



RF – Rogalandsforskning. <http://www.rf.no>

Forfattere: Øyvind F. Tvedten¹ & Jon Kongsrud²

Undersøkelse i sjøen utenfor NorStone sitt steinknuseverk i Frafjord

Rapport RF – 2002/165

¹ Rogalandsforskning. ² Universitetet i Bergen, Zoologisk avdeling.

Prosjektnummer: 7151639
Prosjektets tittel: Resipientundersøkelse ved NorStone Frafjord
Kvalitetssikrer: Åge Molversmyr

Oppdragsgiver(e): NorStone Tau

ISBN: 82-490-0196-6

Forord

Undersøkelsen er gjennomført på oppdrag fra NorStone i forbindelse med utslipptillatelse fra deres steinknuserverk i Frafjord.

Knut Petter Netland har vært kontaktperson hos NorStone og de ansatte i Frafjord takkes for hjelp under feltarbeidet. Per Kommedal var med på sjøen ved første innsamling.

På feltarbeidet deltok Jon Kongsrud og Jon Egil Skjæråsen fra Universitetet i Bergen samt Åge Molversmyr og Øyvind F. Tvedten fra RF. De to førstnevnte var dykkere og Jon Kongsrud har skrevet om dykke resultatene, resten av rapporten er skrevet av prosjektleder.

NorStone takkes for oppdraget, og samarbeidet.

Åge Molversmyr har vært kvalitetssikrer av rapporten og Asbjørn Bergheim prosjektforslaget.

Stavanger, 18.06.02



Øyvind F. Tvedten, Prosjektleder

Innhold

FORORD	I
1 INNLEDNING.....	1
2 MATERIALE OG METODER	2
2.1 Områdebeskrivelse	2
2.2 Prøveinnsamling	3
2.3 Analyser.....	5
3 RESULTATER OG DISKUSJON	6
3.1 Dykkerundersøkelse	6
3.2 Vannprøver	8
3.3 Sedimentasjon.....	12
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	14
5 REFERANSER.....	16
6 VEDLEGGSOVERSIKT.....	17

1 Innledning

I Frafjord innerst i Høgsfjorden har NorStone et anlegg for uttak og behandling av sand/stein. Behandlingen består i å knuse steinmassene til ønsket størrelse og vaske de før levering med båt eller bil. I forbindelse med driften er det utslipp av prosessvann (vaskevann) til sjøen. Dette vannet vil inneholde en del partikulært materiale, i første rekke jord og humusstoffer, samt steinstøv, som vaskes ut i produksjonen. Avløpsvannet blir ført til et sedimenteringsbasseng hvor det meste av partikulært materialet fjernes før vannet går i rør ut i sjøen. Vannmengdene inn i anlegget er ca 240 m³/dag, 180 dager i året, men varierer mye med driften i anlegget. I tillegg vil tørke og nedbørsperioder (overflatevann) influere på partikkeltilførsler til sjøen. I følge bedriftens drifts journal var perioden for denne undersøkelsen ofte nedbør og høy produksjon ved anlegget. Utslippsledningen ble i 2000 forlenget og lagt ut på dypere vann, slik at den nå ender på nesten 30 m dyp ca 150 m fra land.

Anlegget har vært i drift siden 1967 og utslippstillatelsen for avløpsvannet er blitt fornyet. Fylkesmannen har i den forbindelse satt frem krav om en resipientundersøkelse for å se på spredning og effekter av utslippet i sjøen.

RF-Rogalandsforskning ble spurt om å lage et forslag til en slik resipientundersøkelse. I utslippstillatelsen heter det blant annet at resipientundersøkelsen skal; ”klarlegge partikkelspredning, eventuell tilslamming i fjorden. Undersøkelsen skal inkludere biologiske parametre som kan avsløre hvorvidt utslippet har negative effekter på plante- og dyresamfunn i sjøen i influensområdet. Dette gjelder i første rekke rundt eksisterende utslippspunkt”.

Denne undersøkelsen er basert på versjon 2 av prosjektforslaget (RF Forslag F-97995 versjon 2 datert 25.05.01) og inkluderer: undersøkelse av strandsonen, partikkelmengde i sjøen og måling av sedimentasjon. I versjon 1 fra RF var bunndyrsundersøkelser også inkludert, men ble tatt bort i samråd med NorStone og Fylkesmannen. Feltinnsamlingen ble gjort i oktober 2001.

RF har erfaring og kompetanse innen denne type undersøkelser og ser på dette som er interessant prosjekt. I 1995 ble RF sertifisert etter kvalitetsstandarden ISO-9001. RF-Miljølab er akkreditert etter ISO 17025 for en rekke analysemetoder av vann, slam og sedimenter. Akkrediteringen betyr blant annet at metoder er beskrevet og at det er et system for å ivareta kvalitetskontroll av alt analysearbeid.

2 Materiale og metoder

Undersøkelsen omfattet:

Dykkerundersøkelse

Undersøkelse av plante- og dyreliv i strandsonen og ned til 20 m dyp (to steder) og 10 m dyp (fire steder). Undersøkelsen ble foretatt av to dykkere innleid fra Universitet i Bergen, som er erfarne innen vitenskapelig dykking. Plante- og dyreliv ble kvalitativt kartlagt.

Vannundersøkelse

Vannprøver ble tatt fra fire steder og i følgende dyp: 0, 10, 20 og 30 m. Prøvene ble analysert med hensyn på suspendert stoff og suspendert gløderest. I tillegg ble siktedyp målt og det ble gjort hydrografiske målinger (saltholdighet, temperatur og oksygen) med en sonde.

Sedimentasjonsundersøkelse

Fem sedimentfeller ble satt ut på ulike steder og innholdet ble etter 14 dager målt og veiet, samt analysert med hensyn på organisk karbon og nitrogen.

Se kart i Figur 1 og kapittel 2.2 og 2.3 for flere detaljer.

