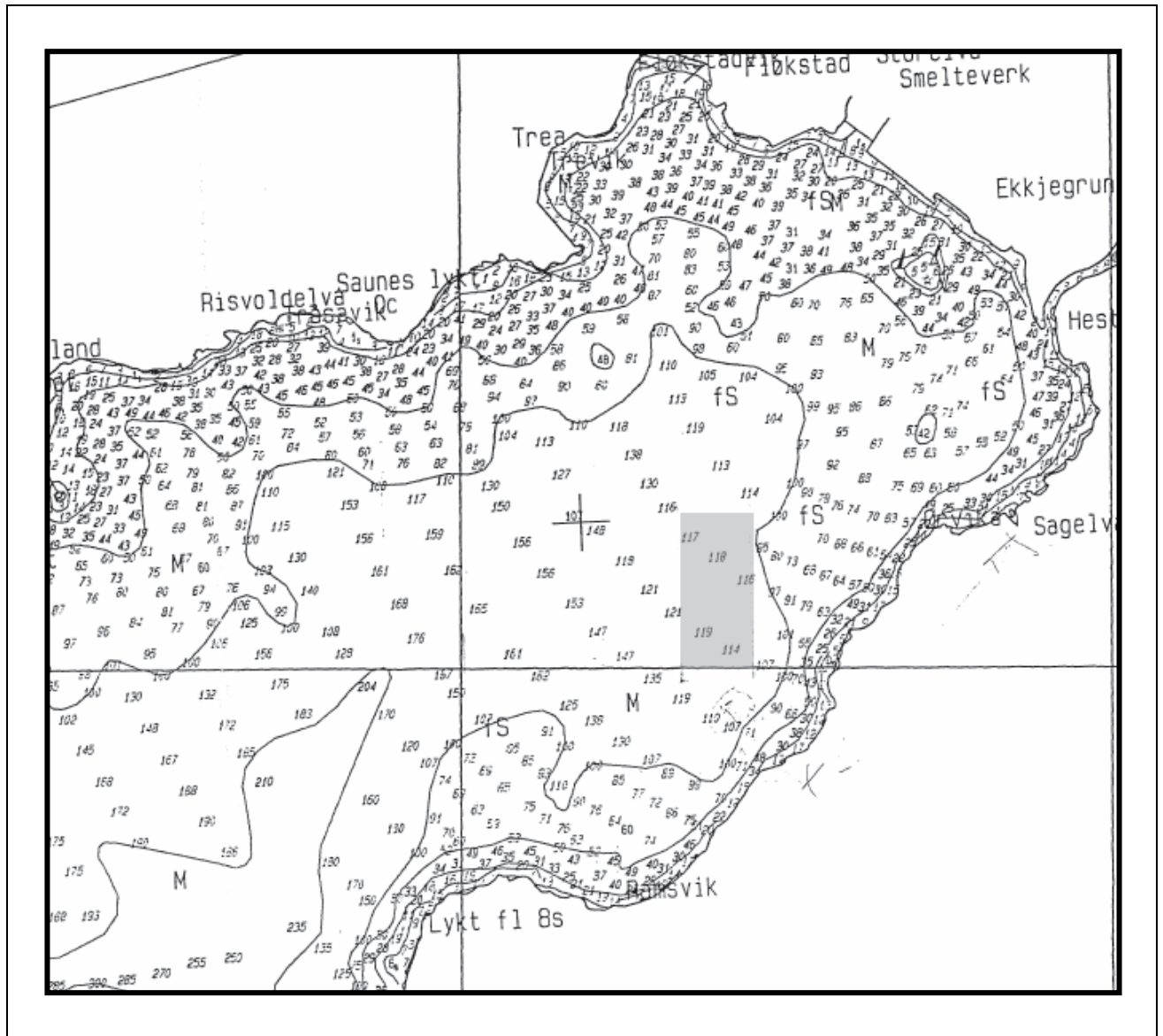




RAPPORT LNR. 5134-2006

Datarapport

Innledende undersøkelser for deponering av steinmasser i Saudafjorden



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Datarapport: Innledende undersøkelser for deponering av steinmasser i Saudafjorden	Løpenr. (for bestilling) 5134-2006	Dato 15.01.2006
	Prosjektnr. Undernr. O-24307	Sider Pris 22
Forfatter(e) Frode Uriansrud	Fagområde Overvåkning	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Rogaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e): Saudefallene AS

Oppdragsreferanse: Henrik Halsne og Karl –Erik Johansen

Sammendrag

Fylkesmannen i Rogaland ga Saudefaldene AS i forbindelse med kraftverksutbygging tillatelse til deponering av 1,1 mill m³ steinmasser i et 100.000 m² stort areal på ca. 115 meters dyp i Saudafjorden. I denne forbindelse ble det stilt noen vilkår til deponeringen. NIVA fikk derfor i oppdrag av Saudefaldene AS å utforme et overvåkningsprogram som dekket de kravene som ble stilt. Den foreliggende rapporten beskriver resultatene fra de innledende undersøkelsene i forkant av den planlagte steindeponeringen. Det ble høsten 2005 besluttet å ikke benytte deponeringsløsningen i sjø. I forstudien inngikk undersøkelser av strømforhold, hydrografi, miljøgiftkonsentrasjonen i vannmassene og mengden partikler i vannmassene (turbiditet).

I Vannmassene fra 40–80 meters dyp varierte strømhastigheten mellom 8 og 3 cm/s, med en gjennomsnittshastighet ca 3 cm/s. I intervallet fra ca. 120 meter til 80 meters vandyp varierte strømhastigheten mellom 0,5 og 4,5 cm/s, med en gjennomsnittshastighet på ca. 1 cm/s. Bunnvannet hadde en mer stabil strømhastighet enn de overliggende vannmassene. Den dominerende strømrretningen skiftet fra en sydvestlig retning i første halvdel av måleperioden, til en nordøstlig retning i andre halvdel. Hydrografiundersøkelsene viste at vannmassene kunne deles inn i 3 lag (brakkvann (0-10 m), intermediære vannmasser (10-50 m) og bunnvann 50-120 m). Den gjennomsnittlige turbiditeten i bunnvannet i det aktuelle deponiområdet var på 2,2 NTU. I bunnvannet ble det også registrert en rekke turbiditetstopper som det ikke har vært mulig å forklare.

Vannprøvene var markert til moderat forurenset med hensyn på sink, sterkt til meget sterkt forurenset med hensyn på bly og moderat til lite forurenset med hensyn på kadmium. PAH-konsentrasjonen i vannmassene var for de fleste komponentene under deteksjonsgrensen.

Fire norske emneord

1. Overvåkning
2. Strømundersøkelser
3. Sauda
4. Steindeponering

Fire engelske emneord

1. Monitoring
2. Current measurements
3. Sauda
4. Rock depositing

Frode Uriansrud

Prosjektleder Frode Uriansrud

Kristoffer Næs

Forskningsleder Kristoffer Næs
ISBN 82-577-4799-8

Jale Nygard

Ansvarlig Jale Nygard

Datarapport

Innledende undersøkelser for deponering av steinmasser i Saudafjorden

Forord

Saudefallene AS tildelte høsten 2004 NIVA i oppdrag å utarbeide et overvåkningsprogram og gjennomføre overvåkning i forbindelse med planlagt deponering av 1,1 mill m³ steinmasser i et 100.000 m² stort areal på ca. 115 meters dyp i Saudafjorden. Det ble høsten 2005 besluttet å ikke benytte deponeringsløsningen i sjø.

Den foreliggende datarapporten beskriver resultatene fra de innledende undersøkelsene som ble gjort i forkant av den planlagte deponeringen.

Kontaktpersoner hos oppdragsgiver har vært Karl-Erik Johansen og Henrik Halsne. Fra NIVA har Frode Uriansrud vært prosjektleder. Andre NIVA-medarbeidere som har vært involvert i prosjektet er Jens Skei, Henny Jokiel Knutsen og Petter Stenström.

