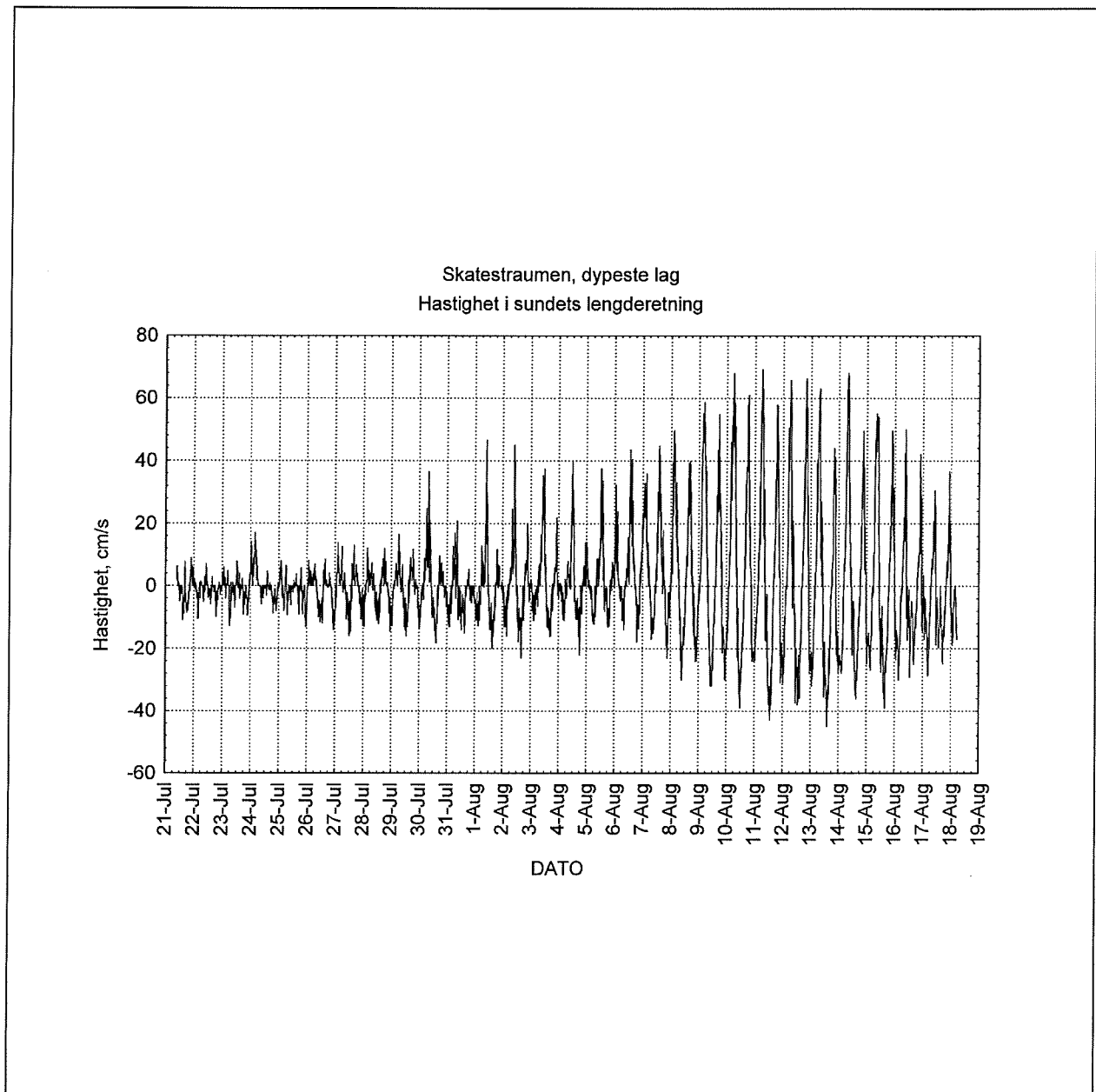


Skatestraumen.

Vurdering av miljøeffekter ved utslipp av tetningsmidler fra tunnel.



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
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Skatestraumen. Vurdering av miljøvirkninger fra utslipp av tetningsmidler fra tunnel	Løpenr. (for bestilling) 4095-99	Dato 15.9 1999
	Prosjektnr. Undernr. 99127	Sider Pris 23
Forfatter(e) Jarle Molvær	Fagområde Oseanografi	Distribusjon
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens vegvesen, Sogn og Fjordane vegkontor, Leikanger.	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag

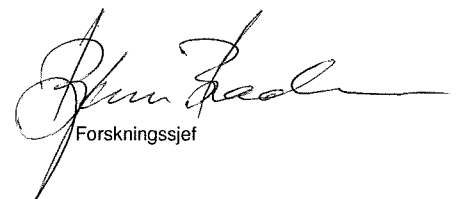
Strømmålinger over ca. 4 uker i Skatestraumen viste svært skiftende strømforhold som var styrt av det halvdaglige tidevannet. Beregningene tyder på at ved maksimale utslipp i omkring 30 m dyp er det mulighet for akutte skader på fastsittende organismer i et lag på 2-4 m tykkelse omkring 25-30 m dyp, innenfor en avstand på 100-150 m på begge sider av utslippet. Ved mindre vannmengder og/eller lavere konsentrasjoner av tetningsstoffer blir dette influensområdet betydelig mindre. Risikoen for effekter fra langtidspåvirkning er langt vanskeligere å bedømme, men beregninger antyder at ved de mest ugunstige omstendighetene kan skader opptre i et tynt vannsjikt helt ut til 1-1.5 km fra utslippspunktet.

Innblanding av ferskvann i lekkasjevannet kan effektivt øke fortynningen, redusere konsentrasjonene og størrelsen av influensområdet.

Varigheten av eventuelle skader på organismesamfunnene omkring utslippet er vanskelig å bedømme uten kunnskap om disse, men selv i verste fall betydelig skader på fastsittende organismesamfunn kan ventes å være utbedret etter 1-2 år. I de frie vannmassene vil tilstanden være gjenopprettet i løpet av timer-døgn etter at utslippet er opphørt.

Fire norske emneord 1. Skatestraumen 2. Tetningsmidler 3. Fortynning 4. Modellberegninger	Fire engelske emneord 1. Skatestraumen 2. Grouting agents 3. Dilution 4. Model calculations
---	---


 Prosjektleder


 Forskningssjef

O-99127

Skatestraumen

Vurdering av miljøvirkninger fra utslipp av
tetningsmidler fra tunnel

Forord

Den foreliggende rapporten er utarbeidet på oppdrag for Statens vegvesen, Sogn og Fjordane vegkontor, ifølge brev av 13.7 1999. Rapporten redegjør for gjennomføring og resultater fra en undersøkelse av strømforhold og vertikal lagdeling i Skatestraumen, Sogn og Fjordane. Videre inneholder den beregninger og vurderinger av konsentrasjoner og risiko for miljøeffekter i tilfelle lekkasjevann som inneholder tetningsstoffer fra tunnel under Skatestraumen må pumpes tilbake til sjøen.

Ved Statens vegvesen, Sogn og Fjordane vegkontor, har Olav Svangstu vært saksbehandler mens Rune Moldestad og Allen Natai på et utmerket måte har deltatt i feltarbeidet. Alle takkes for godt samarbeid.

Arild Sundfjord ved NIVAs avdeling i Bergen hadde ansvaret for utplassering av strømmåler og start av målingene av vertikal lagdeling. Tom Chr. Mortensen, NIVA Oslo, hadde ansvaret for klargjøring av instrumenter og avlesning av data. Jarle Molvær var prosjektleder og har forfattet rapporten.

Oslo, 15. september 1999

Jarle Molvær

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Kort beskrivelse om området ved Skatestraumen	7
3. Feltmålinger og data	8
3.1. Strømmålinger	8
3.2. Vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet	8
3.3. Avløpsvann og utslippsarrangement	9
3.4. Beregning av fortynning og konsentrasjoner	10
4. Resultater og vurderinger	11
4.1. Beskrivelse av strømforhold	11
4.2. Beskrivelse av saltholdighet	15
5. Vurdering av miljøeffekter fra lekkasjevann med tetningsmiddelet TACSS	16
5.1. Vurdering av ulike typer grenseverdier	16
5.2. Grenseverdier for DBP	17
5.3. Beregning av fortynning og konsentrasjoner	17
5.4. Vurdering av risikoen for miljøeffekter	18
6. Litteratur	19
Vedlegg A. Målinger av temperatur og saltholdighet i Skatestraumen	20
Vedlegg B. Figurer fra strømmålingene	23

Sammendrag

Det framtidige *Bremangersambandet* på Rv 16 inkluderer en undersjøisk tunnel under Skatestraumen mellom Kolset på Rugsundøy og Klubben i Ytre Bremanger. Under sprenging av tunnelen kan det oppstå lekkasjer med inntrenging av sjøvann, og det blir da aktuelt å benytte kjemiske tetningsmiddel. Litt av tetningsmidlet kan blande seg med sjøvannet som blir pumpa ut av tunnelen og tilbake i sjøen i Skatestraumen. Type tetningsmiddel vil være TACSS-020 og akselerator C852. Her ansees komponenten di-n-butylftalat (DBP) som kritisk i forhold til miljøeffekter.