2.1 Områdebeskrivelse

Anlegget ligger innerst i Frafjord, Gjesdal kommune. Frafjord er den innerste fjordarmen til Høgsfjorden. Fjorden har forholdsvis bratte sider og for det meste et vanddyp mellom 100 og 170 m. Ved anlegget til NorStone skråer bunnen ned mot 100 m dyp ca 400 m fra land, men det er en nokså flat fjæresone. I følge sjøkart nr 132 er det ingen terskler mellom Frafjord og Høgsfjorden, som kunne hindre bunnvannsutskiftning. Innerst i Frafjord munner Frafjordelva ut, og dette gjør at fjorden i perioder mottar mye ferskvann og en del terrestrisk (landlig opprinnelse) materiale.

Etter det vi kjenner til er det ikke gjort marine undersøkelser i området tidligere. Det nærmeste er undersøkelser av Høgsfjorden (Klovning & Andersen 1994).

2.2 Prøveinnsamling

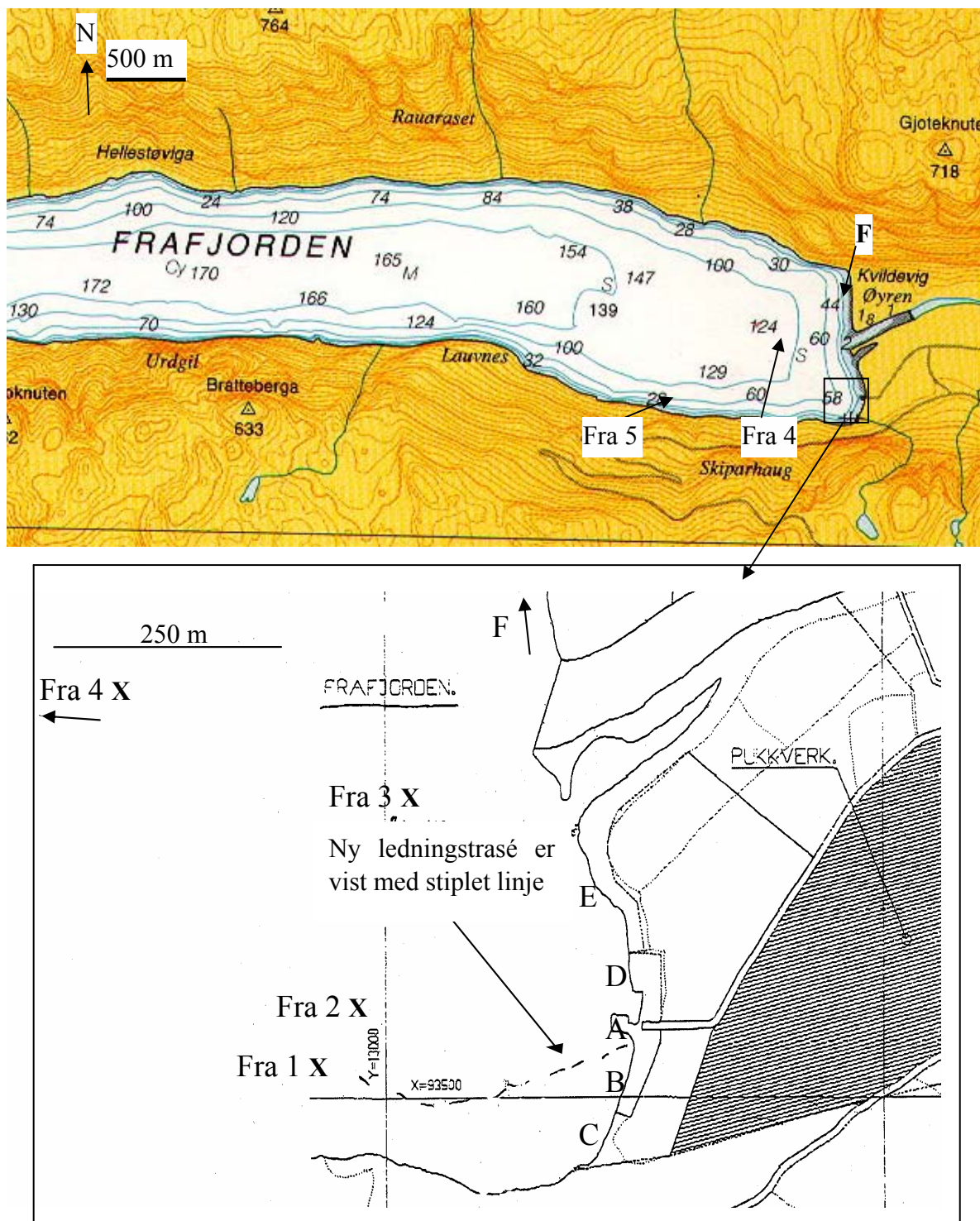
Feltarbeidet ble foretatt på to dager. Den første oktober 2001 ble det tatt vannprøver fra fire steder og sedimentfellene ble satt ut. Den 15. oktober ble dykkerundersøkelsen foretatt, nye vannprøver ble tatt, og sedimentfellene ble hentet opp. Det ble dykket på seks steder (Lokalitet A-F) spredt over hele stranden i fjordbunnen (se kart Figur 1). På lokalitet A, ved utslippet, og F (referanse ble det dykket til ca 20 m dyp og på de andre stedene til 10 m. Ved begge tidspunkt ble det gjort hydrografiske målinger. Vannprøvene ble tatt fra 0, 10, 20 og 30 m dyp, mens det var planlagt 0, 10, 30 og 40 m. Årsaken til endringen var at det i utslippsområdet ikke var 40 m dypt, og stasjonene måtte i så fall flyttes lenger unna utslippet, og det var ikke ønskelig. Utslippspunktet ble lokalisert ut fra en visuell vurdering av avstand i fra land, kartskisse og etter samtale med NorStone ansatte. Det var ikke mulig å se utslippet fra overflaten. De to nærmeste stedene (stasjon Fra 1 og 2) for vannprøveinnsamling og sedimentfelleutplassering ble valgt ut fra nærhet til antatt utslippspunkt. De ble plassert ca 250 m fra land og utenfor enden av utslippsrøret. En felle (nr 3) ble satt i området utenfor elvemunning, for å se på eventuelle tilførsler med elvevannet. Felle 4 ble plassert i god avstand fra utslippene og på et sted hvor det var 107 m dypt. Felle 5 ble plassert nær land og på omtrent samme dyp som felle 1-3, men langt utenfor antatt influensområde for utslippet til NorStone. Felle 5 var hovedsakelig ment som referansepunkt. Se kart og opplysninger i Figur 1.