Bergen, 12/1-2005

Frode Uriansrud

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Formål og bakgrunn	7
2. Metode	8
2.1 Feltarbeid	8
2.2 Kjemiske analyser	9
3. Analyseresultater	10
3.1 Strømforhold	10
3.2 Hydrografi (CTD)	13
3.3 Turbiditetsmålinger	14
3.4 Miljøgiftkonsentrasjonen vannmassene i indre del av Saudafjorden	16
4. Oppsummering	17
5. Referanser	17
Vedlegg A.	18

Sammendrag

Fylkesmannen i Rogaland ga Saudefaldene AS tillatelse til deponering av 1,1 mill m³ steinmasser i et 100.000 m² stort areal på ca. 115 meters dyp i Saudafjorden. I denne forbindelse ble det stilt noen krav til deponeringen. NIVA fikk derfor i oppdrag av Saudefaldene AS å utforme et overvåkingsprogram som dekket de kravene som ble stilt, samt gjennomføre overvåkingen. Den foreliggende rapporten beskriver resultatene fra de innledende undersøkelsene i forkant av den planlagte steindeponeringen. Det ble høsten 2005 besluttet å ikke benytte deponeringsløsningen i sjø.

Formålet med de innledende undersøkelsene var i første rekke å kartlegge strømforholdene ved bunn og i den del av vannsøylen der oppvirvling og transport av forurensede partikler antas å kunne skje under dypvannsdeponeringen. Det skulle også tas vannprøver for å etablere bakgrunnsdata for vannkvalitet i de indre delene av fjorden. Dette for senere å kunne vurdere effekten av deponeringen.

I forstudien inngikk undersøkelser av strømforhold, hydrografi, miljøgiftkonsentrasjon i vannmassene og mengden partikler i vannmassene (turbiditet).

Resultatene fra de innledende undersøkelsene kan oppsummeres i følgende punkter:

- I vannmassene i intervallet fra 40–80 meters dyp varierte strømhastigheten mellom 8 og 3 cm/s, med en gjennomsnittshastighet ca 3 cm/s. I intervallet fra ca 120 meter til 80 meters vandyp varierte strømhastigheten mellom 0,5 og 4,5 cm/s, med en gjennomsnittshastighet på ca. 1 cm/s
- Bunnvannet har en mer stabil strømhastighet enn de overliggende vannmassene.
- Under måleperiodens første halvdel var strømmen (120-40 meters vandyp) stabil med en sydvestlig retning ut fjorden, mens strømmetningen i måleperiodens andre halvdel var stabil i nordøstlig retning inn fjorden. Strømmen ut fjorden i første halvdel av måleperioden var noe sterkere enn den innadgående strømmen i andre halvdel.
- Vannmassene i Saudafjorden var markert lagdelt med et lett ca.10 meter tykt brakkvannslag over noe tyngre vannmasser. Under brakkvannslaget fra ca 10 til ca 50 meter var det et vannlag med nærmest konstant salinitet og varierende temperatur. Vannmassene dypere enn ca 50 meter var homogene og hadde kun svake vertikale gradienter.
- Den gjennomsnittlige turbiditeten i bunnvannet i det aktuelle deponiområdet i Saudafjorden var på 2,2 NTU. I bunnvannet ble det registrert en rekke turbiditetstopper som ikke har vært mulig å forklare.
- Vannprøvene var markert til moderat forurenset med hensyn på sink, sterkt til meget sterkt forurenset med hensyn på bly og moderat til lite forurenset med hensyn på kadmium. PAH-konsentrasjonen i vannmassene var for de fleste komponentene under deteksjonsgrensen.

Summary

Title: Data report: Preliminary investigations and monitoring before rock depositing in the inner Saudafjord.

Year:2006

Author: Frode Uriansrud

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4845-5

The county administrator in Rogaland gave Saudefallene AS permission to deposit 1,1 mill m³ rock material on the seabed in a 100.000 m² large area at 110-120 meters depth in the inner part of Saudafjorden. NIVA was awarded the contract to write an environmental monitoring program and execute the monitoring of the rock dumping. This report describes the results of the preliminary investigations. Saudefallene AS decided in the autumn 2005 not to use the seabed rock dumping alternative.

The objective of the preliminary study was to investigate the water current regime at the seabed and in the part of the water column where resuspension and transport of contaminated particles to occur during rock dumping. There were also necessary to establish background values for water quality in the deposition area. This was done to be able to consider the effect of rock dumping on the water quality.

The result of the preliminary investigation may be summarized as follows:

- The water masses from 40 to 80 meters depth had a current velocity from 8 to 2 cm/s, with an average of about 3 cm/s. In the interval from 120 to 80 meters depth, the current velocity varied from 4,5 to 0,5 cm/s., with an average of 1 cm/s.
- The bottom water (120-80 meters depth) had more stable current velocities than the overlaying water.
- The current direction changed from southwest in the first half of the measuring period, to a more stable northeast direction in the second half.
- The water body in the inner part of Saudafjorden was stratified into 3 layers (0-10 m surface brackish water, ca. 10-50 meter intermediate water, 50-120 m bottom water).
- Average turbidity in the bottom water in Saudafjorden was 2,2 NTU. There were observed a number of large turbidity increases during the measuring period. We were not able to explain these.
- Water samples collected at one site and 2 depths (60-110 m) showed elevated levels of zinc (4,5-5,5 µg/l), cadmium (0,02-0,03 µg/l) and lead (0,6-1,1 µg/l). PAH-concentrations in the water samples were low (4-8 ng/l).

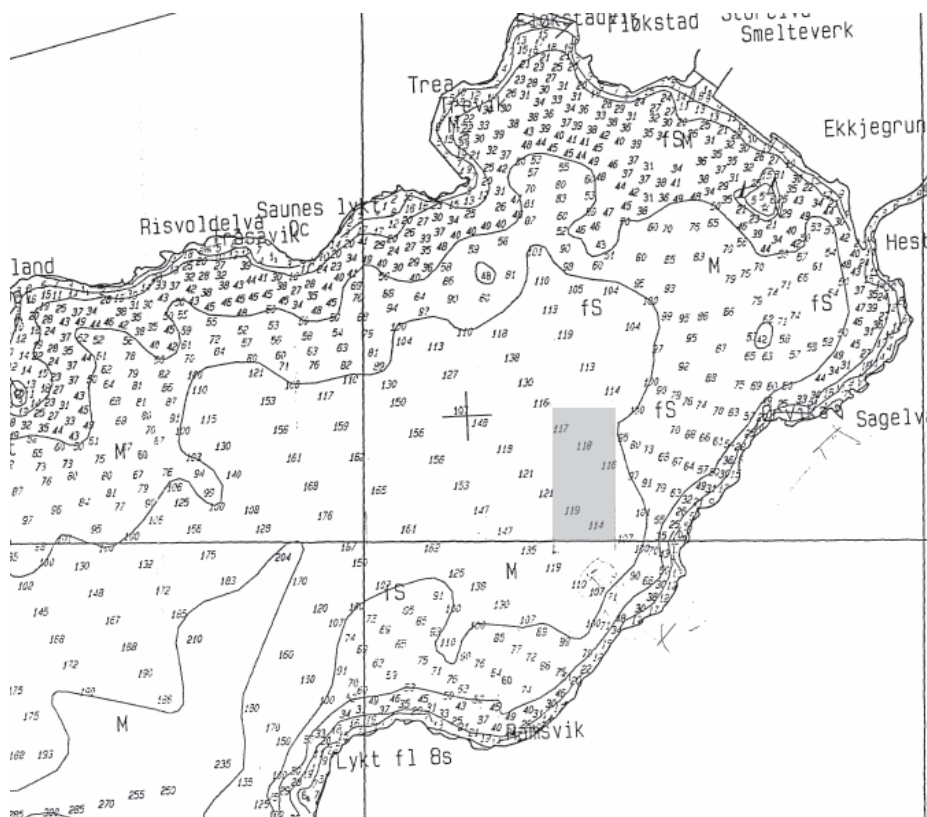
1. Formål og bakgrunn

Fylkesmannen i Rogaland har gitt Saundefaldene AS tillatelse til deponering av 1,1 mill m³ steinmasser i et 100.000 m² stort areal på ca. 115 meters dyp i Saudafjorden (**Figur 1**). I denne forbindelse stilte Fylkesmannen i Rogaland noen vilkår til deponeringen (Brev datert 06.09.04 fra Fylkesmannen i Rogaland). NIVA fikk derfor i oppdrag av Saundefaldene AS å utforme et overvåkingsprogram som dekket kravene Fylkesmannen stilte til overvåking, samt å gjennomføre overvåkingen. Det ble høsten 2005 besluttet å ikke benytte deponeringsløsningen i sjø.

NIVA utformet i januar 2005 en overvåkingsplan for dypvannsdeponeringen i Saudafjorden (Vedlegg 1). I og med at det ble besluttet å ikke benytte alternativet med dypvannsdeponering av steinmassene, var det ikke nødvendig å gjennomføre noen overvåking. Den foreliggende rapporten beskriver resultatene fra de innledende undersøkelsene i forkant av den planlagte steindeponeringen.