Tetningsmiddelet kan være giftig for marine organismer dersom konsentrasjonen blir for høy. Derfor har Statens vegvesen, Sogn og Fjordane vegkontor, bedt NIVA om å vurdere hvilke konsentrasjoner som kan bli aktuelle i Skatestraumen og i området rundt.

Som grunnlag for beregningene er det utført strømmålinger og målinger av sjiktningen i Skatestraumen over et tidsrom på ca. 4 uker i juli-august 1999.

Risikoen for at utslipp av lekkasjevann som inneholder DBP skal medføre forurensning er vurdert på grunnlag av konsentrasjonen samt varighet av denne konsentrasjonen. Grunnlaget for å fastsette grense for akutte effekter er at organismene blir utsatte for den konsentrasjonen i 24 timer. Kronisk effekt bedømmes i forhold til gjennomsnittskonsentrasjonen over 4 døgn. I Skatestraumen vil både strømhastighet, strømretning og fortykning variere gjennom en tidevannsperiode, dvs. over ca. 12.4 timer. På grunn av den skiftende strømretninga vil organismene nær inntil utslippet på begge sider være utsatt for DBP inntil 12 timer i døgnet, mens de som ligger 300-400 m unna (ved utslipp av 500 l/s av sjøvann med konsentrasjon 2400 µg/l) to ganger i døgnet kan komme i kontakt med skyen de 1-2 timene da strømmen er på det sterkeste. Utpumping av lekkasjevann antas å skje i perioder på inntil en ukes varighet.

Denne tidsvariable situasjonen gjør det vanskelig å bedømme risikoen på teoretisk grunnlag og uten å vite mer om organismesamfunnene. Beregningene som er utført tyder imidlertid på at ved maksimale utslipp i omkring 30 m dyp er det mulighet for akutte gift-effekter på fastsittende organismer i et lag på 2-4 m tykkelse omkring 25-30 m dyp, innenfor en avstand på 100-150 m på begge sider av utslippet. Ved mindre vannmengder og/eller lavere konsentrasjoner blir dette influensområdet betydelig mindre. Risikoen for effekter fra langtidspåvirkning er langt vanskeligere å bedømme, men beregninger antyder at ved utslipp over lenger tidsrom enn 6-8 døgn og ved de mest ugunstige kombinasjonene av DBP-konsentrasjon, vannmengde, strømhastighet og fortykning, kan det være risiko for skader i et tynt vannsjikt helt ut til 1-1.5 km fra utslippspunktet.

Innblanding av ferskvann i lekkasjevannet vil effektivt øke fortykningen, redusere konsentrasjonene og dermed influensområdet.

Varigheten av eventuelle skader på organismesamfunnene omkring utslippet er vanskelig å bedømme uten kunnskap om disse, men selv i verste fall kan betydelig skader på fastsittende organismesamfunn ventes å være utbedret etter 1-2 år. I de frie vannmassene vil tilstanden være gjenopprettet i løpet av timer-døgn etter at utslippet er opphørt.

1. Innledning

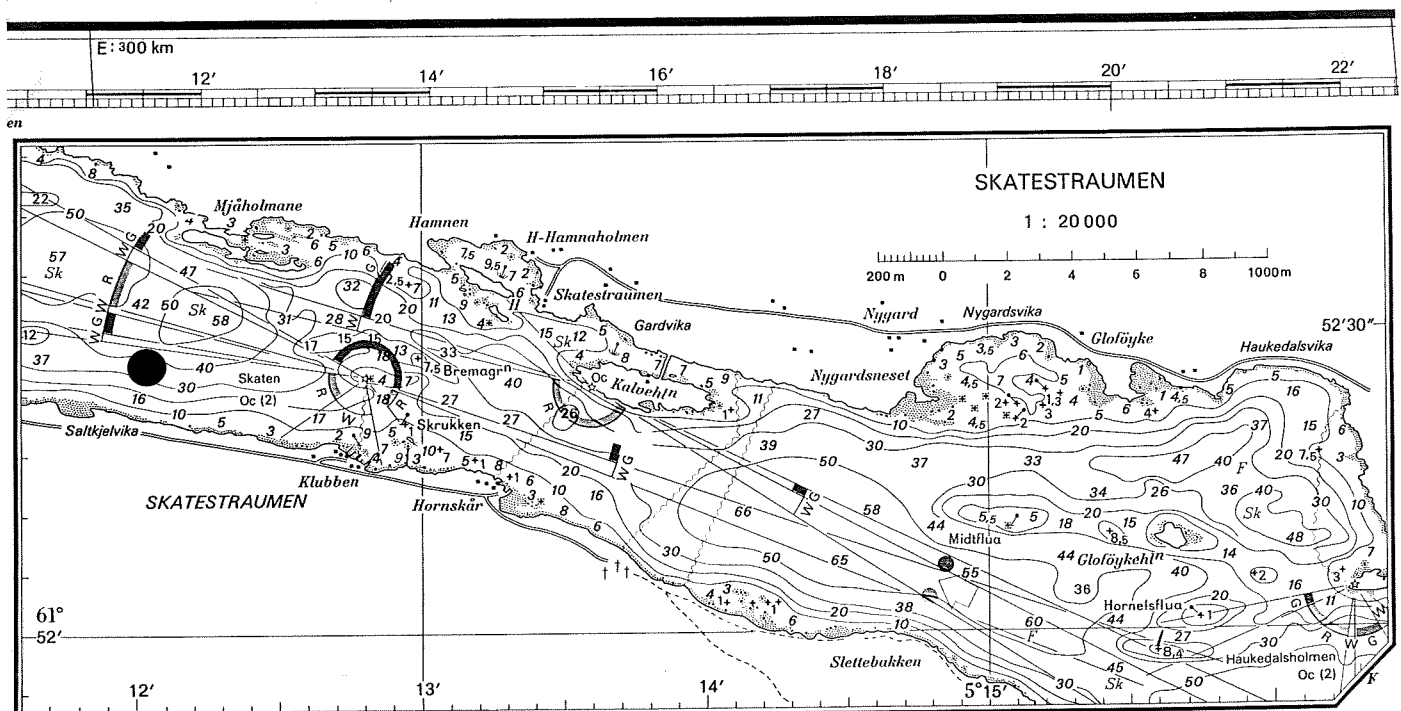
Det framtidige *Bremangersambandet* på Rv 16 inkluderer en undersjøisk tunnel under Skatestraumen mellom Kolset på Rugsundøy og Klubben i Ytre Bremanger (Figur 1). Under sprengning av tunnelen kan det oppstå lekkasjer med inntrenging av sjøvann, og det blir da aktuelt å benytte kjemiske tetningsmidler. Litt av tetningsmiddelet kan da blande seg med sjøvannet som blir pumpa ut av tunnelen og tilbake i sjøen i Skatestraumen.

Tetningsmiddelet kan være giftig for marine organismer dersom konsentrasjonen blir for høy. Derfor har Statens vegvesen, Sogn og Fjordane vegkontor, bedt NIVA om å vurdere hvilke konsentrasjoner som kan bli aktuelle i området rundt utslippet.

Prosjektet er todelt:

1. Gjennomføre strømmåling og måling av vertikal sjiktning i sjøen ved planlagt utslippssted.
2. Foreta beregninger av fortykning og konsentrasjon av tetningsmidler i Skatestraumen, og vurdere konsentrasjonene i forhold til kjente grenser for virkning på marine organismer.

Tetningsmiddelet som kan bli brukt i tunnelen oppgis å være TACSS, av same type som ble brukt i Romeriksporten..