2.2.1 Dykkerundersøkelser

Det ble valgt ut 6 lokaliteter (A-F) for dykkeundersøkelser (Figur 1 og Tabell 1). Lokalitet A er plassert ved utslippsrøret. Lokalitet F er referanselokalitet og er plassert i et område med antatt like miljøforhold som lokalitet A, men i betydelig avstand fra utslippsrøret. På alle lokalitetene ble sikten og bunnforholdene nøye vurdert. De viktigste plante- og dyreartene ble registrert, og det ble tatt undervannsbilder på alle lokalitetene (Figur 3).

Tabell 1 Oversikt over lokalitetene hvor det ble foretatt dykkeundersøkelser. Maks dyp, lengde på transekt (distanse ut fra land og det ble dykket fra land på alle lokalitetene) og antall bilder som ble tatt per lokalitet er oppgitt.

Lokalitet	Beliggenhet	Maks dyp	Transekt	Antall bilder
A	Ved utslippsledning	20 m	25 m	8
B	Ca. 50 m sør for utslippsledning	10 m	30 m	4
C	Ca. 100 m sør for utslippsledning	10 m	20 m	7
D	Ca. 50 m nord for utslippsledning	8 m	20 m	5
E	Ca. 150 m nord for utslippsledning	10 m	30 m	2
F	Referanselokalitet, ca. 450 m nord for utslippsledning	18 m	40 m	10



Figur 1. Utsnitt av sjøkart nr 132, med stasjon Fra 4 og 5 inntegnet (øverst) samt kartskisse av undersøkelsesområdet med stasjoner og sigevannsledning inntegnet. Dykkeundersøkelsen ble foretatt ved lokalitet A-F, vannprøvene ble samlet i fra Fra 1-4, sedimentfeller ble brukt på stasjon Fra 1-5. Målestokk og stasjonsplasseringen kan være litt unøyaktig i kartene.

2.2.2 Vannprøver

Vannprøvene ble tatt med en Niskin vannhenter og tappet på 5 liters kanner. Siktedypet ble målt med en Secchi skive og temperatur, saltholdighet og oksygen med en YSI 6820 sonde, som etter fabrikantens spesifikasjoner har følgende nøyaktighet: temperatur $\pm 0,15$ °C, saltholdighet $\pm 0,1$ (eller 1%), oksygeninnhold $\pm 0,2$ mg/l (for prøver 0-20 mg/l) og vanddyb 0,12 cm (for dyp 0-61m). Bare saltholdighet og oksygeninnhold ble kalibrert før prøveinnsamlingen. Sonden hang i kabel og ble brukt fra overflaten og ned til ca 60 m. Data ble lagret (minst) for hver 5. meter. I rapporten er saltholdighet oppgitt som "Practical Salinity UNIT, PSU" med symbolet S, dette tilsvarer promille (‰) som ble brukt tidligere (se eventuelt vedlegg i Molvær *m. fl.* 1997). Posisjonene til stasjonene ble tatt med en hånd GPS (Garmin 12XL, ikke differensiert) med gradnett WGS-84. Dypene ble målt med et Furuno FE 4200 ekkolodd.

2.2.3 Sedimentasjon

Sedimentfellene ble ankret opp med en dregg og kjetting og hang ca. 2 m over bunn i et tau som gikk til overflaten. De samme stedene som til vannprøveinnsamling ble benyttet (ikke vannprøver ved felle 5). Fellene var av Limnos type og de hadde en indre diameter på 62 mm og en høyde på 385 mm. Alle fellene hadde to parallelle rør som henger loddrett i sjøen og fellen er utstyrt med et rør (se bilde Figur 2). Prøven i det ene røret ble brukt til målinger av sedimentasjonsrate og innholdet i det andre røret ble samlet til analyse av TOC (totalt organisk karbon) og TN (totalt nitrogen). Sedimentasjonsfellene stod ute i 14 dager. Ved innsamling ble det sedimenterte materialet overført til plastflasker og oppbevart kjølig frem til analyse.

2.3 Analyser

Analysene ble foretatt av akkreditert av RF Miljølab, med unntak av TOC og TN som ble analysert av NIVA, Oslo.

Vannprøvene ble filtrert gjennom et glassfiberfilter GF/C (gjennomsnittlig grid størrelse på 1 μ m) og materialet på filteret ble tørket (105 °C) og veiet (suspendert stoff, NS 4733 (1983)), og deretter brent ved 550 °C og veiet på nytt (suspendert gløderest, NS 4733 (1983)).

Felle materialet ble filtrert gjennom et glassfiberfilter GF/C og materialet på filteret ble tørket (105 °C) og veiet (suspendert stoff, NS 4764 (1980)), og deretter brent ved 550 °C og veiet på nytt (suspendert gløderest, NS 4764 (1980)). Det måtte benyttes flere filter pr prøve siden det var mye materiale i fellene og det tettet porene filtrene (se bilde Figur 2).

TOC og TN analysene ble utført med en HCN analysator NIVA metode G6 (akkreditert).



Figur 2. Bilde av en Limnos sedimentfelle og filter med sedimentert materiale fra Frafjord.

3 Resultater og diskusjon

Kopi av analyserapporter og utskrift av hydrografidata er gitt i vedlegg 1-3. Komplette billedmateriale er lagret hos RF. Været var tilfredsstillende for feltarbeidet begge dager. Den første oktober var det en del regnbyger og det hadde vært mye regn i de siste dagene før, men før dette igjen hadde det vært opphold. Regnet de siste dagene førte til at det var en del avrenning fra land og vannet i bekkene var brunt. Også den 15. oktober var det litt grått i været med noen regnbyger.