De innledende undersøkelsene bestod av:

- CTD-målinger (profiler) for å undersøke sjikting i og turbiditet i ulike vannlag.
- Strømundersøkelse for i første rekke kartlegge strømforholdene ved bunn og i den del av vannsøylen der oppvirvling og transport av forurensede partikler antas å kunne skje under dypvannsdeponeringen.
- Analyser av miljøgiftkonsentrasjonen i vannprøver i forkant av deponeringen for å etablere bakgrunnsdata for vannkvalitet i de indre delene av fjorden. Dette ble gjort for senere å kunne vurdere hvilke effekter deponeringen har på vannkvaliteten i indre deler av Saudafjorden.



Figur 1. Oversikt over planlagt deponiareal i Saudafjorden..

2. Metode

2.1 Feltarbeid

De innledende undersøkelsene ble gjort i perioden fra 21.04.05 til 19.06.05.

Vannprøver for analyse av miljøgifter (PAH₁₆, kadmium, bly og sink) ble hentet opp med en Niskin vannhenter fra 2 dyp (bunnvannet = 110 meter og på 60 meters dyp), på 1 stasjon i forbindelse med utsetting av strømriggen 21.04.05. Hver prøve bestod av 2 liter vann. Vannprøvene ble direkte etter endt feltarbeid sendt til NIVAs laboratorium i Oslo for kjemisk analyse.

Sjiktningen i deponiområdet ble undersøkt ved utsetting og innhenting av stømriggen med en Saiv SD-204 CTD-sonde (**Tabell 2, Figur 2**). På CTD-1 stasjonen ble det gjort profilering 21.04 2005 og 19.06.2005. På CTD-2, CTD-3 og CTD-4 ble det bare gjort profilering en gang. (19.06.2005). Disse dataene ble også benyttet til modellering av strømforholdene i indre del av Saudafjorden (Stenström 2005). Til målingene ble det benyttet en Saiv CTD-sonde. Denne hadde sensorer for å registrere dyp, temperatur, saltholdighet og turbiditet og var innstilt på registrering hvert sekund. Ved å senke den langsomt fra overflaten og ned til bunn fikk man registrering med ca. 0,5 m intervall. En eventuell økning i turbiditet er en rimelig sikker indikasjon på økt partikkelinnhold i vannmassen. Sondens sensor for måling av turbiditet var kalibrert i forhold til ISO-standard og verdiene uttrykkes i FTU (Formazin Turbidity Units). Måleintervallet som ble benyttet var 0-62,5 FTU. Tabell 1 viser sondens målenøyaktighet. CTD-målingene ble ikke gjort ned til fullt vanddyb på alle stasjoner. Dette fordi det kun var nødvendig med overflatesjiktning i forbindelse med strømmodelleringen i området (Stenström 2005).

Tabell 1. SD-204-sonden. Parametere og presisjon.

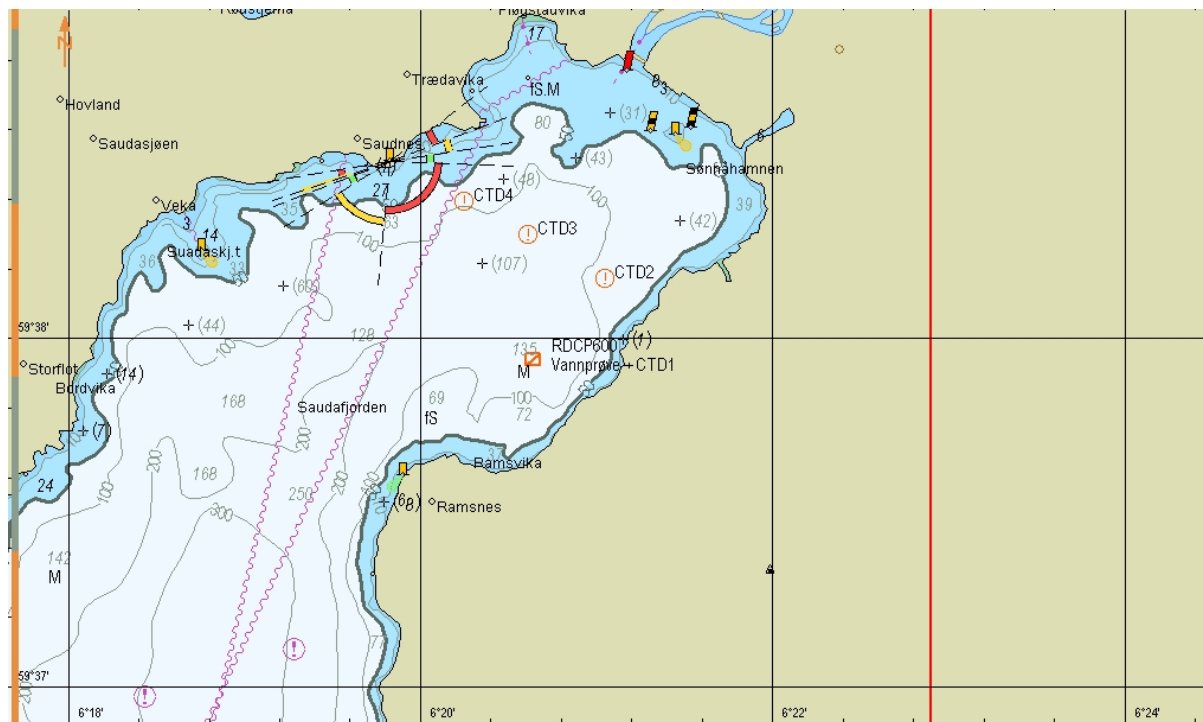
Parameter	Usikkerhet
Temperatur	± 0,1°C
Saltholdighet	± 0,1‰
Turbiditet	<2% FTU

1 FTU = 1 NTU (NTU brukes som enhet på turbiditetssensorene som var montert på strømmåleren).

Langtidsregistreringer av strøm og turbiditet ble gjort for å dekke et tidsrom på ca. 2 måneder. En Aanderaa RDCP-600 ble plassert ut i tidsrommet fra 21/4-05 til 19/6-05 (**Figur 2**). RDCPen registrerer strømhastighet og retning i flere vannlag opp til ca. 80 meter over instrumentet. RDCP-600 strømmåleren ble satt ut på 120 m dyp i deponiområdet og registrerte med 10 minutters intervall. Måleren har 2 registreringssensorer. Den ene sensoren ble innstilt på registrering i 8 stk. 2 m tykke vannlag (celler) fra bunn og oppover i vannmassene. Cellene overlappet hverandre med 50 %. En annen registreringssensor 20 stk. 4 m tykke vannlag med 0 % overlapp. Styrken på retursignalet til RDCPen gir også en indikasjon på mengden partikler i vannmassene (signalstyrkeprofil). På RDCPen var det montert en turbiditetssensor for langtidsregistreringer av turbiditet.

Tabell 1. Oversikt over koordinater (WGS84) til de ulike prøvetakingsstasjonene.

Prøve	Dato	Nord	Øst	Vanddyb (m)
CTD-1	21.04.2005 19.06.2005	59°37.962	06°20.680	120
CTD-2	19.06.2005	59°38.176	06°21.050	69
CTD-3	19.06.2005	59°38.290	06°20.611	126
CTD-4	19.06.2005	59°38.414	06°20.251	90
Vannprøve	19.06.2005	59°37.962	06°20.680	120
RDCP600	19.06.2005	59.37.962	06.20.680	120



Figur 2. Oversikt over plassering av prøvetakingsstasjoner under feltarbeidet sommeren 2005.

2.2 Kjemiske analyser

De kjemiske analysene utført i forbindelse med de innledende undersøkelsene ble alle gjort ved NIVAs laboratorium i Oslo etter standard, akkreditert metode (ihht. NS-EN45001 og ISO/IEC Guide 25).

Alle vannprøver (ufiltrert) ble analysert for metallene sink, kadmium og bly. Tungmetallene ble analysert ved NIVAs laboratorium i Oslo etter Freon-ekstraksjon og atomabsorpsjon (Danielsson et al., 1978).