Figur 1. Skatestraumen med inntegnet posisjon (●) for strømmålinger og målinger av temperatur og saltholdighet (kopi fra sjøkart nr. 28)

2. Kort beskrivelse om området ved Skatestraumen

Skatestraumen er det langstrakte sundet mellom Rugsundøy i nord og Bremangerlandet i sør (Figur 1). I den midtre delen er bredden 400-600 m og ca. 20 m dypt på det grunneste mellom Hamnen og Klubben. Strømforhold og den vertikale sjiktningen av vannmassen i Skatestraumen er ikke undersøkt, men Den Norske Los (1982) oppgir at tidevannsstrømmen kan være sterk. Generelt sett kan man anta at strømmen drives av:

- Det halvdaglige tidevannet: retningen skifter mellom inngående og utgående strøm
- Ferskvannstilførselen i Nordfjord: utgående strøm
- Variasjoner i vindretning/-styrke og av lufttrykk: retningen skifter mellom inngående og utgående strøm
- Skiftende forhold i kystvannet: retningen skifter mellom inngående og utgående strøm

Retningen av strømmen vil altså være i sundets lengderetning, men kan variere mellom begge hovedretningene. Likedan kan man vente at strømstyrken vil variere mye.

Den planlagte tunnelen vil krysse Skatestraumen mellom Klubben og Mjåholmane og lekkasjevann fra tunnelen vil bli pumpet ut mellom Klubben og Saltkjelvika (Figur 1).

3. Feltnmålinger og data

Prosjektet har omfattet tidsrommet 2.7-15.9 1999 (Figur 2). I det etterfølgende omtales kort hvordan feltarbeidet og databehandlingen ble gjennomført.

Arbeidsoppgave	June		July				August				September			
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Planlegging														
Strømmålinger														
Målinger av temperatur og saltholdighet														
Databehandling og rapportering														

Figur 2. Prosjektplan.

3.1. Strømmålinger

Strømmens hastighet og retning i Skatestraumen ble målt i tidsrommet 21.7-17.8.99 ved bruk av en Aanderaa DCM12 Doppler strømmåler (Aanderaa Instruments, 1993). Måleren ble plassert ved bunnen i ca. 33 m dyp nær det aktuelle utslippsstedet (Figur 3). Den sender ut lydsignaler vertikalt mot overflata og bruker Dopplerprinsippet for å beregne hastighet og retning ut fra lydsignalene som reflekteres fra partikler i vannet. Instrumentet registrerer i 5 vannlag og i et tynt sjikt ved overflata. De 5 lagene var

- Lag 1: ca. 0.7-8.1 m,
- Lag 2. 5.6-13.8 m,
- Lag 3: 10.4-18.5m,
- Lag 4: 15.2-23.4 og
- Lag 5: 20-28.2 m.

Mellom nederste lag og måleren er det en 4 m blindsoner.

Resultatene er brukt til beregning av fortykning av sjøvannet som evt. trenger inn i tunnelen etter at det er pumpet tilbake til sjøen.

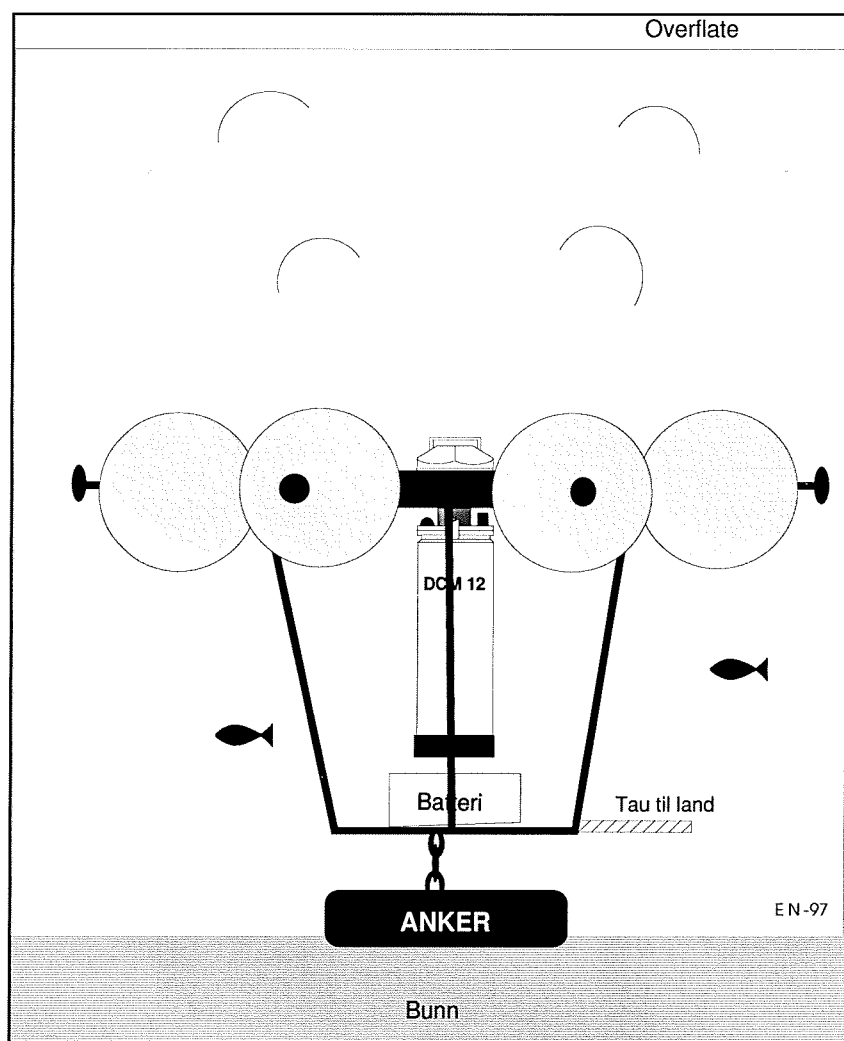
3.2. Vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet

Vertikalprofiler av saltholdighet og temperatur mellom overflata og ca. 35 m dyp ble målt ukentlig i tidsrommet 21.7-23.8.99 med en automatisk registrerende sonde av modell SD202 (som beskrevet i SAIV, 1998). Posisjonen for målingene er vist i Figur 1.

Nøyaktigheten i registreringene er:

- Temperatur: ± 0.1 °C
- Saltholdighet: ± 0.1
- Dyp: ± 0.2 m

Resultatene brukes i beregning av egenvekten for sjøvannet som kan trenge inn i tunnelen og fortykning av dette vannet når det pumpes tilbake til sjøen.



Figur 3. Skisse som viser en DCM12 ultralyd strømmåler monteret i en ramme med oppdriftsbøyer og forankring til bunnen.

3.3. Avløpsvann og utslippsarrangement

Opplysninger om lekkasjesvannet som evt. vil bli pumpet ut i Skatestraumen er gitt av Statens vegvesen, Sogn og Fjordane vegkontor:

- Type tetningsmiddel: TACSS-020 og akselerator C852. Her ansees komponenten di-n-butylftalat (DBP) som kritisk i forhold til miljøeffekter.
- Konsentrasjon: 2.4 mg/l av DBP ved en vannmengde på 500 l/min. Vannet vil være sjøvann som trenger inn tunnelen før den tettes. Om nødvendig økes vannmengden (lavere konsentrasjoner) ved å tilføre ferskvann eller sjøvann
- Diameter på avløpsledning og utslippsdyp: Diameteren er 110 mm. Utslippsdypet kan fastlegges i forhold til best fortykning, og fastsettes på grunnlag av denne rapporten.
- Tidsforløp: lekkasjene antas å foregå i perioder på inntil en ukes varighet når tunnelfronten passerer soner med sprekker i fjellet.

3.4. Beregning av fortykning og konsentrasjoner

For å beregne konsentrasjonen av DBP i Skatestraumen anvendes datamodellen PLUMES (Baumgartner et al. 1994) som er utgitt av det amerikanske miljøverndirektoratet (EPA).

Konsentrasjonen i en gitt avstand fra utslippet beregnes ved bruk av vannmengden som pumpes ut, konsentrasjonen i dette vannet, den turbulente diffusjonskoeffisienten, sjiktningen i vannmassen og strømhastigheten. Modellen er anvendt for å beregne konsentrasjonen over distanser på inntil 1000 m fra utslippspunktet.

For å beskrive den turbulente blandingen er brukt koeffisienten $0.000453 \text{ cm}^{2/3}/\text{s}$ som Baumgartner et al. (1994) anbefaler for åpne kystområder. Sannsynligvis er den turbulente blandingen i Skatestraumen ofte betydelig høyere enn dette, men i mangel på sikre data er den forannevnte koeffisienten brukt.