3.1 Dykkerundersøkelse

3.1.1 Sikt- og bunnforhold

Alle lokalitetene er relativt langgrunne med nokså små stein og grus ned til ca. 3 m dyp (5-10 m fra land), og sandbunn med enkelte stein videre nedover. På alle lokalitetene var det tydelig at sedimentet ble mer finkornet dypere ned. Det var imidlertid bare på lokalitetene A-D at det ble funnet tydelig tegn til en uvanlig nedslamming fra ca. 8-10 m dyp og videre nedover. På alle lokalitetene var sikten relativt dårlig (< 2 m) ned til ca. 3 m dyp. Tilførsel av ferskvann fra land er en naturlig forklaring på dette. Fra 3-8 (10) m dyp var sikten god (ca. 5-7 m) på alle lokalitetene. På lokalitetene B-D ble det dykket til 8-10 m dyp. På alle disse lokalitetene ble det observert at sikten sank betraktelig ved den nedre dybden (Figur 3). Ved utslippsledningen (Lokalitet A) var sikten rundt 0,5 m ved 15 m dyp, og videre nedover ble den ytterligere forverret. Det var mye partikler fra utslippet i sjøen. Munningen av utslippsrøret skal ligge på ca 30 m dyp, men dette ble ikke observert under dykkingen. Lokalitet E hadde god sikt ned til 8 m, og det ble ikke observert noe som tydet på mer partikler i vannet umiddelbart dypere enn dette. Referanselokaliteten (Lokalitet F) hadde god sikt helt ned til 18 m dyp, og det så ut til at sikten var god også videre nedover.

3.1.2 Plante- og dyreliv

På alle lokalitetene var det i de øverste meterne rikelig med tang (*Fucus vesiculosus* og *F. serratus*) på alle større steiner. Det ble også observert en del forskjellige rød- og grønnalger (bl.a. *Polysiphonia stricta*, *Enteromorpha* spp., *Ceramium rubrum*). På dypere vann var tareplanter (*Laminaria digitata* og *L. sacharina*) vanlige. Rødalger (bl.a. *Phycodryis rubens*, *Ceramium rubrum*), sekkedyr (*Cliona intestinalis*), hydroider, anemoner og mosdyr (bryozoer) var vanlig på steiner og på de større algene. På sandbunnen fra ca 3-10 m dyp ble det på alle lokalitetene observert en masse fisk (bl.a. Rødspette, Sandflyndre, Skrubbe, ulike kutlinger, torskefisk og leppefisk), sjøstjerner (bl.a. *Asterias rubens* og *Marthasterias glacialis*) og strandkrabber (*Carcinus maenas*). Nedgravd i sanden var det rikelig med Fjæremark (*Arenicola marina*). På lokalitet A ble det observert en masse plante- og dyreliv, på og ved selve utslippsrøret ned til ca 10 m dyp (bl.a. flere eksemplarer av taskekrabbe (*Cancer pagurus*)). Deretter var det en markant nedgang i plante- og dyrelivet samtidig med en markant økning av partikler i vannet (Figur 3). Fra ca 15 m ble det observert svært lite liv på denne lokaliteten. På lokalitetene B-E ble det dykket til 8-10 m dyp. Det var et inntrykk at det her gikk et skille med unormalt lite planter og dyr videre nedover.



Figur 3. Bilder tatt under dykking ved NorStone Frafjord i 15.oktober 2001. Bilde 1 og 2 er fra lokalitet A (ved utslippsrøret) fra henholdsvis 8 og 12 m dyp. Bilde 3 er fra lokalitet E fra 4 m dyp. Bilde 4 er fra Lokalitet F (referanselokalitet) fra 12 m dyp.

Referanselokaliteten (Lokalitet F) viste seg å være noe mer beskyttet (mindre påvirket av strøm) enn de øvrige lokalitetene. Dette kunne tydelig sees i en høyere naturlig sedimentasjon av finkornete partikler på denne lokaliteten. Plante- og dyrelivet var imidlertid svært likt de øvrige lokalitetene ned til ca. 10 m dyp. I motsetning til lokalitet

A-E hadde denne lokaliteten også en naturlig mengde planter og dyr videre nedover (observert til ca 20 m dyp).

3.2 Vannprøver

Vannprøvene ble tatt fra fire steder kalt Fra 1-4. Posisjon og vanddyb er gitt i Tabell 2.

Utslippets spredning i sjøen vil være avhengig av strømforhold og sjøvannets lagdeling og tetthet (vekt), samt utslippets karakter og rørendens utforming. Generelt vil ferskvann som slippes ut i sjø stige opp mot overflaten siden det er lettere enn sjøvann. Innholdet av jordpartikler kan motvirke dette siden de øker tyngden på vannet. Dersom sjøen har tydelige sjikt, med ulik tetthet, vil det føre til mindre mulighet for at vaskevannet kommer opp til overflaten. Sjiktingen i sjøvann varierer mye over tid og er delvis årstidsavhengig. Det er saltholdighet og temperatur som er viktigst for vannets tetthet, og trykket har minst betydning.

Tabell 2. Stasjons- og prøveopplysninger. Avstanden mellom stasjonene er beregnet ut fra GPS posisjonene.

Stasjon	Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Siktedyp (m) 1. og 15 okt.	Kommentarer
Fra 1	58°50,422'N, 06°16,773'Ø	31	13 - 13	Ved utslippspunkt, Vannprøver og sedimentfelle. Plassert like utenfor utslippet.
Fra 2	58°50,438'N, 06°16,784'Ø	31	14 - 13,5	Nord for utslippspunkt, vannprøver og sedimentfelle. Plassert like utenfor utslippet.
Fra 3	58°50,544'N, 06°16,693'Ø	34	13 - 11	Ved elvemunning, vannprøver og sedimentfelle. Ca 260 m fra Fra 1 i nord-østlig retning.
Fra 4	58°50,520'N, 06°16,399'Ø	107	16 - 12	Midtfjords, vannprøver og sedimentfelle. Ca 600 m fra Fra 1 i nord-vestlig retning.
Fra 5	58°50,409'N, 06°16,126'Ø	42	-	Kun sedimentfelle. På sørsiden av fjorden, ca 1100 m fra utslippet.