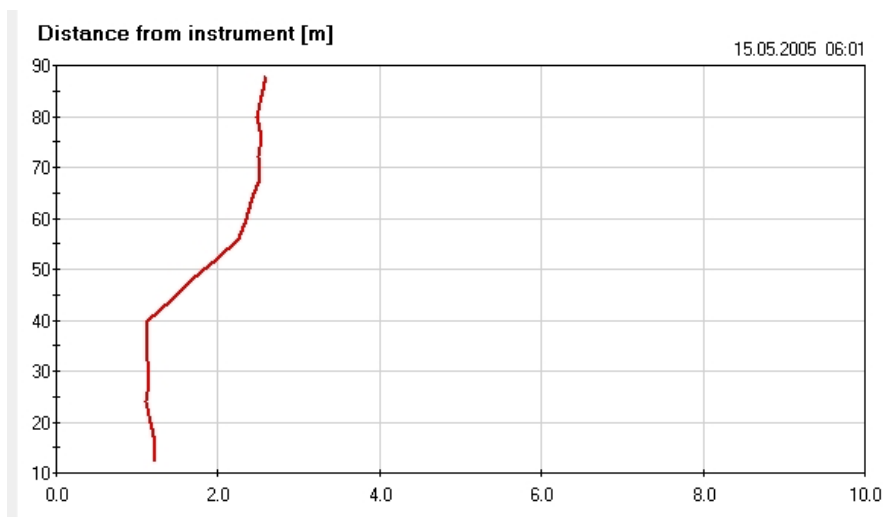
PAH₁₆ (polyaromatiske hydrokarboner)-konsentrasjonen i vannprøvene (ufiltrert) ble bestemt gasskromatografisk. Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organisk løsemiddel. Ekstraktene gjennomgår deretter ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt ble ekstraktet analysert ved bruk av gasskromatograf utstyrt med masseselektiv detektor (GC/MSD). De polyaromatiske hydrokarbonene identifiseres så med GC/MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner.

3. Analyseresultater

3.1 Strømforhold

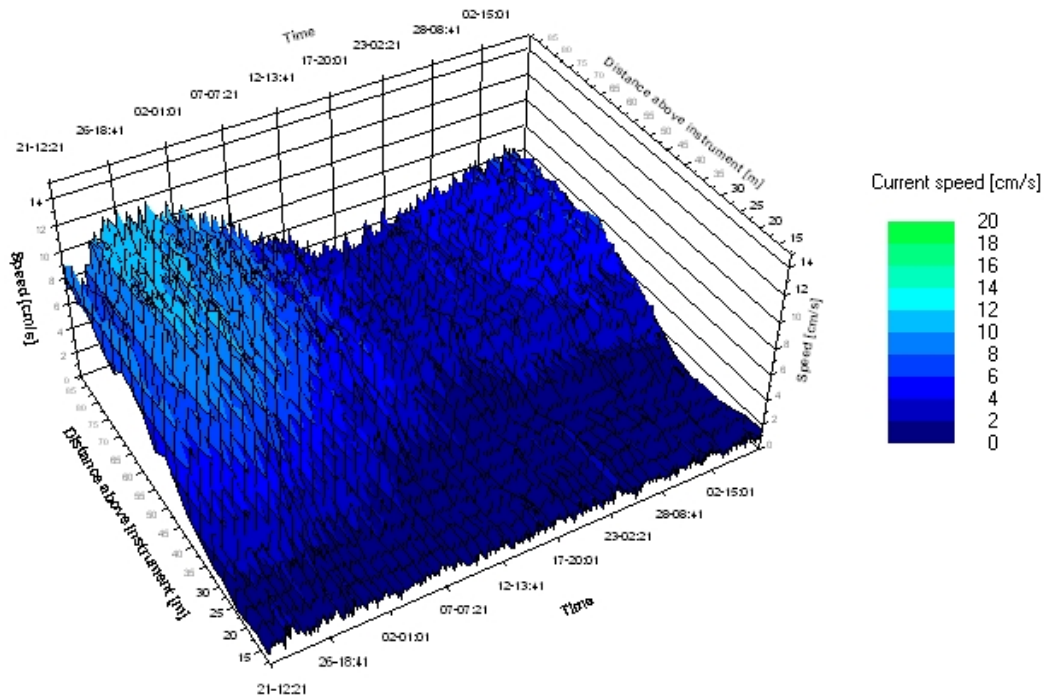
Som en forstudie i forbindelse med planlagt deponering av sprengningsmasser i indre deler av Saudafjorden, gjennomførte NIVA i perioden 21. april – 7. juni 2005 fra strømmålinger med en akustisk strømmåler (RDCP600). Formålet med strømmålingene var i første rekke å kartlegge strømforholdene ved bunn og i den del av vannsøylen der oppvirvling og transport av forurensede partikler antas å kunne skje under dypvannsdeponeringen. Strømmåleren stod derfor plassert på 120 meters dyp i deponiområdet (**Figur 2**). Strømmåleren målte fra bunn og ca 80 meter oppover dvs. til ca 40 m under vannoverflaten. Strømmålingene sier derfor ingen ting om strømforholdene i overflaten.

Resultatene fra strømmålingene viste at ved 40 – 80 meters dyp varierte strømhastigheten mellom 8 og 3 cm/s, med en gjennomsnittshastighet ca 3 cm/s. I intervallet fra ca 120 meter til 80 meters vanddyb varierte strømhastigheten mellom 0,5 og 4,5 cm/s, med en gjennomsnittshastighet på ca. 1 cm/s (**Figur 3**). Målingene viser også at bunnvannet hadde en mer stabil strømhastighet enn de overliggende vannmassene (**Figur 5**).

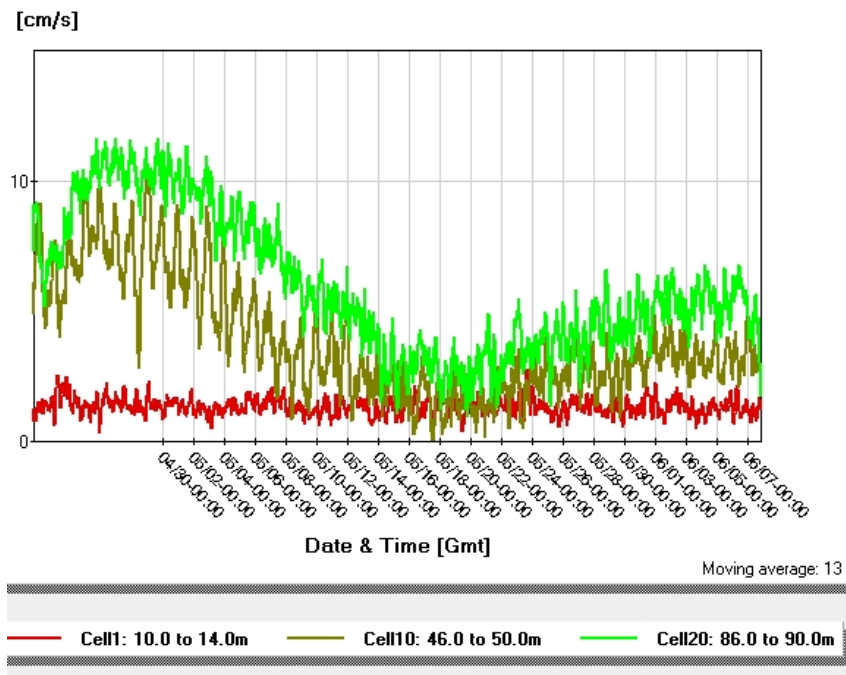


Figur 3. Gjennomsnittlig strømhastighet i vannmassene fra bunn og opp til ca 40 meters vanddyb.

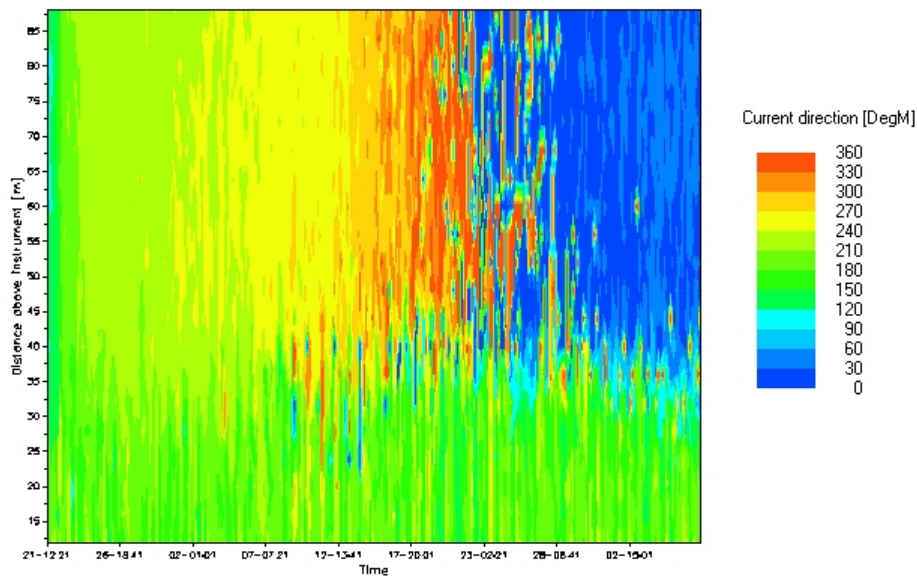
Under måleperiodens første halvdel var strømmen stabil med en sydvestlig retning (ut fjorden, 200-270 °), mens den i andre halvdel hadde en stabil nordøstlig retning (inn fjorden, 0-30 °, **Figur 6**). Strømmen ut fjorden i første halvdel av måleperioden var noe sterkere enn den innadgående strømmen i andre halvdel av måleperioden (**Figur 4** og **Figur 5**).