Konsentrasjonen av DBP beregnet for utslipp av 250 l/min og 500 l/min sjøvann gjennom en ledning, og dertil for en vannmengde bestående av like deler sjøvann og ferskvann. Ved større mengder lekkasjevann eller ved innblanding av ekstra vann, antas maks. vannmengde gjennom avløpsledningen fortsatt å være 500 l/min fordi man da vil fordele vannet på flere avløpsledninger. Videre forutsetter vi at avløpsvannet fra eventuelle flere ledninger ikke/bare minimalt blander seg med hverandre etter at det er pumpet ut i Skatestraumen, dvs. at fortynningsvannet hele tiden er rent sjøvann.

Uten innblanding av ekstra ferskvann eller sjøvann er konsentrasjonen av DBP satt til 2.4 mg/l, og dertil er gjort beregninger for henholdsvis halv vannmengde og halv konsentrasjon (Tabell 1). Ved å utføre beregningene for 6 kombinasjoner av vannmengde og konsentrasjon og samtidig ta hensyn til varierende sjiktning (6 profiler), strømhastighet (3 hastigheter) fåes 108 kombinasjoner som bør gi en rimelig god beskrivelse at de konsentrasjonene som kan forekomme.

Tabell 1. Kombinasjoner av vannmengde og konsentrasjoner av DBP i utpumpet lekkasjevann.

Vannmengde (l/s)	500	500	500 ¹⁾	250	250	250 ¹⁾
DBP (µg/l)	2400	1200	1200	2400	1200	1200

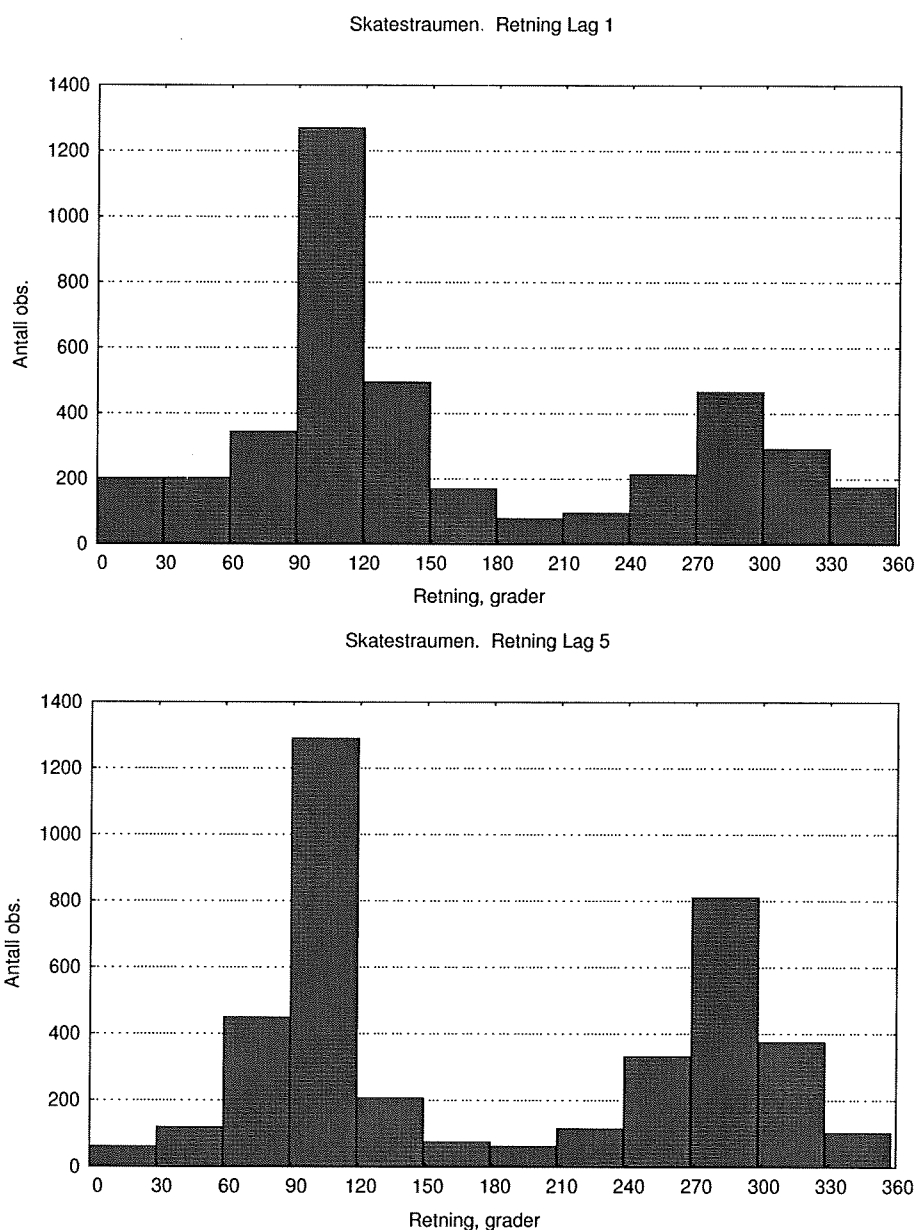
¹⁾ med 50% ferskvann.

4. Resultater og vurderinger

4.1. Beskrivelse av strømforhold

Retning

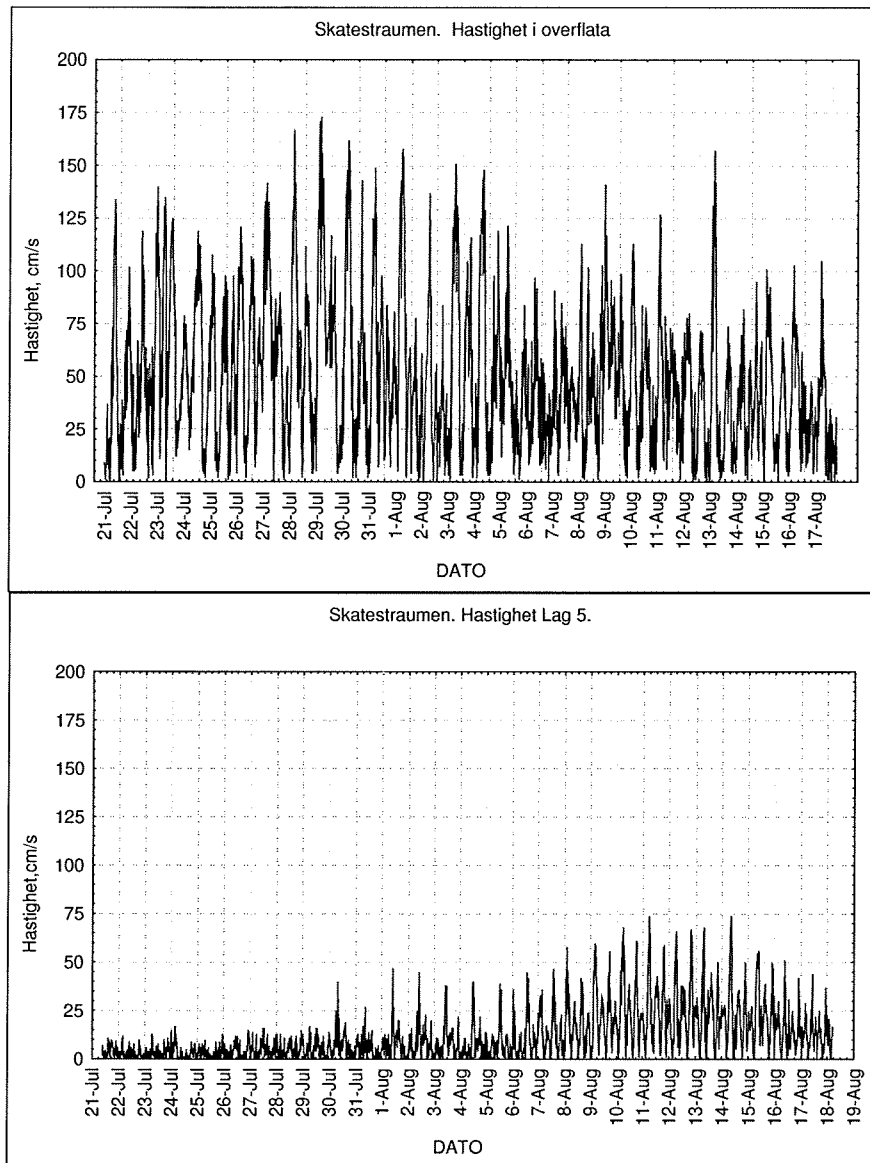
Der måleren var plassert var lengderetningen av Skatestraumen omtrent langs akse 100-280°. Målingene viste at hovedretningen av strømmen også gikk langs denne akse, både i lag 1 nær overflata og i lag 5 nærmest bunnen (Figur 4).



