



RAPPORT LNR 4472-2002

## Fagerstrand båtforening

Planlagt molo og effekter for vannutskiftingen



**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**

9296 Tromsø  
Telefon (47) 77 75 03 00  
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel <b>Fagerstrand Båtforening Planlagt molo og effekter for vannutskiftingen</b>	Løpenr. (for bestilling) 4472-2002	Dato Februar 2002
	Prosjektnr. Undernr. O-21187	Sider Pris 34
Forfatter(e) Lars G Golmen Mats Walday Jarle Molvær Arild Sundfjord	Fagområde Oseanografi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslofjorden	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fagerstrand Båtforening, PO boks. 68, 1454 Fagerstrand	Oppdragsreferanse John Wilson
--	----------------------------------

Sammendrag Fagerstrand Båtforening ønsker å bygge en molo ut fra land som erstatning for dagens betongbrygger. NIVA har vurdert mulige konsekvenser av moloen for vannutskifting og vannkvalitet. Ut fra foreliggende opplysninger og gjennomførte analyser betraktes de langsiktige miljøeffektene av tiltaket å være små eller moderate, og lokalt begrenset. Tiltak med å legge minimum to åpninger i moloen vil bidra til å minimalisere eller eliminere disse effektene. Minimum bredde og dybde bør være h.h.v. 1,5 m og 0,5 m ved lavvann. I anleggsfasen vil det kunne oppstå midlertidige effekter av partikkelspredning og nedslamming, som kan begrenses ved å iverksette avbøtende tiltak.
---

Fire norske emneord 1. Fagerstrand 2. Båthavn 3. Molo 4. Vannutskifting	Fire engelske emneord 1. Fagerstrand 2. Marina 3. Breakwater 4. Water exchange
---	--

*Lars G Golmen*  
Prosjektleder

*Jan Magnusson*  
Forskningsleder  
ISBN 82-577-4119-1

*Jens Skei*  
Forskningssjef

NIVA oppdragsnr O-21187

**Fagerstrand Båtforening**

**Planlagt molo**

**og**

**effekter for vannutskiftingen**

## Forord

Fagerstrand Båtforening har planer om bygging av ny molo i båthavna for å skjerme mot bølger og forbedre fortøyningsmulighetene. Moloen vil muligens kunne medføre visse endringer i vannutskiftingen i og rundt båthavna og foreninga kontakta derfor Norsk institutt for vannforskning, NIVA, i september 2001 med anmodning om å få gjort miljømessige og strømningsmessige vurderinger omkring dette.

Prosjektet kom i gang i oktober 2001, med målsetting å kunne få vurderingene unnagjort før årsskiftet. Sekretæren i Fagerstrand Båtforening, John Wilson, var kontaktperson undervegs i prosjektet og var også velvilligst behjelpelig med assistanse i samband med NIVAs synfaring og montering/inntak av måleutstyr, samt tilsyn med utstyret.

Reidun Isaksen og Sveinung Lindland i Nesodden kommune ga oss informasjon og framskaffa data for Fagerstrandbekken, badevannskvalitet m.m. i området. Hos NIVA har marinbiolog Mats Walday stått for de miljøbiologiske vurderingene, oseanograf Jarle Molvær har stått for numerisk strømningsmodellering og oseanograf Arild Sundfjord for dataanalyser, grafikk m.m. Jan Magnusson var ansvarlig for kvalitetssikringa, og supplerte med figurer for hydrografiske data fra Vestfjorden.

Takk til alle involverte.

Bergen/Oslo, februar 2002

*Lars G Golmen*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Båtforeninga og utbyggingsplanene</b>	<b>6</b>
1.1 Lokalisering	6
1.2 Båthavna	7
1.3 Utbyggingsplanene	7
1.4 Noen marinbiologiske problemstillinger	9
<b>2. Miljøstatus</b>	<b>10</b>
2.1 Stofftilførsler og vannutskifting	10
2.1.1 Hydrografiske forhold	12
2.2 Vannkvalitet og bunnforholdene	13
2.3 Marinbiologi	14
<b>3. Strømmålinger høsten 2001</b>	<b>16</b>
3.1 Strømmålinger i 2001	16
3.1.1 Måleinstrumenter og plassering	16
3.1.2 Målerdata	17
3.2 Måleresultater	17
3.2.1 Strøm ved badeplassen	19
3.2.2 Strøm under flytebrygga	20
3.2.3 Kommentarer til målingene	22
<b>4. Simuleringer av vannutskifting</b>	<b>24</b>
4.1 Metodikk	24
4.2 Data	26
4.3 Resultater	27
<b>5. Sammenfattende vurderinger</b>	<b>31</b>
5.1 Miljøeffekter i anleggsfasen og forslag til avbøtende tiltak	31
5.2 Langsiktige miljøeffekter	31
<b>6. Litteraturreferanser</b>	<b>34</b>