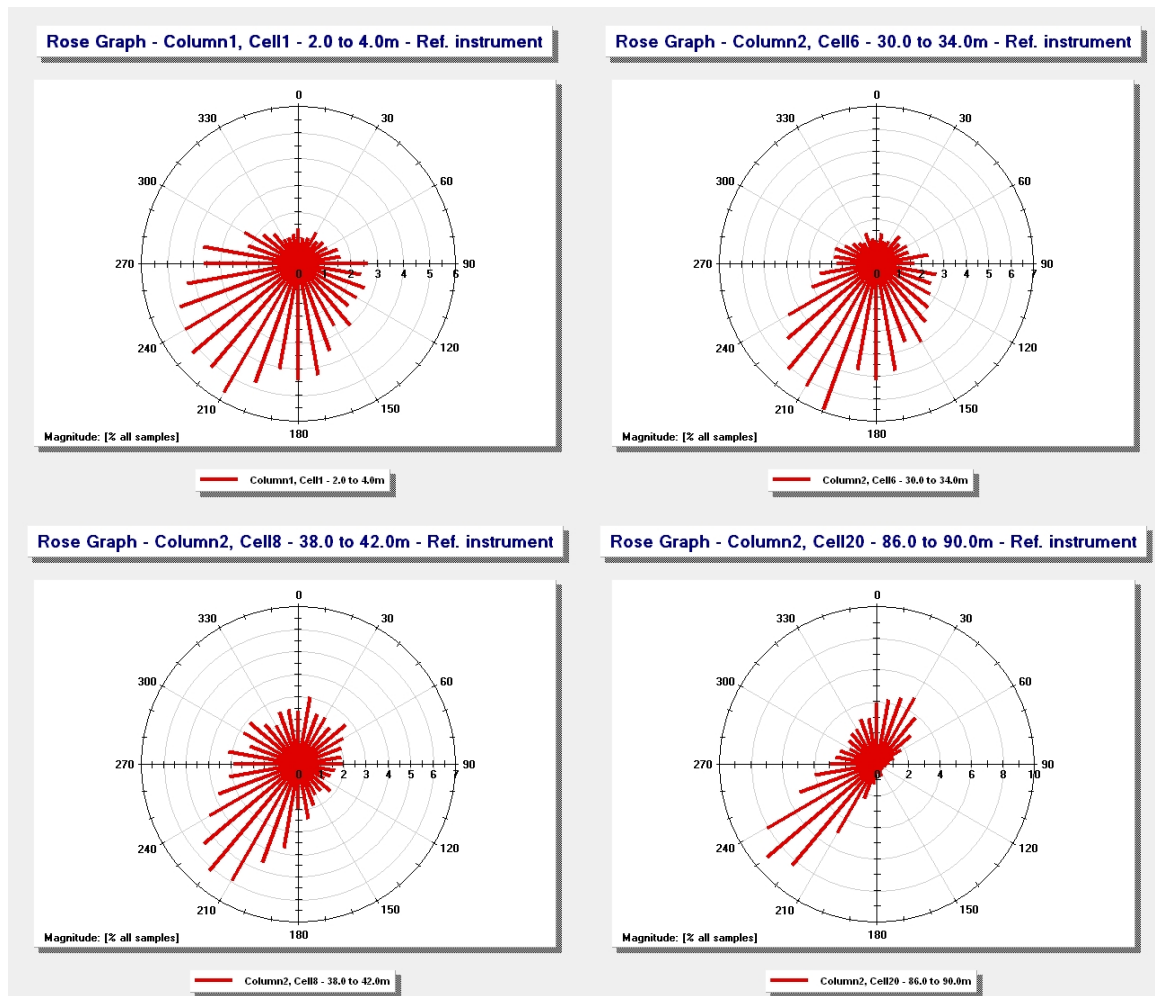
Figur 4. 3D-plott over horisontal strømhastighet gjennom hele måleperioden fra 21/4-05 til 7/6-05. Ulike farge indikerer ulik strømhastighet.



Figur 5. Strømstyrken (cm/s) i 3 ulike vannlag. (Cell-1 = 110-106 m vandndyp, Cell 2 = 74-70 m vandndyp, Cell 3 = 34-30 m vandndyp).



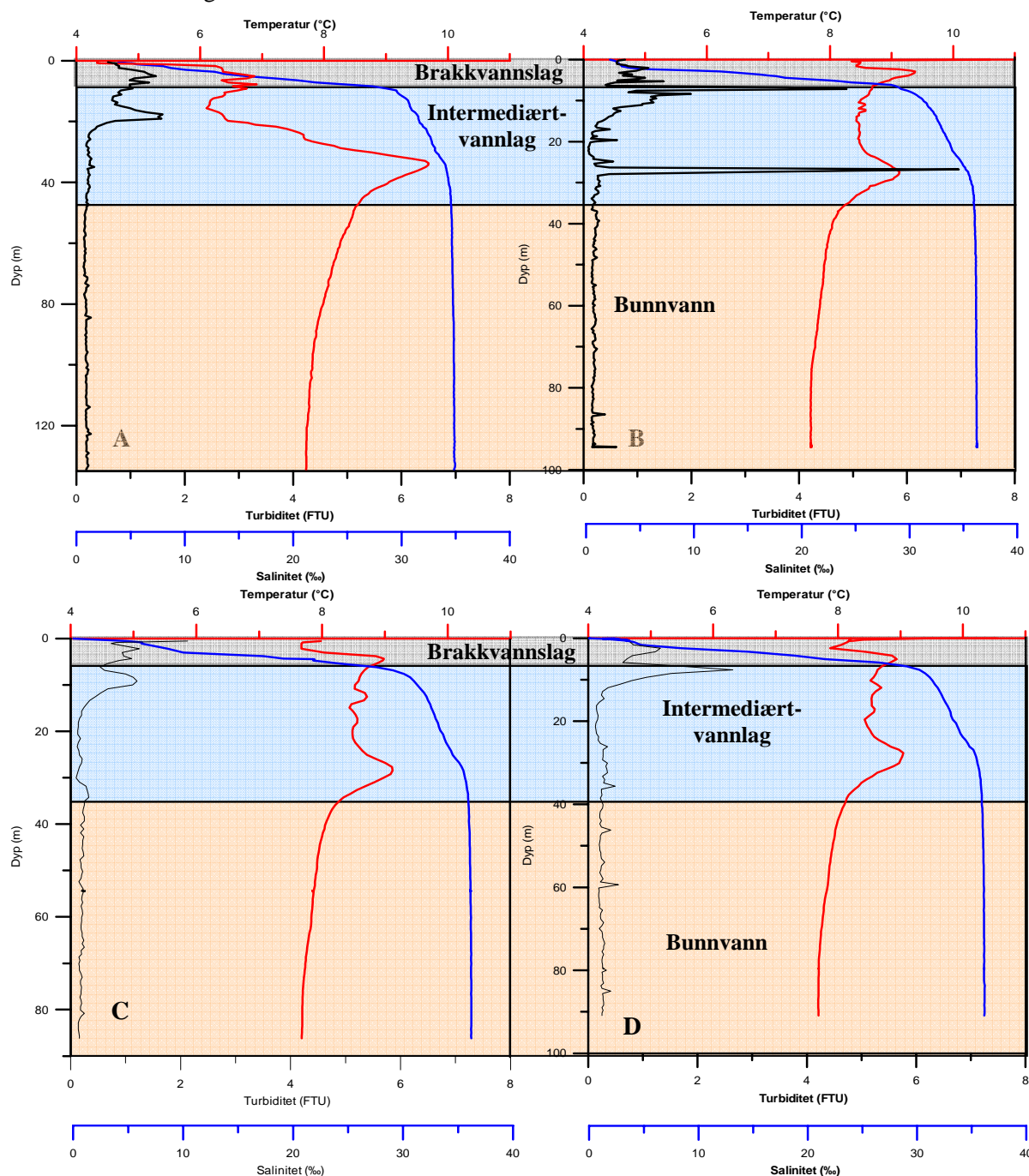
Figur 6. Horisontal strømretning i ulike vann dyb gjennom hele måleperioden fra 21/4-2005 til 7/6-2005. De ulike fargene indikerer ulike strømretninger.