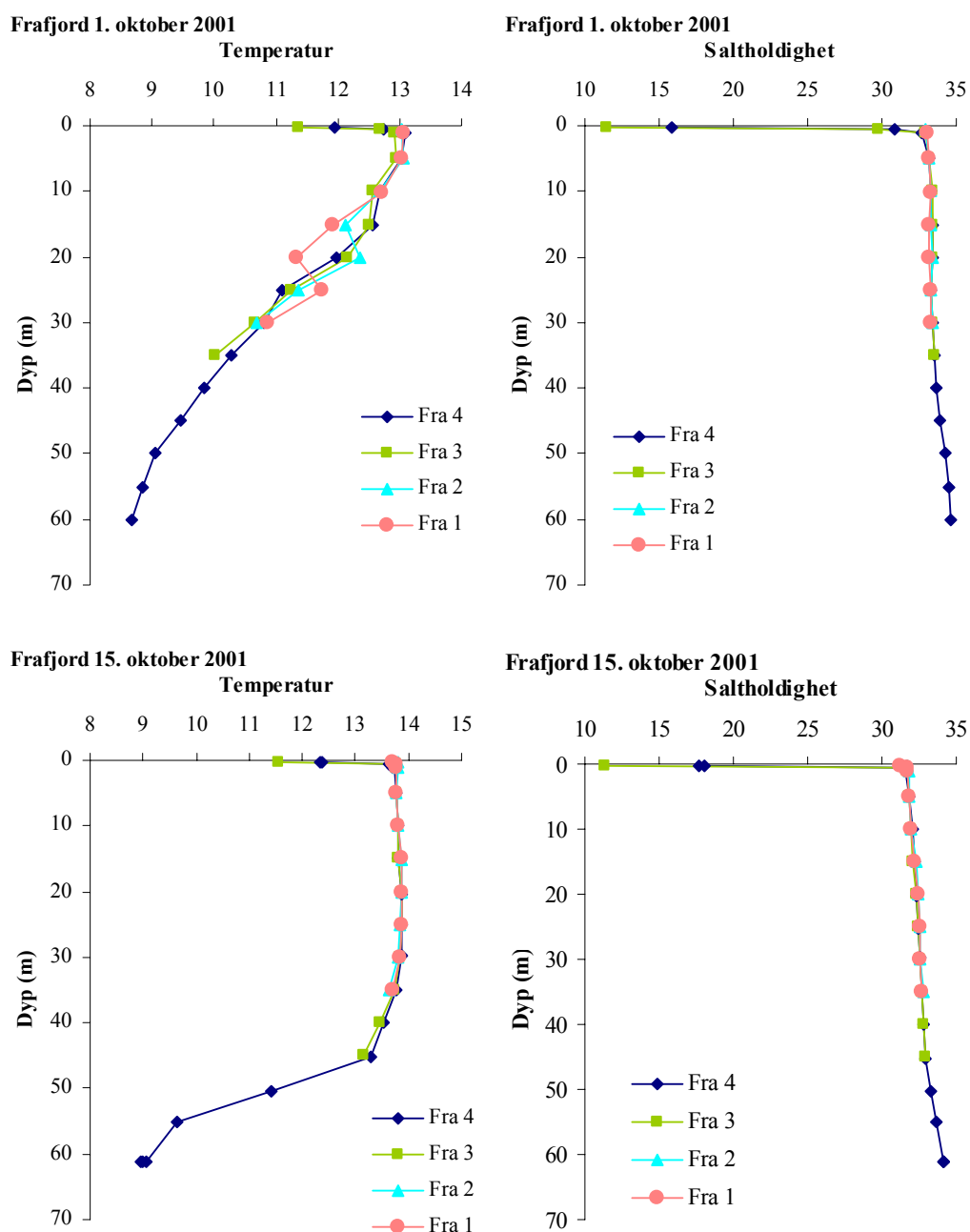
3.2.1 Hydrografi

Sikten i sjøen var rimelig god og det var ingen tydelig forskjell mellom stasjonene nærmest utslippet og de lengre borte. Det ble heller ikke observert partikler i sjøen så langt fra land, men helt inne i stranden var det steder hvor små bekker førte til en viss partikkeltilførsel. Utslippet førte ikke til at sikten var målbart dårligere ved utslippet.

De hydrografiske målingene (Figur 3) viste at sjøen var meget sterkt sjiktet helt oppe mot overflaten. Generelt var det liten forskjell mellom stasjonene og dette viser at det er åpen forbindelse mellom stasjonene. Det var et tynt lag (ca 0,5 m) med ferskere og kaldere vann på toppen. Under dette laget avtok temperaturen nokså gradvis (1. oktober) fra 13-14 °C til 9 °C på 60 m. Saltholdigheten økte under overflatelaget, og

under 10 m var økningen liten. I tiden mellom prøvetidspunktene hadde det skjedd betydelige endringer av de hydrografiske forholdene. Saltholdigheten var lavere den 15. oktober i det meste av vannsøylen. I tillegg var temperaturprofilen en helt annen. I den siste serien var det jevn temperatur 13-14 °C i fra 0,5 m og helt ned til 40 m dyp. Deretter sank den til 9 °C på 60 m. Resultatene viser at hele vannsøylen ned til 40 m er skiftet ut i perioden mellom prøveinnsamlingene. Dette kan være som følge av for eksempel vedvarende vinddrevne krefter og endringer i vannkvalitet lenger ute i fjordsystemet.

Resultatene viser at overflatevannet var tydelig påvirket av ferskvannstilførsel og ellers normale hydrografiske forhold i en Vestlandsfjord.



Figur 3. Temperatur og saltholdighet plottet mot dyp, i Frafjord 1. og 15. oktober 2001.

Oksygeninnholdet som ble målt ned til bunn, eller maksimalt 60 m var tilfredsstillende. Det er trolig ikke oksygensvikt i bunnvannet til Frafjord, siden det ikke er noen grunn terskel ut mot Høgsfjorden. Imidlertid er oksygeninnholdet i bunnvannet i Frafjord ikke omfattet av denne undersøkelsen.