---

## Sammendrag

Fagerstrand Båtforening ønsker å oppnå bedre beskyttelse og sikkerhet samt mer praktisk utnyttelse av dagens havneareal ved å bygge en molo ut fra land der det i dag ligger en rekke store betongbrygger. Det foreligger byggetillatelse fra myndighetene, men med krav om at forhold vedrørende vannutskiftingen avklares. Norsk institutt for vannforskning, NIVA, har på denne bakgrunn utredet problemstillingen høsten 2001 på basis av faktaopplysninger, befaringer, målinger og modellsimuleringer.

Slam og partikler som følger med fyllmasse fra stein-sprengning kan bestå av svært kvasse partikler som kan skade fiskehjeller, og nitratrester fra sprengstoff kan medføre algeoppblomstring i sjøen under ellers gunstige forhold med sollys etc. Utsynkende partikler kan også dekke til organismer/biotoper på bunnen. Siden det meste av massene til moloen i båthavna vil være utvasket løsmasse fra sjøbunnen ved Drøbaksterskelen, ansees disse effektene å bli små, og evt. begrenset til den massen som fylles fra land. For å unngå slike effekter i, og like etter anleggsfasen anbefales det likevel å følge med om noe slam spres i sjøen og i saa fall eventuelt begrense dette med en avskjermende duk (skjørt).

Dagens flytebrygger har bidratt til å dempe bølger og redusere vannutskiftingen i overflatelaget i lé, spesielt inne i båthavna. Dette vil særlig ha påvirket strandsonen og bunnen nær land ned til 1-2 meters dyp ved at biologien er tilpasset dagens forhold. Ved å erstatte flytebryggene med en molo vil det fysiske miljøet i lé endre seg, og med det kan vannkvaliteten og livsvilkårene for organismer i dette området bli påvirket. Følgende mulige langtids-effekter er vurdert:

- Noe økt oppholdstid for overflatevann i området innafor moloen, med økt begroing, ansamling av drivende tang etc.
- Redusert strømdrag og vannutskifting ved bunn særlig nær moloen.
- Større grad av opphoping av løspreven tang og alger samt en generelt større nedslamming av bunn.
- Bakevjer og dårligere vannkvalitet ved badeplassen.
- Avsetning av mer fin-partikulær sand inne ved land, der det i dag er småstein.
- Overgang fra alger som krever eksponerte forhold, til arter som trives i beskyttede farvann.
- Endringer i dyresamfunn siden mesteparten av assosiert fauna er knyttet til en viss type algesamfunn.
- Mer opphoping av rester av bunnstoff på bunn og i organismer.
- Økt påvekst på båtskrog i havna.
- Sikrere fortøyning av båter, mindre risiko for havari og oljesøl etc.

Det siste punktet innebærer en positiv miljøgevinst i seg selv. De fleste andre mulige langsiktige endringene eller effektene i forhold til miljøet vil bli små eller moderate; de fleste sannsynligvis knapt merkbare/ målbare. Modell-simuleringene med ny molo synte at vann fra Fagerstrandbekken hyppig vil føres sørover og bort fra området i stedet for mot badestranda. Problematikken omkring forurensing fra Fagerstrandbekken til badestranda vil imidlertid best og sikrest bli løst ved at det ryddes opp i nedslagsfeltet til bekken, noe som kommunen allerede er i gang med.

Det anbefales å legge minimum 2 kulverter eller åpninger gjennom toppen av moloen som gå ut fra land. Dette for å sikre tilstrekkelig vannutskifting inne i båthavna. Bredden av åpningene bør være minimum 1,5 m og dybden minimum 1/2 m på fjære sjø. Helst bør de legges fullt neddykket, for å hindre bølgeforplantning og å hindre flytende partikler etc. i sjøoverflata fra å drive igjennom.