Figur 4. Fordeling av observasjonene av strømmens retning i Lag 1 (ca. 0.5-8 m dyp) og Lag 5 (ca. 20-28 m dyp).

Hastighet

Nedenfor vises resultater for overflata og lag 5 (Figur 5). Strømhastigheten i overflata var langt større enn i lag 5, men hastigheten i nederste lag økte mye mot slutten av måleperioden.



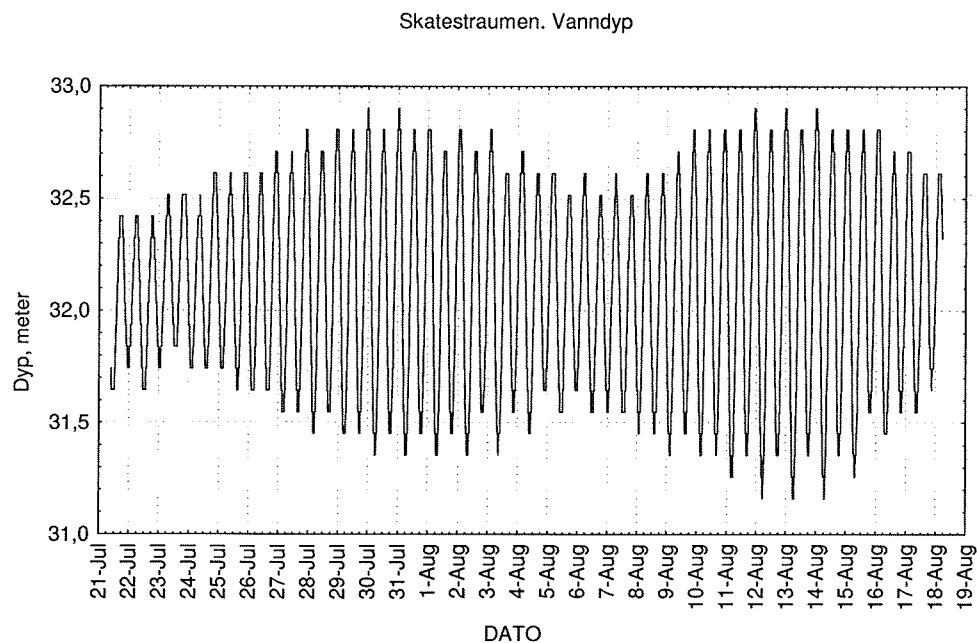
Figur 5. Strømhastighet i overflate og gjennomsnittsverdi for 20-28 m dyp (lag 5).

Når man ser hastighetkomponenten i Skatestraumens lengderetning framstår mye det samme bildet, men man ser at strømhastighet og strømretning varierer regelmessig (Figur 6). En Fourier-analyse viste at perioden for variasjonene var 12.36 timer, dvs. at figuren viser at strømforholdene i hovedsak bestemmes av det halvdaglige tidevannet som strømmer ut og inn gjennom Skatestraumen.

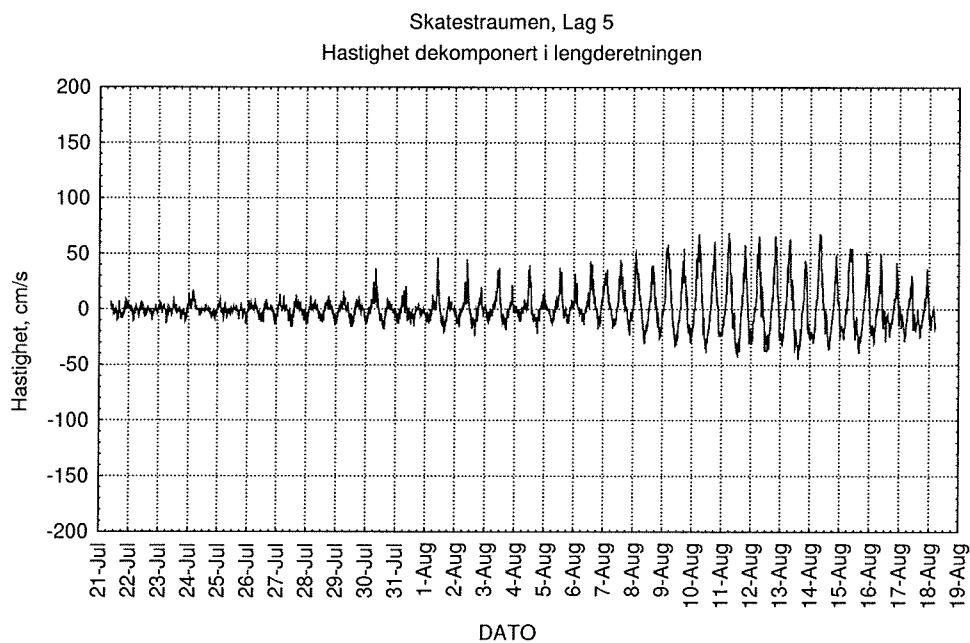
Det er ikke utført strømmålinger i Skatestraumen tidligere og vi har dermed ikke mulighet for å vurdere hvor representative resultatene kan være. Men ettersom tidevannet dominerer er det grunn til å anta at en 4 ukers periode gir rimelig god beskrivelse av forholdene

Som grunnlag for valg av hastighet i modellberegningene er det gjort en statistisk analyse av hastigheten i lag 5 (Figur 7). Middelhastigheten var 7 cm/s og ca. 90% av registreringene var under 30

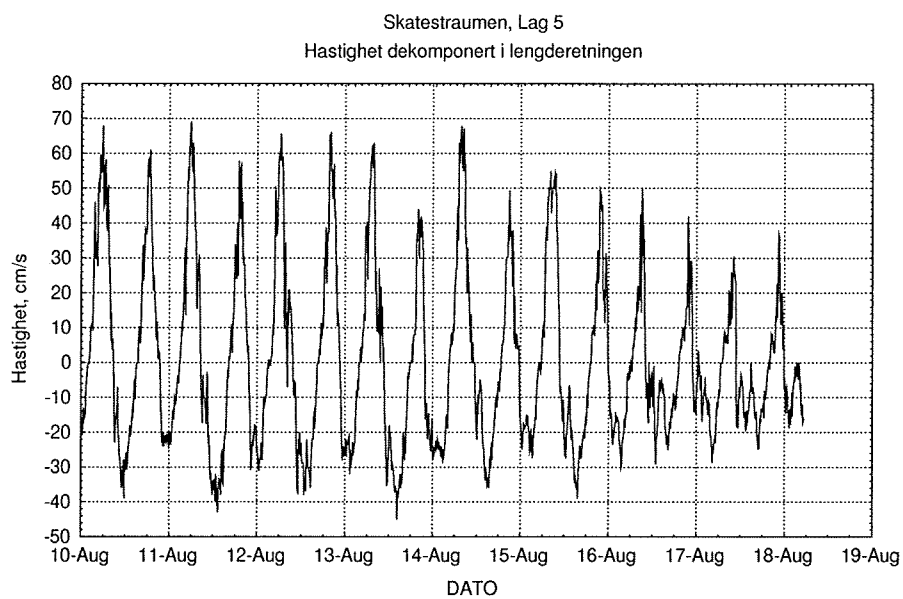
cm/s. Årsaken til at hastigheten økte mot slutten av måleperioden er ikke kjent. Det kan være kombinasjoner av endret vertikal sjiktning (se Figur 8-9), av tidevann og av ukjente hydrografiske/meteorologiske forhold i kystvannet eller i selve Nordfjord.