Figur 7. Dominerende strømretninger i 4 vannlag. **A**-3-5 meter over sjøbunn, **B**-31-35 meter over sjøbunn, **C**-39-43 meter over sjøbunn, **D**- 87-91 meter over sjøbunn.

3.2 Hydrografi (CTD)

Vannmassene i Saudafjorden var markert lagdelt med et lett ca. 10 meter tykt brakkvannslag i over noe tyngre vannmasser. Gjennom brakkvannslaget økte saliniteten fra ca. 5 ‰ i overflaten til ca. 30 ‰ ved ca. 10 meters dyp. Temperaturen i brakkvannslaget økte også fra overflaten og ned til 10 m. Ved målingene foretatt i juni ble det i brakkvannslaget observert et temperaturmaksimum på ca. 5-7 meters dyp. De intermediære vannmassene fra ca. 10 til ca. 50 meter hadde nærmest konstant salinitet og men varierende temperatur. Ved begge måleperiodene (april og juni) ble det påvist et temperaturmaksimum på ca. 30-40 meters dyp. Vannmassene dypere enn ca. 50 meter (bunnvannet) var homogene og hadde kun svake vertikale gradienter.



Figur 8. Salinitet, temperatur og turbiditetsmålinger i indre del av Saudafjorden. **A**- CTD-1 april 2005. **B**-CTD-1 juni 2005, **C**-CTD-3 juni 2005, **D**-CTD 4 juni 2005.

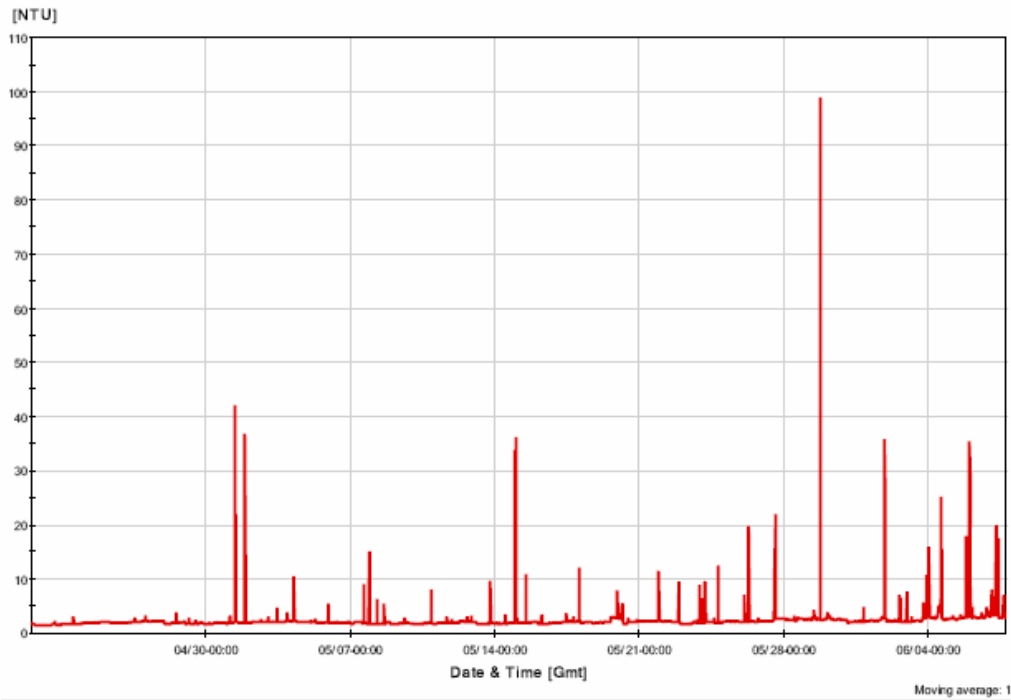
3.3 Turbiditetsmålinger

Mengden partikler i bunnvannet ble kontinuerlig målt med turbiditetssensor (Aanderaa 3612) montert på RDCP600en gjennom hele måleperioden fra 21. april til 7. juni. Den gjennomsnittlige turbiditeten i bunnvannet i det aktuelle deponiområdet i Saudafjorden var på 2,2 NTU (**Figur 9**).

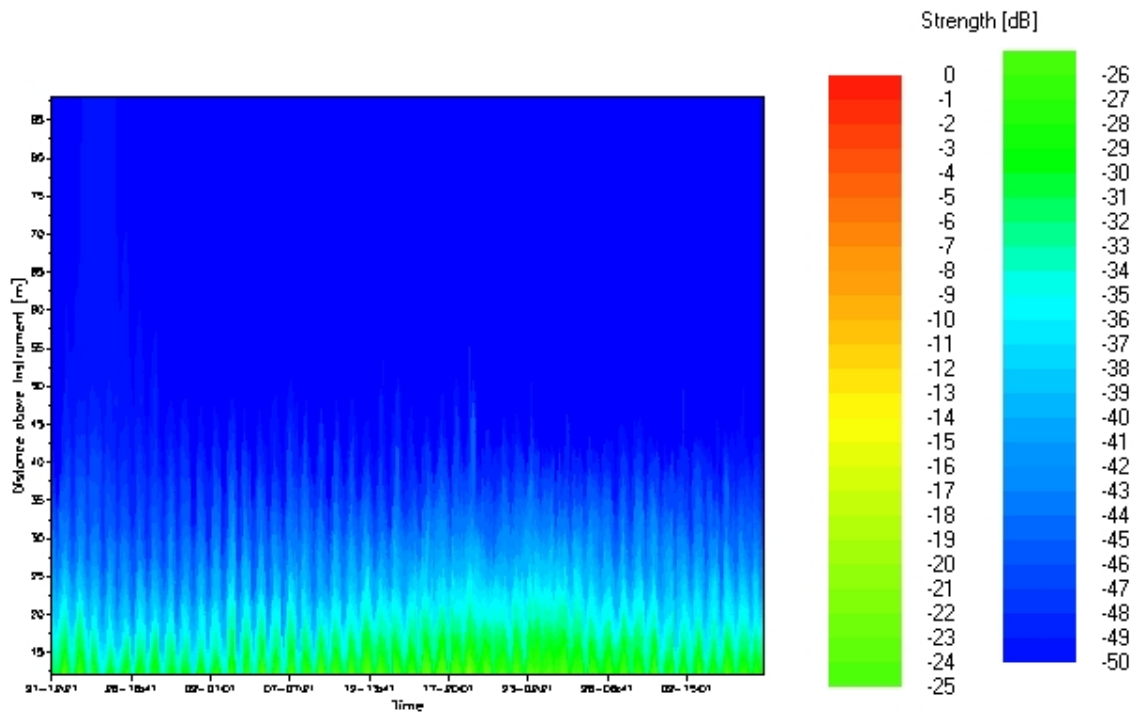
Turbiditetsprofilene fra de profilerende undersøkelsene med SAIV-CTD sonden (**Figur 8**) ved utsetting og innhenting av strømriggeren, viste at overflatevannmassene fra 0-ca 30 meter har høyere turbiditet enn bunnvannet. I bunnvannet lå turbiditeten målt med Saiv sonden på 0,2-0,3 FTU, mens den i overflatevannmassene generelt varierte fra ca 1 til 2,5 FTU. Turbiditeten i bunnvannet målt med SAIV-sonden var 5-10 ganger lavere de verdiene som ble observert i bunnvannet med turbiditetssonden som var montert på RDCP-600.

Signalstyrkeprofilen (**Figur 10**) som gir en indikasjon på mengden partikler i vannmassene viser at det er høyest partikkelmengde i bunnvannet (minst negative verdier). Dette bekrefter observasjonene fra langtidsregistreringene av turbiditet på strømmåleren som viste relativt høye turbiditetsverdier nær bunn. Registreringer av signalstyrke gjøres ikke i overflatevannmassene på grunn av begrenset rekkevidde på signalene (maks 70-80 meter).