Det forutsettes for øvrig at anleggsarbeidet blir utført så skånsomt som mulig og at moloen bygges av miljømessig sett rein fyllmasse, slik at denne i seg selv ikke kan medbringe ny forurensing til området.

# 1. Båtforeninga og utbyggingsplanene

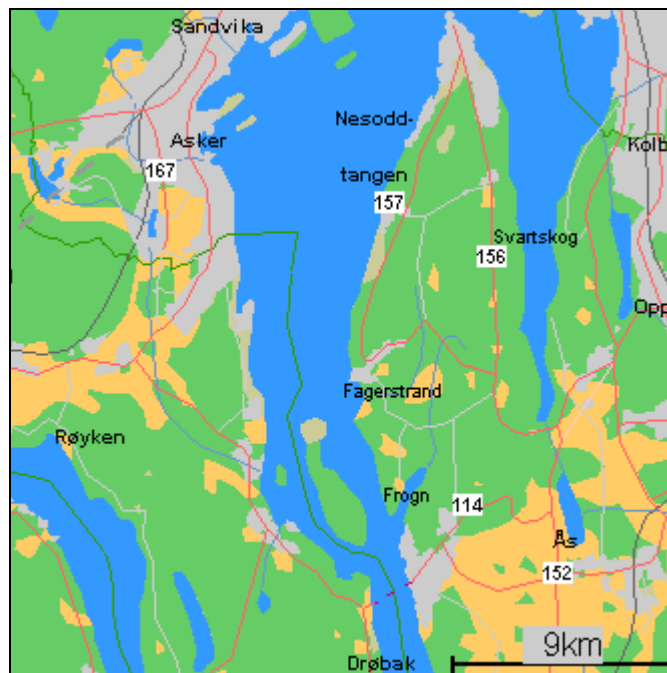
## 1.1 Lokalisering

Fagerstrand Båtforening ble stiftet i 1979. Det er i dag ca 300 medlemmer i foreninga. Det er åpent medlemskap og medlemmer uten fast plass kan stå på venteliste for ledig plass om de ønsker det.

Foreningens småbåthavn ligger på østsida av Oslofjorden, like nord for Drøbak (**Figur 1** og **Figur 2**) i Nesodden kommune i Akershus.

Like nord for småbåthavna har Statoil et tankanlegg med tilhørende kai. Vestfor småbåthavna ligger øyene Aspond, Lågøya og Søndre Langåra med Håøya litt lenger sør som gir en viss skjerming for vind og bølger fra sørvest og vest.

I tillegg til funksjonen som småbåthavn er anlegget også hyppig brukt av lokalbefolkningen til rekreasjon og fiske. Langs stranda er det gode badeforhold. Noen boliger eller fritidshus ligger relativt nær sjøen oppfor båthavna.



**Figur 1.** Kart over Drøbaksundet og søre delen av Vestfjorden.



**Figur 2.** Kart som syner området rundt Fagerstrand med øyene Spond og Lågøya. Fagerstrandbekken renner ut innerst i bukta SE for båthavna.

## 1.2 Båthavna

Båthavna er beskyttet mot bølger fra nordvest og sørvest med en rekke av lange og tunge flytebrygger av betong, som stikker ca 2,5 m dypt. **Figur 3** viser noen av bryggene, som ligger tre på rekke utover fra land i sørvestlig retning med en trebrygge innerst, og så 4 stk fra ytterenden i sørøstlig retning. Hvert element er forankret i bunn og fortøyd i nabo-elementet med kjetting/wire. Leidere eller gangbroer mellom elementene sørger for adkomsten. I dårlig vær kan dette systemet svinge ganske kraftig. Betongelementene som har lagt ute ca 20 år, har dermed vært utsatt for vedvarende spenninger. Dette har medført noen sprekker/brudd som er blitt reparert.

Inne i havna går det en lang flytebrygge ut fra stranda, og fra denne to parallelle brygger sørover. I båthavna er det i dag 230 båtplasser. Disse er plassert i båser mellom uttriggere langs de ytre flytebryggene, og langs bryggene inne i havna. Nyere utstyr er levert av Ørsta Stålindustri A/S.

