1	10 m	14	5	210	5	1.3
St. 2	1 m	9	4	235	1	1.0
St. 2	10 m	14	5	215	2	

		O2-Sj
		ml O2/l
St. 1	61 m	5.85
St. 2	104 m	5.84

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no