3.2.2 Partikkelinnhold i vannprøver

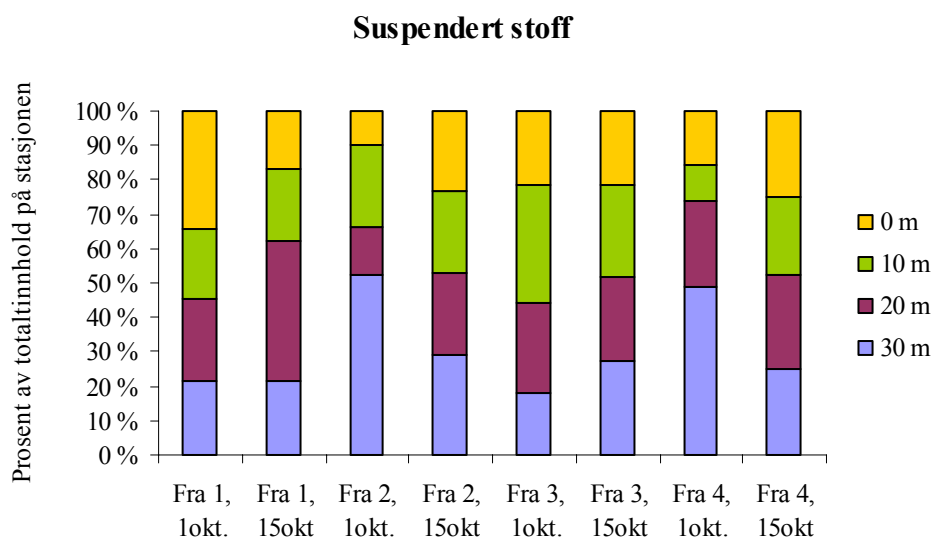
Hensikten med prøvene var å se om utslippet kunne spores som økt partikkelmengde (stoff) i vannet ved utslippet. Slike vannundersøkelser vil hovedsakelig avdekke en øyeblikksituasjon, og ikke den generelle tilstanden, da dette vil kreve hyppige prøvetakninger over lengre tid, eller kontinuerlige målinger. Ved NorStone sitt anlegg er utslippsmengden meget varierende. Dette fører til at påvirkning av vannkvaliteten i fjorden varierer tilsvarende.

Det ble målt mengde suspendert stoff i vannet og gløderest (data i vedlegg).

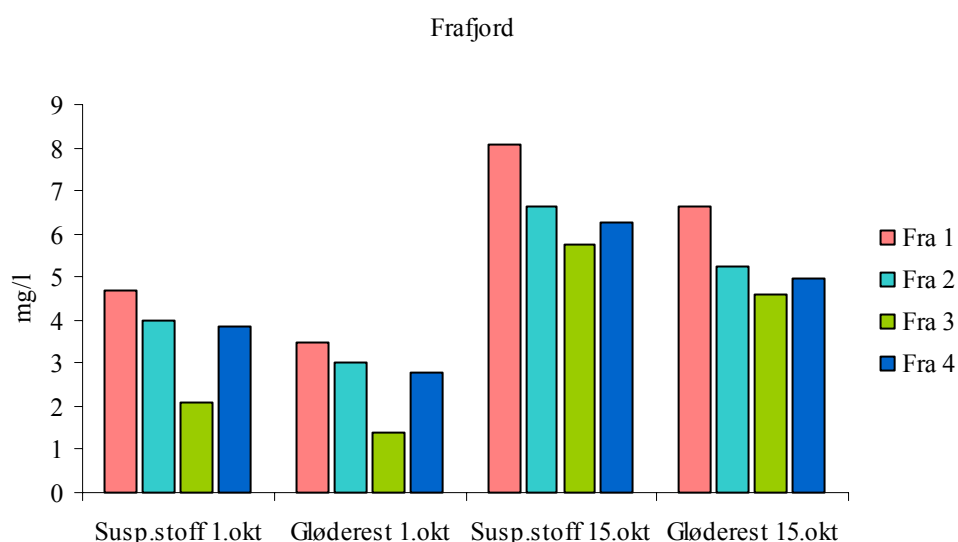
I Figur 4 vises det prosentvise innholdet av suspendert materiale i vannprøvene. I utgangspunktet kunne en tro at det ville være mest partikler i de dypeste vannprøvene og på stasjonene nærmest utslippet. Figur 4 viser at det ikke var noen tydelig forskjell i innholdet av suspendert stoff i ulike vanddyp. Heller ikke i gløderest ble det funnet noen tydelig økning i de dypeste vannprøvene (se vedlegg). Resultatene tyder på at partiklene var spredt forholdsvis jevnt i vannsøylen.

Den totale mengde partikler i prøvene fra stasjonene ved utslippet (Fra 1 og 2) var noe høyere enn på stasjonene lenger unna (Figur 5). Imidlertid er forskjellen mellom Fra 2 og 4 nokså liten. Resultatet tyder på at partikkelmengden i vannet ved utslippet ikke var vesentlig høyere enn lengre borte. På Fra 3 er det alltid minst partikler og det kan tyde på at elvevannet styrer strømmen slik at stasjonen i mindre grad blir influert av materiale fra NorStone. Det var mye større forskjell mellom de to innsamlings-tidspunktene enn mellom stasjonene. Den 15. oktober var det mest partikler i vannet. Dette betyr at utslippet enten har vært lite da prøvene ble tatt i begynnelsen av oktober (dykkerundersøkelsen viser at det var utslipp den 15. oktober) eller så har vi ikke truffet partikkelskyen med prøveinnsamlingen. Ingen av vannprøvene inneholdt noe ekstremt høyt innhold av partikler eller gløderest, men på 20 m på Fra 1 den 15. oktober var innholdet 13 mg/l. I en undersøkelse ved et steinknuseverk ved Jelsa i Sandsfjorden, ble det i en tidsserie funnet et suspendert stoff innhold på 24-1 mg/l og vanligvis var innholdet mellom 2 og 5 mg/l (Tvedten m.fl. 2000). Målt som gløderest var det på 0,5-6 mg/l. Resultatene fra Frafjord ligger innenfor disse verdiene.

Prosentvis bestod det partikulære materiale i prøvene av ca 70-80 % uorganisk materiale (det som blir igjen etter forbrenning). Det var noe forskjell mellom tidsseriene ved at det 1. oktober var ca 60-70 prosent uorganisk materiale og 80 % ved den siste innsamlingen. Dette kan tyde på at det var mer steinstøv i prøvene fra 15. oktober enn 1. oktober. Sammenholdt med det høyere innhold av materiale i midten av oktober tyder dette på at det da var mest partikler i sjøen fra NorStone sitt utslipp.



Figur 4. Det prosentvise innholdet av suspendert stoff (av totalt innhold på stasjonen) i ulike vanddyp, tidspunkt og prøvesteder.



Figur 5. Gjennomsnittlig (fra fire vanddyp) innhold av suspendert stoff og gløderest på de fire stasjonene og ved begge innsamlingstidspunktene.