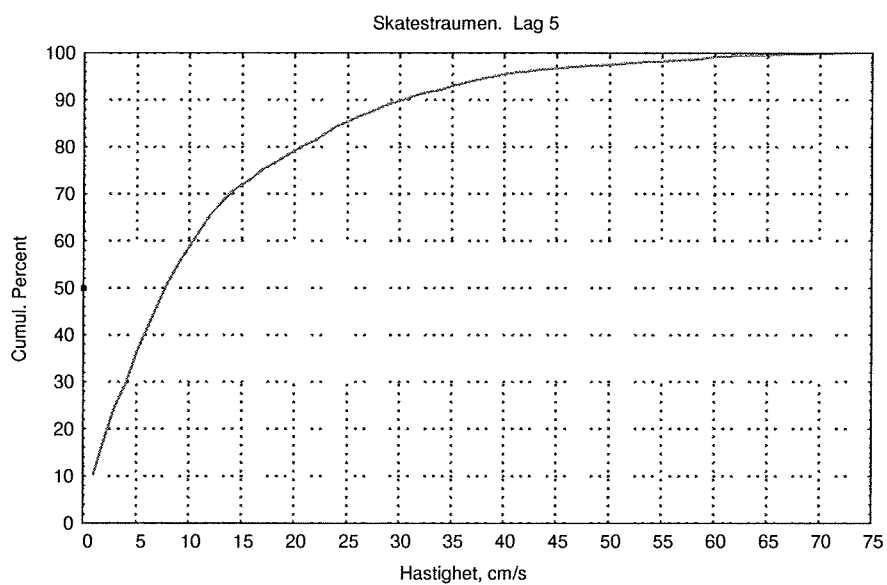
Figur 6. Høyden av vannsøylen over strømmåleren på bunnen. Det halvdaglige tidevannet vises tydelig.



Figur 7. Hastigheten i lag 5 dekomponert i Skatestraumens lengderetning. Hastighet med negativt fortegn er rettet østover.



Figur 8. Utsnitt av Figur 7, der tidevannsstrømmen tydelig framgår.



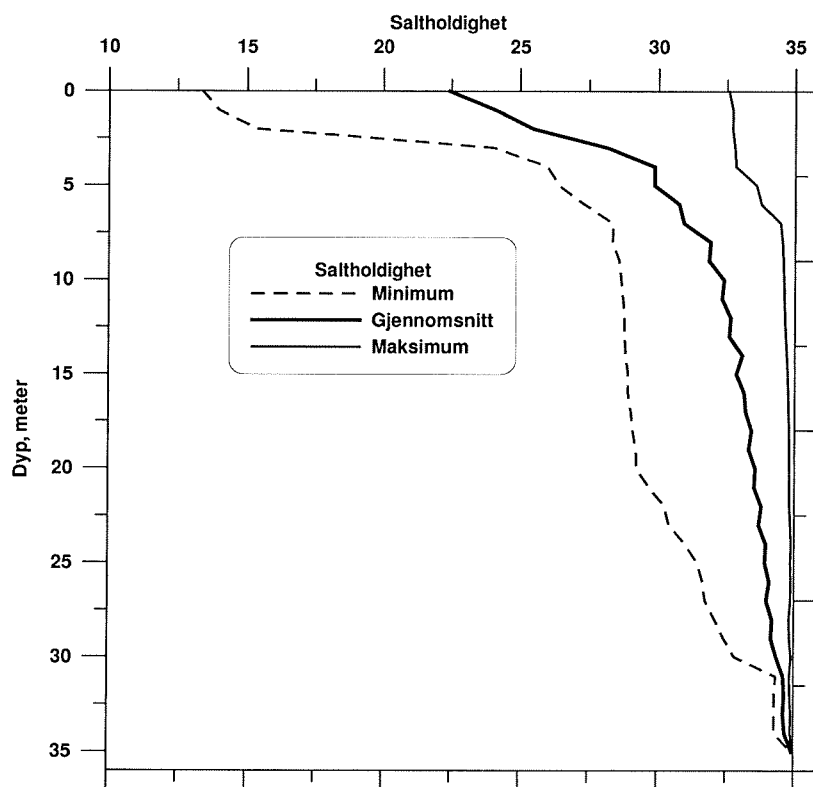
Figur 9. Kumulativ fordeling av hastigheten i lag 5. Middelhastigheten var 7 cm/s og ca. 90% av registreringene var under 30 cm/s

4.2. Beskrivelse av saltholdighet

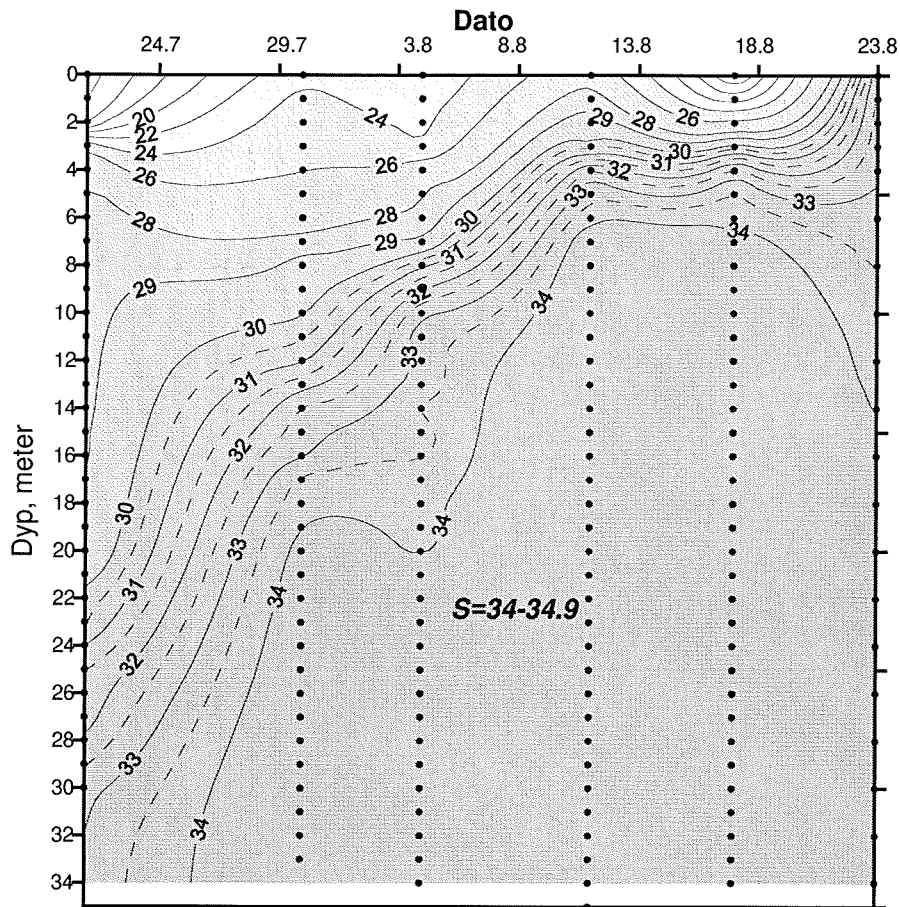
Sjøvannets egenvekt er viktig for fortynningen og ettersom egenvekten i stor grad varierer med saltholdigheten velger vi her å vise resultatene av målingene av saltholdighet. Alle data er gjengitt i Vedlegg A.

Vertikalprofilene viste store endringer i saltholdighet ned til ca. 30 m dyp gjennom de ca. 5 ukene som disse målingene foregikk (Figur 10). Tidsforløpet er beskrevet i mer detalj i Figur 11 hvor man ser at saltholdigheten økte jevnt fram til ca. 11.8 for deretter å variere mer ujevnt. Vi har ikke gått i detalj for å finne årsaken til denne økningen av saltholdighet, men siden dette foregikk i et tidsrom med høy lufttemperatur er det sannsynlig at den beskriver slutten av snøsmeltingen.

Det er ellers verdt å merke seg at dypere enn 20-25 m var variasjonene relativt små.



Figur 10. Vertikalprofiler av saltholdigheten i Skatestraumen. Minimum, gjennomsnitt og maksimum er beregnet for hvert dyp på grunnlag av 6 måleserier.



Figur 11. Tidsisoplet for saltholdighet i Skatestraumen beskrevet ved ukentlige målinger i tidsrommet 21.7-23.8.99. Tidspunkt for målinger og tilhørende måledyp er vist med svarte prikker. Under ca. 5 m dyp økte saltholdigheten mye fra første til 4. måling, sannsynligvis på grunn avtakende ferskvannsavrenning til Nordfjord.

5. Vurdering av miljøeffekter fra lekkasjevann med tetningsmiddelet TACSS

5.1. Vurdering av ulike typer grenseverdier

I det følgende legges til grunn vurderinger som Sverdrup et al. (1999) gjorde i forbindelse med bruk av tetningsmidler i Romeriksporten. I tetningsmidlet TACSS antas di-n-butylftalat (DBP) å være den kritiske komponenten mht. skadevirkninger i det marine miljøet. For beregning av en terskel for akutte biologiske skadeeffekter ($PNEC_{akutt}$) benytter man testresultatet for akutt toksisitet ($(L(E)C_{50}$ -verdier) for den mest følsomme organismen man har testet på, og deler med en sikkerhetsfaktor. Sikkerhetsfaktoren skal ta høyde for forskjeller i følsomhet mellom testede og ikke testede organismer samt avstanden mellom den målte 50% effektkonsentrasjonen og ”null-effektkonsentrasjonen”.