I løpet av hele måleperioden fra april til juni ble det registrert en rekke turbiditetstopper (**Figur 9**). Detaljstudier av disse viser at det ikke er noe korrelasjon mellom turbiditetstoppene og strømhastigheten. Det ble heller ikke påvist noen korrelasjon mellom turbiditetstoppene og backscatterdataene fra RDCP 600 som også gir et mål på mengden partikler i vannmassene (Notat Anders Tengberg, Universitetet i Göteborg). Årsaken til disse kortvarige turbiditetsøkningene er ikke klarlagt, men den gjennomsnittlige bunnstrømmen i området er lav og selv ved maksimum observert strømhastighet (11.7 cm/s) langs bunn vil det mest trolig ikke forekomme sedimentresuspensjon. Vi kan heller ikke utelukke at enkelte av turbiditetstoppene er feilmålinger. Testing av turbiditetssensoren hos Aanderaa direkte i etterkant av målingene har ikke klart påvise feil med instrumentet. Det er heller ikke blitt observert tilsvarende "sparker" ved senere bruk av samme sensor. En annen mulighet er at de observerte turbiditetstoppene er forårsaket av dyr (sjøstjerner etc.) som klatrer opp på målesensorene eller at bunnlevende organismer (fisk etc.) forårsaker resuspensjon av løse sedimenter. Det er også vist at den oransje fargen på strømsensoren kan f. eks tiltrekke seg fisk (pers. med. Dr. Anders Tengberg, Universitetet i Göteborg).



Figur 9.. Turbiditetsmålinger i bunnvannet ved deponiområdet i perioden fra 21/4-2005 til 7/6-2005. Det har ikke vært mulig å forklare de markerte turbiditetsøkningene.









Figur 10. Signalstyrkedata fra bunn og opp til ca 40 meter vanddyb fra RDCP 600 i gjennom hele måleperioden fra april til juni 2005. Mer positive tall indikerer mer partikler i vannmassene.

3.4 Miljøgiftkonsentrasjonen vannmassene i indre del av Saudafjorden

Vannprøver (ufiltrert) for analyse av miljøgifter ble samlet inn med en Niskin vannhenter 21/4-2005 fra to vanddyb (0 og 60 meter) i deponiområdet. Analysene viste at vannprøvene var markert til moderat forurenset med hensyn på sink, sterkt til meget sterkt forurenset med hensyn på bly og moderat til lite forurenset med hensyn på kadmium. Analysene av PAH-konsentrasjonen i sjøvann gav kun detekterbare konsentrasjoner av naftalen i overflatevannmassene og acenaftylen på 60 meters vanddyb.

Tabell 2. PAH-konsentrasjonen i vannmassene over det planlagte deponiområdet. Vannprøvene er klassifisert etter miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997).

Stoff	Enhet	0 m	60 m
Total nitrogen	µg/l N	165	240
Kadmium	µg/l	0.02	0.033
Bly	µg/l	0.58	1.09
Sink	µg/l	5.55	4.55
Naftalen	ng/l	3.8	<2
Acenaftylen	ng/l	<2	8.6
Acenaften	ng/l	<2	<2
Fluoren	ng/l	<2	<2
Fenantren	ng/l	<2	<2
Antracen	ng/l	<2	<2
Fluoranten	ng/l	<2	<2
Pyren	ng/l	<2	<2
Benz(a)antracen	ng/l	<2	<2
Chrysen+trifenylen	ng/l	<2	<2
Benzo(b)flu.	ng/l	<2	<2
Benzo(j,k)flu.	ng/l	<2	<2
Benzo(e)pyren	ng/l	<2	<2
Benzo(a)pyren	ng/l	<2	<2
Perylen	ng/l	<2	<2
Indeno(1,2,3cd)pyren	ng/l	<2	<2
Dibenz(a,c/a,h)ant.	ng/l	<2	<2
Benzo(ghi)perylene	ng/l	<2	<2
Sum PAH16	ng/l	3.8	8.6
Sum KPAH	ng/l	0	0

	I. Ubetydelig-lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset
	V. Meget sterkt forurenset		Ikke i klassifiseringssystem				

4. Oppsummering

- I vannmassene i intervallet fra 40–80 meters dyp varierte strømhastigheten mellom 8 og 3 cm/s, med en gjennomsnittshastighet ca 3 cm/s. I intervallet fra ca 120 meter til 80 meters vandyp varierte strømhastigheten mellom 0,5 og 4,5 cm/s, med en gjennomsnittshastighet på ca. 1 cm/s
- Bunnvannet hadde en mer stabil strømhastighet enn de overliggende vannmassene.
- Under måleperiodens første halvdel var strømmen (120-40 meters vandyp) stabil med en sydvestlig retning ut fjorden, mens strømrretningen i periodens andre halvdel var stabil med en nordøstlig retning inn fjorden. Strømmen ut fjorden i første halvdel av måleperioden var noe sterkere enn den innadgående strømmen i andre halvdel.
- Vannmassene i Saudafjorden er markert lagdelt med et lett ca.10 meter tykt brakkvannslag over noe tynge vannmasser. Under brakkvannslaget fra ca 10 til ca 50 meter var det et vannlag med nærmest konstant salinitet og varierende temperatur. Vannmassene dypere enn ca 50 meter var homogene og hadde kun svake vertikale gradienter.
- Den gjennomsnittlige turbiditeten i bunnvannet i det aktuelle deponiområdet i Saudafjorden var på 2,2 NTU. I bunnvannet ble det registrert en rekke turbiditetstopper som ikke har vært mulig å forklare.
- Vannprøvene fra deponiområdet var markert til moderat forurensset med hensyn på sink, sterkt til meget sterkt forurensset med hensyn på bly og moderat til lite forurensset med hensyn på kadmium. PAH-konsentrasjonen i vannmassene var for de fleste elementene under deteksjonsgrensen.

5. Referanser

Danielsson, L.-G., B.Magnusson og S. Westerlund, 1978. An improved metal extraction procedure for the determination of trace metals in sea water by atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization. *Anal.Chim.Acta.*, 98: 47-59.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og J. Sørensen, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensningstilsyn. Veiledning 97:03, 36 s.

Stenström, P., Golmen, L., 2005: Strømmodellering i indre Saudafjorden - Konsekvenser av kraftverkutbyggingen ved Sønnå for isforhold og erosjon. NIVA rapport nr. 5060. ISBN 82-577-4763-7.

Vedlegg A.

Notat

Saudefaldene AS

Overvåkning av utfyllingsområdet i forbindelse med deponering av
steinmasser i Saudafjorden

Overvåkningsplanen er utarbeidet av:
Frode Uriansrud (frode.uriansrud@niva.no)
Jens Skei (jens.skei@niva.no)

Deres referanse
Karl Erih Johansen

Deres brev av

Vår referanse
J.nr. 65(vest)
S.nr.

Dato
3. januarl 2005

1. Bakgrunn

Fylkesmannen i Rogaland har gitt Saundefaldene AS tillatelse til deponering av 1,1 mill m³ steinmasser i et 100.000 m² stort areal på ca. 115 meters dyp i Saudafjorden (fig.1). Deponeringen vil skje over en periode på 3-4 år. Fylkesmannen stiller i denne forbindelse noen vilkår til deponeringen (Brev datert 06.09.04 fra Fylkesmannen i Rogaland). NIVA har fått i oppdrag av Saundefaldene AS å utforme et overvåkingsprogram som dekker kravene fylkesmannen stiller til overvåking i forbindelse med deponeringen.

Sedimentene i deponeringsområdet er finkornige og har PAH og kadmium-konsentrasjoner i tilstandsklasse V (Uriansrud, 2004). Når forurensede sedimenter dekkes til med steinmasser vil porevannet i sedimentene kunne presses ut og bidra til en forringelse av vannkvaliteten i bunnvannet. Selv om miljøgifter generelt er lite vannløslige så vil porevannet i forurensede sedimenter alltid være forurenset. Deponeringen vil også kunne medføre oppvirvling av forurensede partikler.

For å redusere spredning av miljøgifter under deponeringen er det foreslått å legge ut et ca. 20 cm tykt lag med grus eller pukk i deponeringsområdet før selve deponeringen starter, som vil fungere som en "støtpute". Dette laget vil i stor grad kunne redusere oppvirvlingen av forurensede partikler i startfasen av deponeringen.

Risikoen for partikkeloppvirvling og porevannsutpressing er størst i startfasen. Det anses derfor som tilstrekkelig å gjennomføre en studie i en kort periode av deponeringen for å vurdere spredning av miljøgifter.