3.2.3 Effekter på vannlevende planter og dyr

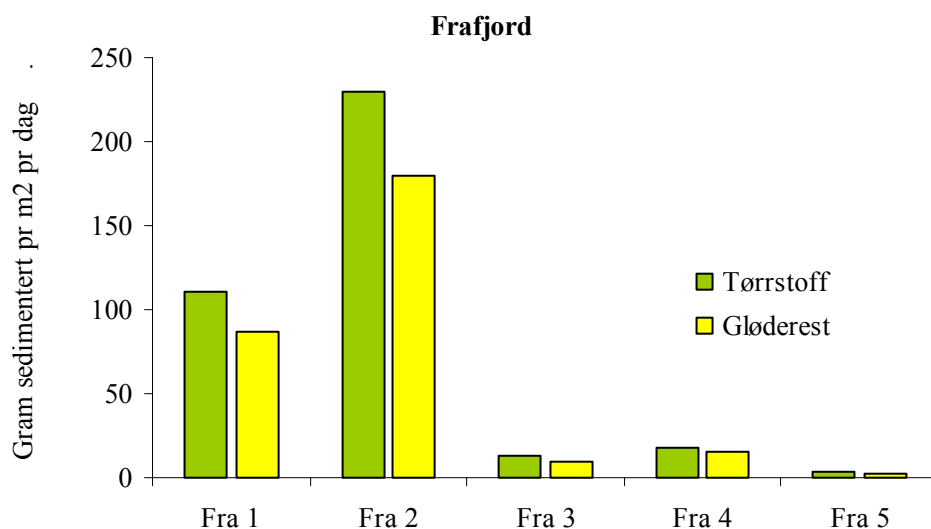
Partikler i vannet kan være skadelig for frittlevende organismer i sjøen. Ut fra resultatene som ble funnet i vannprøvene, og undersøkelsen ellers, mener vi at utslippene ved NorStone har effekter på de vannlevende organismene i nærhet til utslippet. Dette har likevel ikke en ødeleggende effekt for fjordens vannlevende organismer generelt, da det prosentvis er et lite volum som er sterkt påvirket. Partiklene kan ha en nedslammings- og skyggeeffekt for plante- og dyrelivet. I tillegg kan partikler skape gjelleirritasjoner og tette filter hos noen dyr. De større dyrene med tilstrekkelig egenbevegelse vil kunne unngå skadeeffekter ved å holde seg borte fra høye

partikkelkonsentrasjoner. For å undersøke effekter på frittlevende arter nærmere kan det gjøres laboratorieforsøk.

3.3 Sedimentasjon

Det ble satt ut fem sedimentfeller, og de stod ute i 14 dager og målingene representerer sedimentasjonsraten i denne perioden. For å få helt sammenlignbare resultater bør fellene henge i samme dyp og under ellers like hydrografiske forhold. Stasjon Fra 4 var over 100 m dyp og fellen ble hengt opp like over bunn siden det var viktigst å måle sedimentasjonsraten til bunn. På de andre stasjonene var vanddyppet 30-40.

Det var meget stor forskjell i sedimentasjonsraten på stasjonene (Figur 6, se også Vedlegg 2). I fellene ved utslippet var sedimenteringen svært høy, og på de andre stasjonene var den mer normal, og tilsvarende det som vi har målt andre steder. I Karmsundet ble det for eksempel målt en sedimentasjonsrate på 5 - 17 g pr m² pr dag i 2000 (Tvedten & Bergheim 2001). I Fanafjorden ved Bergen varierte sedimentasjonsraten over et halvt år mellom 1 - 4 g pr m² pr dag (Wassman 1984). I undersøkelser ved Farsund varierer naturlig sedimentasjonsrate fra 0,25 til 21 g pr m² pr dag (Skei 1986). Like ved et utfyllingsarbeide ble det målt en sedimentasjonsrate på typisk 20-50 g pr m² pr dag og maksimalverdier på 500 g (Cripps *m. fl.* 1997). I forbindelse med et blåskjellanlegg i Lysefjorden, ble det målt en sedimentasjonsrate på 1,4-10,6 g pr m² pr dag (Tvedten 2001). Sammenlignet med disse andre undersøkelsene viser det seg at sedimentasjonsraten var innenfor det normale i de tre fellene som var lengst borte fra utslippet. Det var ikke tilstrekkelig antall feller i ulik distanse fra utslippet til å vise utbredelsen av utslippet på sjøbunnen, men resultatene viser at det innenfor anslagsvis 100 m fra utslippet er meget stor sedimentasjon. Trolig er sedimentasjonen så stor at det ikke er levende bunndyr i dette området.



Figur 6. Tørrvekt og gløderest i sedimentfellene fra Frafjord oktober 2001.

Innholdet av organisk karbon og nitrogen i felle materialet kan brukes til å anslå kilden til materialet. Vanligvis vil et opphav fra marine dyr og planter ha et lavere C:N forhold enn terrestrisk (opprinnelse fra land) materiale. I planteplankton er gjennomsnittlig C:N forhold rundt 6. I fellene fra Frafjord var C:N forholdet fra 9-16 (Vedlegg 2) og det er

høyere enn det som ble målt i Lysefjorden (forholdstall 5). Dette underbygger konklusjonen om at det sedimenterte materialet i Frafjord har landlig opprinnelse. Likeledes vil et høyt gløderestinnhold tyde på at det er mye mineraler og lite organisk materiale i felle materialet. I Frafjord var prosentandelen av gløderest ca 80 og det er noe høyere enn i for eksempel Lysefjorden hvor det var 60%. I Karmsundet ble prosentandelen målt til ca 70 % (Tvedten & Bergheim 2001).

Det bør nevnes at tilførsel av marint materiale og innholdet i dette, vil variere blant annet med årstiden, og vil være størst under og etter stor planktonproduksjon.

Bildene i Figur 7, viser at det sedimenterte materialet i stor grad er jord og steinstøv fra NorStone sitt utslipp og at det var stor forskjell mellom stasjonene.