5.2. Grenseverdier for DBP

I forbindelse med tetting av Romeriksporten på Gardermobanen ble det gjort inngående vurderinger og undersøkelser av giftigheten av DBP (for en oppsummering se Sverdrup et al., 1999). De fastsatte to terskelverdier:

- PNEC (Predicted No Effect Concentration), dvs. nedre terskel for virkning ved langtidseksposering for stoffet: **2.6 µg/l**. Det amerikanske miljøvernndirektoratet (EPA, 1990) oppgir at dette skal være maksimal gjennomsnittskonsentrasjon for 4 døgn.
- PNEC_{akutt}, dvs. nedre terskel for virkning ved eksponering over kort tid: **27 µg/l**. Denne akuttgrensen er satt i forhold til eksponering over et døgn (Sverdrup, Aquateam, pers. komm.).

For bestemmelse av PNEC for tetningsstoffer må man vurdere om organismene utsettes for en kronisk eller akutt påvirkning. Som tidligere nevnt regner Statens vegvesen med at lekkasjevann kan bli pumpet ut i perioder på opptil en ukes varighet. Strømmålingene viser at vannmassenes oppholdstid i området er kort, dvs. timer-døgn. Dette betyr at stoffene i alt vesentlig vil være borte fra vannmassene kort tid etter at utpumping av lekkasjevann er opphørt. Strømmålingene viser også at det halvdaglige tidevannet dominerte strømbildet, der en tidevannssyklus består av omkring 6 timer med vestlig strøm etterfulgt av tilsvarende tidsrom med østlig strøm (jfr. Figur 8). Over et døgn betyr dette at organismene oppstrøms og nedstrøms utslippet påvirkes i opptil 2*6 timer. Med de samme forutsetningen vil eksponeringen over 4 døgn i realiteten være i størrelsesorden 8*6 timer, eller samlet ca. 2 døgn.

Dette skiftende bildet gjør det vanskelig å bruke terskelverdiene. Sett i forhold til de varierende strømforholdene i området, fortynningen og at lekkasjevann pumpes ut i perioder finner vi det riktigst at man for å bedømme effekter av tetningsstoffer i Skatestraumen legger hovedvekten på PNEC_{akutt} for marine organismer. Men risikoen for langtidseksposering må også taes i betraktning.

5.3. Beregning av fortynning og konsentrasjoner

Modellen Plumes ble brukt til å beregne konsentrasjonen av DBP i sentrum av skyen med fortynnet lekkasjevann nedstrøms utslippet. I Tabell 2 er vist over hvor stor avstand konsentrasjonen av DBP vil være høyere enn PNEC_{akutt}. Dette gjelder for antatt utslipp i 30 m dyp og for varierende strømhastigheter, varierende sjiktning og for 6 kombinasjoner av vannmengder og konsentrasjoner. Tallene gjelder for en sky med fortynnet avløpsvann der sentrum befinner seg i 28-30 m dyp.

Fortynning tar tid og som ventet vil høy hastighet (rask transport) gi påvirkning over størst avstand. Ved gjennomsnittlig og lav hastighet blir influensområdet betydelig mindre.

Innblanding av ferskvann vil redusere egenvekten av lekkasjevannet, noe som bidrar til økt fortynning ved utslipp i Skatestraumen. Hvor mye ferskvann som kan være tilgjengelig er ukjent og i beregningene er en andel på 50% valgt.

Tabell 2. Avstand fra utslippspunkt ut til der hvor konsentrasjonen av DBP i sentrum av skyen med fortynnet lekkasjevann er 27 µg/l (nedre terskel for akutt giftighet).

Vannmengde, l/min	Konsentrasjon, µg/l	Strømhastighet 4 cm/s	Strømhastighet 7 cm/s	Strømhastighet 30 cm/s
500	2400	110-190 m	175-225 m	300-400 m
500	1200	60-100 m	50-110 m	80-200 m
500 ¹⁾	1200	20-60 m	<25-75 m	<100 m
250	2400	90-125 m	110-150 m	100-300 m
250	1200	40-70 m	30-80 m	75-150 m
250 ¹⁾	1200	<10-30 m	<10-40 m	<20 m

¹⁾ Avløpsvannet består av 50% ferskvann.

Tilsvarende beregninger er gjort for å bedømme avstanden fra utslippspunktet til der konsentrasjonen i sentrum av skyen er 2.6 µg/l. Avstanden er typisk 4-5 ganger større enn for konsentrasjonen 27 µg/l, altså opptil 1.5-2 km ved en kombinasjon maksimal konsentrasjon, sterk strøm og utslipp av bare sjøvann.

5.4. Vurdering av risikoen for miljøeffekter

Risikoen for at utslipp av lekkasjevann som inneholder DBP skal medføre forurensning må i første rekke vurderes på grunnlag av konsentrasjonen samt varighet av denne konsentrasjonen. Grunnlaget for å fastsette grense for akutte effekter er at organismene blir utsatte for den konsentrasjonen i 24 timer. Dette vil ikke være tilfelle i Skatestraumen der både strømhastighet, strømrøtning og fortynning vil variere gjennom en tidevannsperiode, dvs. over ca. 12.4 timer (se Figur 8 for strømhastighet og strømrøtning). På grunn av den skiftende strømrøtninga vil organismene nær inntil utslippet på begge sider være utsatt for DBP inntil 12 timer i døgnet, mens de som ligger 300-400 m unna (ved utslipp av 500 l/s av sjøvann med konsentrasjon 2400 µg/l) to ganger i døgnet kan komme i kontakt med skyen de 1-2 timene da strømmen er på det sterkeste.

Utpumping av lekkasjevann antas å skje i perioder på inntil en ukes varighet.

Denne tidsvariable situasjonen reduserer risikoen for skader, men gjør det samtidig vanskelig å bedømme risikoen på teoretisk grunnlag og uten å vite mer om organismesamfunnene. Beregningene som er utført tyder imidlertid på at ved maksimale utslipp i omkring 30 m dyp av sjøvann er det mulighet for akutte gift-effekter på fastsittende organismer i et lag på 2-4 m tykkelse omkring 25-30 m dyp, innenfor en avstand på 100-150 m på begge sider av utslippet. Ved mindre vannmengder og/eller lavere konsentrasjoner blir dette influensområdet betydelig mindre. Innblanding av ferskvann i lekkasjevannet kan effektivt øke fortynningen og redusere konsentrasjonene og influensområdet (alternativ 6 i tabell 2).

Risikoen for effekter fra langtidseksponering er langt vanskeligere å bedømme pga. den varierende strømrøtningen og den varierende strømhastigheten. Terskelverdien på 2.6 µg/l forutsetter påvirkning over minst 4 døgn, og i Skatestraumen vil organismesamfunnene på begge sider av utslippet bare være påvirket omkring halvparten av den tiden utslippet pågår. Varigheten av et utslipp er antatt til opptil en uke, dvs. en samlet eksponeringstid på opptil 3-4 dager, som altså er på grensen for vurdering av langtidseksponering. Det er også usikkert om en modell som PLUMES egner seg for beregninger over en så stor avstand. Men de beregningene som er foretatt antyder at ved utslipp over tidsrom lenger enn 6-8 døgn og de mest ugunstige kombinasjoner av høy DBP-konsentrasjon, stor vannmengde, sterk strøm og liten fortynning, er det risiko for skader i et tynt vannsjikt helt ut til 1-1.5 km fra utslippspunktet.

Varigheten av eventuelle skader på organismesamfunnene omkring utslippet er vanskelig å bedømme uten kunnskap om disse, men selv i verste fall betydelig skader på fastsittende organismer kan ventes å være utbedret etter 1-2 år. I de frie vannmassene vil tilstanden være gjenopprettet etter timer-døgn.

6. Litteratur

Aanderaa Instruments, 1993. Doppler current meter DCM12. Data sheet D261. October 1993.

Baumgartner, D.J., Frick, W.E. and Roberts, P.J.W., 1994. Dilution models for effluent discharges (Third Edition). Center for Exposure Assessment Modeling. US.EPA, Environmental Research Laboratory. Athens, Georgia. 189 pp.