2. Overvåkingsaktiviteter

2.1 ROV-inspeksjon av tildekkingslag (grus/pukk)

For å påse at de forurensede sedimentene i det utpekte deponeringsområdet blir tilstrekkelig tildekket av grus/pukk gjennomføres en ROV-inspeksjon etter at tildekkingslaget er lagt ut. Inspeksjonen må omfatte hele deponeringsarealet. ROVen må ha trackplotter, posisjoneringssystem, videokamera/opptaker. Trackplotter er viktig for å sikre at hele området blir dekket. En ROV-inspeksjon gjøres også etter at deponering er ferdig for å dokumentere hvordan deponeringen har endret bunnforholdene og for å påse at det ikke er mye partikler i vannmassene ved deponiet.

2.3 Overvåking av deponering

Fylkesmannen i Rogaland har satt som et av vilkårene i tillatelsen at utfyllingsområdet skal overvåkes. Ved tegn til unormalt mye forurensing som skyldes oppvirvling skal arbeidet stanses.

Ved dumping av tunnellmasse skjer en oppvirvling av bunnsedimenter og en turbiditetsøkning som skyldes steinstøv fra tunnellmassene. For å gjøre rede på hvor disse partiklene blir transportert bør en fremskaffe kunnskap om strøm og hydrografiske forhold innerst i Saudafjorden.

Det anses som lite aktuelt å gjøre kontinuerlig overvåking under hele anleggsperioden da denne vil vare 3-4 år, samt at risikoen for oppvirvling og spredning av miljøgifter er størst i starten av anleggsfasen. Det foreslås derfor å gjøre studier av partikkeloppvirvling og spredning innen et begrenset tidsrom (4 måneder).

1. Hydrografi og strømforhold

Strømhastighet og retning måles først over en 2 måneders periode før anleggsfasen med en ADCP-logger (evt. RDCP) som måler strømhastighet og retning i flere vannlag. Det vurderes som tilstrekkelig at RCM9-riggen som plasseres på bunn har påmontert turbiditetssensor. RCM9-riggen med turbiditetssensor plasseres på bunnen da det er her det er størst fare for spredning av forurensede partikler. En tilsvarende 1 måneders måleperiode gjennomføres også etter at utlegging av dekklag og deponeringen er startet slik at transport av partikler kan sammenlignes før og under deponering. Dette vil kunne gi et bilde av strømforholdene på deponeringslokaliteten og eventuell oppvirvling i forbindelse med deponeringen. På denne måten kan en på et tidlig tidspunkt få en indikasjon på om det er spredning av forurensede partikler under deponeringen.

Måling av vertikallagdelingen (CTD) av saltholdighet, temperatur og turbiditet gjøres samtidig med innhenting og utsetting av annet måleutstyr.

2. Vannprøver

Overvåkingen av Saudafjorden som har pågått siden 1974 har hatt liten fokus på vannkvalitet. I forbindelse med deponeringsovervåkingen er det viktig å etablere bakgrunnsdata for vannkvalitet i de indre delene av fjorden for å kunne vurdere hvilke effekter deponeringen har på vannkvaliteten i indre deler av Saudafjorden. Det foreslås å ta prøver ved 2 forskjellige dyp på en stasjon. Prøvene tas på tre tidspunkt, et før deponeringsstart (også før utlegging av gruslag), en prøvetaking i forbindelse med utsetting av ADCP etter at deponeringen har startet og en etter at deponeringen er ferdig (i forbindelse med ROV-inspeksjon). Vannprøvene analyseres for nitrogen, PAH, sink, bly og kadmium ved akkreditert laboratorium. Nitrogen undersøkes som følge av at nitrogenholdige forbindelser fra sprengstoffet ofte følger sprengsteinen (Bækken, 1998).

Tabell 1 Rekkefølgen på aktivitetene.

Tid →						
Overvåkningsaktivitet	Innledende undersøkelser	Utlegging av gruslag (slagg)		Deponering av steinmasser		Slutt deponering av steinmasser
Analyse av slagg, hvis aktuelt						
Vurdering av fysiske egenskaper til slagg.						
ROV-inspeksjon						
CTD						
Strøm/hydrografi/Turb	2 mnd.			1 mnd.		
Vannprøver						

5. Referanser

Uriansrud, F., 2004: Kartlegging av miljøtilstanden i indre deler av Saudafjorden. NIVA-notat nr. O-24141.

Bøkken, T., 1998: Avrenning av nitrogen fra tunnellmasser. NIVA-rapport, 1.nr. 3920. s26.

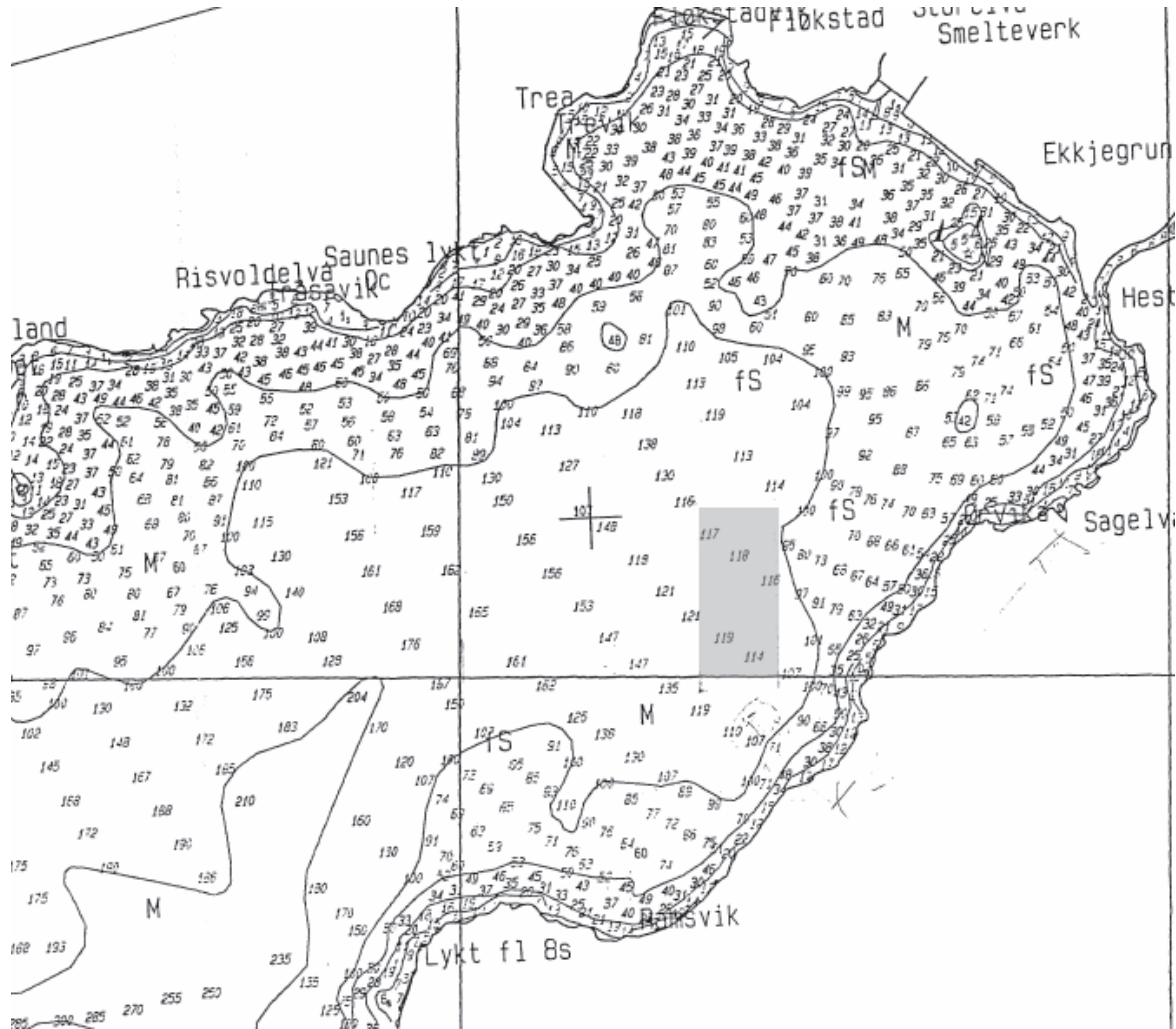


Fig. 1. Kart som viser planlagt deponeringsområde for steinmasser.