Fra 1



Fra 2



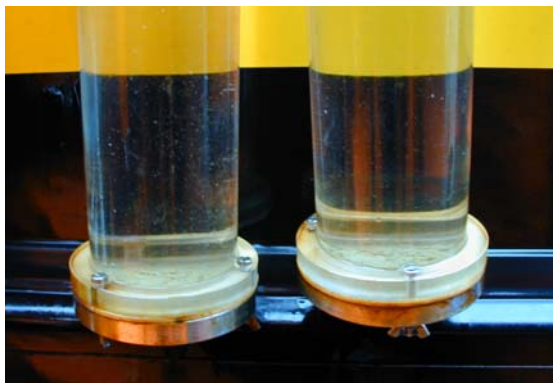
Fra 3



Fra 4



Fra 5



Figur 7. Bilde av rørene fra sedimentfellene med innholdet av det sedimenterte materialet.

4 Sammendrag og konklusjon

I Frafjord innerst i Høgsfjorden har NorStone et anlegg for uttak og behandling av sand/stein. Anlegget har vært i drift siden 1967 og utslippstillatelsen for avløpsvannet er blitt fornyet. I den forbindelse ble det satt frem krav om resipientundersøkelse. Denne rapporten omhandler resultatene fra undersøkelsen. Utslppsledningen ble i 2000 forlenget og lagt ut på dypere vann, slik at den nå ender på nesten 30 m dyp ca 150 m fra land.

Undersøkelsen har omfattet: dykkerundersøkelse av plante- og dyreliv i strandsonen ved utslippet, undersøkelse av mengde partikler i vannsøylen og hydrografi, måling av sedimentasjonsrate. Feltinnsamlingen ble foretatt i oktober 2001. Vannprøvene ble tatt på fire steder (ved to tidspunkt) i ulik avstand fra utslippet og sedimentfeller ble satt ut på fem steder.

Dykkerundersøkelser

Ved utslppsledningen var det en tydelig trend til økt sedimentasjon, dårligere sikt og mindre plante- og dyreliv fra ca 10 m dyp og videre nedover. Tilsvarende ble også observert på de andre nærliggende lokalitetene. På referanselokaliteten var det ingen tilsvarende unormal økning i sedimentasjon eller partikler i vannet med økende dyp. Plante- og dyrelivet var også godt innenfor det normale ved 18 m dyp, og det var heller ingen tegn til forverring umiddelbart dypere enn dette. Dette tyder på at utslippene av materialet på ca. 30 m dyp ikke har synlig påvirkning på relativt grunt vann (< 10), men påvirker vannkvaliteten og bunnforholdene på dypere vann (>10 m) i deler av fjorden.

Vannprøver

De hydrografiske målingene viste at sjøen var meget sterkt sjiktet helt oppe mot overflaten. Det var et tynt lag (ca 0,5 m) med ferskere og kaldere vann på toppen. Generelt var det liten forskjell mellom stasjonene og dette viser at det er åpen forbindelse mellom stasjonene.

Det var ikke noen vesentlig forskjell i mengde partikler i ulike dyp og mellom stasjonene, men generelt var det mest partikler nærmest utslippet og minst på stasjonen utenfor elven. Resultatene tyder på at partiklene var spredt forholdsvis jevnt i vannsøylen. Dette kan ha sammenheng at vannprøvene vil innholde de minste partiklene i utslippet og at disse kan spres langt før de synker til bunns. Det var mest partikler i vannprøvene i midten av oktober og resultatene tyder på at vi særlig ved det tidspunktet kunne se en effekt av utslippet i vannprøvene.

Sedimentasjon

I fellene ved utslippet var sedimentasjonsraten svært høy, og på de andre stasjonene var den mer normal. Innholdet i fellene avslørte både visuelt og analysemessig at det sedimenterte materialet i stor grad stammet fra utslippet. Det var ikke tilstrekkelig antall feller i ulik distanse fra utslippet til å vise utbredelsen av utslippet på sjøbunnen, men

resultatene viser at det innenfor anslagsvis 100 m fra utslipper er meget stor sedimentasjon. Trolig er sedimentasjonen så stor at det ikke er levende bunndyr i dette området.

Undersøkelsen har vist at:

Utslipp av vaskevann fra NorStone fører til en betydelig avsetning på bunnen ved utslippet. Dette påvirker det marine miljø i avtagnede grad fra utslippet, men trolig er bunnen ut til ca 50 m fra utslippet uten bunndyr. Under 10 m dyp var det et fattigere dyre- og planteliv på bunnen enn på steder lenger borte fra utslippet. De minste partiklene spres lengre i vannet og fordeler seg over et større område.

5 Referanser

- Cripps, S.J., R.K. Bechman og A. Myhrvold 1997. *Miljøundersøkelse ved utfylling i Lundevågen, Farsund*. RF-97/225. Åpen rapport. RF-Rogalandsforskning. 47 s.
- Klovning, J.S.-G. & O.K. Andersen 1994. *Resipientundersøkelse i Høgsfjorden*. RF rapport 91/94. RF-Rogalandsforskning. 58s.
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. SFT Veiledning 97:03. Statens Forurensningstilsyn, TA-1467/1997, Oslo. 36 s.
- Skei J. 1986. *The biochemistry of Framvaren*. NIVA rapport F-80400. 165 s.
- Tvedten, Ø.F. & Bergheim, A. 2001. *Miljøklassifisering i Karmsundet i forbindelse med utslipp fra FMC BioPolymer*. Rogalandsforskning. Rapport. RF-2001/134. 24 s + vedlegg. Gradering: Konfidensiell.
- Tvedten, Ø. F., V. Eriksen, A. Jacobsen og J.A. Kongsrud 2000. *Resipientundersøkelse for Norsk Stein A/S i Sandsfjorden, Suldal kommune*. Rogalandsforskning. Rapport. RF-2000/084. 44 s.
- Tvedten, Ø. F. 2001. *Miljøundersøkelse ved Lysefjorden Skjell AS i Lysefjorden, Forsand kommune*. Rogalandsforskning. Rapport. RF-2001/011. 15 s + vedlegg.
- Wassman, P. 1984. Sedimentation and benthic mineralization of organic detritus in a Norwegian fjord. - *Marine Biology* 83:83-94.

6 Vedleggsoversikt

Vedlegg 1: Resultater fra vannprøveanalyser

Vedlegg 2: Resultater fra sedimentfelleanalyser

Vedlegg 3: Hydrografisonde data.