Den Norske Los - Bind 3, 1983. Norges Sjøkartverk.

EPA, 1990. Technical Support Document for Water Quality-based Toxics Control. Draft revised. United States Environmental Protection Agency. April 1990.

SAIV, 1998. Operating manual for mini STD/CTD model SD204 with Sound Velocity and Optional Sensors. SAIV A/S, Bergen. Norway.

Sverdrup, L., Vik, E.A., Weideborg, M., Kelley, A., Fürst, C., Källqvist, T., Molvær, J. og Ødegård, K., 1999. Sluttrapport. Utslipp knyttet til bruk av kjemiske injeksjonsmidler i Romeriksporten. Aquateam rapport nr. 99-010. Oslo. 57 s.

Vedlegg A.

Målinger av temperatur og saltholdighet i Skatestraumen

Dato	Dyp, meter	Temperatur, grader	Saltholdighet
21.07.99	0	16.37	13.39
21.07.99	1	16.22	13.97
21.07.99	2	16.11	15.34
21.07.99	3	15.86	26.01
21.07.99	4	15.38	27.45
21.07.99	5	15.42	28.07
21.07.99	6	15.45	28.18
21.07.99	7	15.28	28.37
21.07.99	8	15.38	28.35
21.07.99	9	15.45	28.59
21.07.99	10	15.44	28.67
21.07.99	11	15.35	28.74
21.07.99	12	15.31	28.79
21.07.99	13	15.28	28.81
21.07.99	14	15.22	28.84
21.07.99	15	15.08	28.92
21.07.99	16	14.92	28.93
21.07.99	17	14.55	29.03
21.07.99	18	14.41	29.1
21.07.99	19	14.3	29.22
21.07.99	20	14.26	29.24
21.07.99	21	13.18	29.7
21.07.99	22	12.1	30.26
21.07.99	23	12.93	30.42
21.07.99	24	11.78	31.02
21.07.99	25	10.25	31.47
21.07.99	26	10.07	31.65
21.07.99	27	9.98	31.75
21.07.99	28	9.75	32.1
21.07.99	29	9.45	32.44
21.07.99	30	8.95	32.84
30.07.99	0	14.45	23.22
30.07.99	1	14.12	24.56
30.07.99	2	14.17	24.98
30.07.99	3	14.05	25.5
30.07.99	4	14.02	25.99
30.07.99	5	13.76	26.41
30.07.99	6	13.41	27.32
30.07.99	7	12.88	28.36
30.07.99	8	12.08	29.46
30.07.99	9	11.65	29.62
30.07.99	10	11.43	29.91
30.07.99	11	11.03	30.46
30.07.99	12	10.64	30.89
30.07.99	13	9.92	31.79
30.07.99	14	9.15	32.6
30.07.99	15	9.08	32.71
30.07.99	16	8.9	32.9
30.07.99	17	8.08	33.66
30.07.99	18	8.02	33.72
30.07.99	19	7.75	34.01
30.07.99	20	7.65	34.15
30.07.99	21	7.6	34.24
30.07.99	22	7.6	34.26
30.07.99	23	7.6	34.33
30.07.99	24	7.58	34.41
30.07.99	25	7.58	34.43
30.07.99	26	7.58	34.44

30.07.99	27	7.57	34.47
30.07.99	28	7.52	34.56
30.07.99	29	7.51	34.6
30.07.99	30	7.52	34.6
30.07.99	31	7.51	34.61
30.07.99	32	7.53	34.59
30.07.99	33	7.53	34.6
04.08.99	0	15.46	22.47
04.08.99	1	14.78	23.38
04.08.99	2	14.64	23.75
04.08.99	3	14.45	24.05
04.08.99	4	12.8	27.57
04.08.99	5	12.44	27.92
04.08.99	6	12.21	28.32
04.08.99	7	11.64	29.13
04.08.99	8	10.25	31.05
04.08.99	9	9.6	31.91
04.08.99	10	8.75	32.9
04.08.99	11	8.38	33.29
04.08.99	12	8.51	33.17
04.08.99	13	8.58	33.1
04.08.99	14	8.14	33.63
04.08.99	15	8.42	33.26
04.08.99	16	8.27	33.44
04.08.99	17	7.87	33.85
04.08.99	18	7.81	33.92
04.08.99	19	7.85	33.86
04.08.99	20	7.76	33.97
04.08.99	21	7.62	34.16
04.08.99	22	7.63	34.16
04.08.99	23	7.61	34.19
04.08.99	24	7.6	34.21
04.08.99	25	7.6	34.21
04.08.99	26	7.59	34.22
04.08.99	27	7.59	34.19
04.08.99	28	7.59	34.22
04.08.99	29	7.59	34.24
04.08.99	30	7.55	34.33
04.08.99	31	7.54	34.35
04.08.99	32	7.55	34.3
04.08.99	33	7.55	34.3
04.08.99	34	7.54	34.31
11.08.99	0	13.89	27.55
11.08.99	1	11.52	28.44
11.08.99	2	10.43	29.54
11.08.99	3	10.09	30.13
11.08.99	4	8.78	32.69
11.08.99	5	8.44	33.34
11.08.99	6	8.19	33.77
11.08.99	7	7.9	34.48
11.08.99	8	7.82	34.54
11.08.99	9	7.76	34.58
11.08.99	10	7.8	34.51
11.08.99	11	7.78	34.56
11.08.99	12	7.74	34.64
11.08.99	13	7.72	34.67
11.08.99	14	7.71	34.71
11.08.99	15	7.7	34.75
11.08.99	16	7.7	34.77
11.08.99	17	7.69	34.78
11.08.99	18	7.68	34.81
11.08.99	19	7.68	34.82
11.08.99	20	7.68	34.82
11.08.99	21	7.68	34.83
11.08.99	22	7.68	34.83
11.08.99	23	7.67	34.86
11.08.99	24	7.66	34.9
11.08.99	25	7.66	34.88
11.08.99	26	7.66	34.9
11.08.99	27	7.66	34.89

11.08.99	28	7.65	34.82
11.08.99	29	7.67	34.85
11.08.99	30	7.67	34.87
11.08.99	31	7.63	34.86
11.08.99	32	7.66	34.88
11.08.99	33	7.65	34.91
11.08.99	34	7.65	34.9
17.08.99	0	13.99	15.37
17.08.99	1	12.58	21.61
17.08.99	2	11.18	26.59
17.08.99	3	10.64	30.5
17.08.99	4	9.13	32.66
17.08.99	5	8.44	33.59
17.08.99	6	8.36	33.65
17.08.99	7	7.75	34.34
17.08.99	8	7.58	34.53
17.08.99	9	7.53	34.58
17.08.99	10	7.51	34.61
17.08.99	11	7.49	34.62
17.08.99	12	7.49	34.61
17.08.99	13	7.46	34.65
17.08.99	14	7.46	34.64
17.08.99	15	7.45	34.66
17.08.99	16	7.43	34.67
17.08.99	17	7.41	34.69
17.08.99	18	7.41	34.69
17.08.99	19	7.4	34.69
17.08.99	20	7.39	34.7
17.08.99	21	7.39	34.7
17.08.99	22	7.39	34.71
17.08.99	23	7.39	34.71
17.08.99	24	7.39	34.7
17.08.99	25	7.38	34.71
17.08.99	26	7.38	34.72
17.08.99	27	7.38	34.71
17.08.99	28	7.38	34.7
17.08.99	29	7.38	34.7
17.08.99	30	7.39	34.71
17.08.99	31	7.39	34.71
17.08.99	32	7.39	34.71
17.08.99	33	7.38	34.71
17.08.99	34	7.39	34.71
23.08.99	0	9.97	32.57
23.08.09	1	9.88	32.71
23.08.09	2	9.81	32.7
23.08.09	3	9.79	32.78
23.08.09	4	9.79	32.82
23.08.09	6	9.59	33.3
23.08.09	8	9.44	33.45
23.08.09	10	8.8	33.81
23.08.09	12	8.7	33.89
23.08.09	14	8.63	33.98
23.08.09	16	8.42	34.12
23.08.09	18	8.32	34.27
23.08.09	20	8.12	34.46
23.08.09	22	7.82	34.56
23.08.09	24	7.77	34.61
23.08.09	26	7.62	34.68
23.08.09	28	7.42	34.83
23.08.09	30	7.4	34.91
23.08.09	32	7.39	34.84
23.08.09	34	7.39	34.85

Vedlegg B. Figurer fra strømmålingene