## 1.3 Utbyggingsplanene

Det er stor skipstrafikk nord/sør forbi båthavna hele året, som skaper en del bølger og medførende plager med dette. Likeså gir nordvesten relativt mye bølger når den står på. Båtforeninga har derfor vurdert det som svært ønskelig å få lagt en molo utover i om lag samme trase som der de store betongbryggene ligger i dag. Det foreligger nå tillatelse fra myndighetene for å bygge denne moloen, med forbehold om at bl.a. miljømessige forhold avklares (denne rapportens målsetting).

En del av den nye moloen vil gå rett ut fra land i ca 135 m lengde. Fra enden av denne legges en forlengelse sørøstover parallelt med land i ca 150 m lengde. Moloen vil bestå av om lag 70.000 m<sup>3</sup> masse. Noe masse vil bli tippet fra land, mens det meste vil bli tilført med lekter og plassert fra denne. Etter planene er det masse fra arbeidet på Drøbaksterskelen som skal nyttes til dette.





**Figur 3.** Fotografier fra båthavna 1. november 2001. Øverst: sett mot SE, retning badestranda og elva. Midten: Fra ytterste rekke av flåter, mot nord og tankanlegget. Nederst: Nordre rekke av betongflåter.

## 1.4 Noen marinbiologiske problemstillinger

Ved bygging av en molo vil det fysiske miljøet i le av moloen naturlig nok endre seg, og med det forutsetningene for biologiske samfunn i samme området; særlig i strandsonen og ned til noen få meters dyp. Til en viss grad vil også livsmiljøene på dypere vann innenfor moloen kunne endre seg. Endringene vil primært bestå i en overgang fra algesamfunn bestående av arter som krever eksponerte forhold, over til samfunn som trives i stille beskyttede farvann. Siden mesteparten av assosiert fauna er knyttet til en viss type algesamfunn, vil en også forvente endringer hos dyresamfunnene. En molo vil også forårsake opphopninger av løsreven tang og alger samt en generelt større nedslamming av bunn og strandlinje i le bak moloen.

Fagerstrand båtforening har hatt sin nåværende bryggekonstruksjon liggende i ca. 20 år. Denne fungerer i stor grad som en bølgebryter og miljøet i le av bryggen er allerede tilpasset en redusert bølgeeksponering. Den største effekten på miljøet innenfor en eventuell molo vil derfor bli forårsaket av at denne i tillegg hindrer vannbevegelser helt ned til bunnen.

Moloen er tenkt plassert i et område hvor vandypet stort sett er mellom 2 og 10-15 m. Dette innebærer store mengder løsmasser som må dumpes og overdekking av forholdsvis store bunnarealer i fyllingsfoten. Organismesamfunnene i disse bunnområdene vil da følgelig dø ut, og i anleggsfasen vil også organismer i nærområdet påvirkes, primært grunnet opphvirvling og nedslamming av bunnpartikler. Vi tar det for gitt at det ikke vil bli brukt forurenset masse til utfyllingene slik at dette ikke blir noe problem.

Moloen vil i seg selv fungere som et kunstig rev, og på den eksponerte siden av den er det sannsynlig at nye tangsamfunn vil vokse fram.

## 2. Miljøstatus

I følge våre opplysninger er det ingen store forurensningstilførsler til sjøen i det berørte området. En bekk (Fagerstrandbekken) renner ut i det sørøstlige hjørnet av bukta, like sør for båthavna. Tankanlegget på nordsida av båthavna har i følge tidligere målinger (se avsnitt 2.2) noe belastet bunn. Vi har ikke opplysninger om eller grunn til å tro at særlig mye av denne forurensningen kan ha spredd seg til båthavna. Bunnprøvetaking har imidlertid ikke inngått i dette prosjektet. Ellers er det noen spredte avløpstilsig i området.

### 2.1 Stofftilførsler og vannutskifting

Fagerstrandbekken (**Figur 4** viser utløpet) munner ut i bukta like sørøst for båthavna. Det foreligger ikke direkte målinger av vannfluksen, som sannsynligvis varierer mye over året i flg. opplysninger fra kommunen. Nedslagsfeltet er på 8,46 km<sup>2</sup> som tilsvarer ca 120 l/sek i middelvannføring, basert på typiske nedbørstall for Akershus.

Fagerstrandbekken har tidligere hatt avrenning/tilsig fra Teigen fyllplass, men denne fyllplassen er nedlagt og tilsiget er tatt hånd om i følge opplysninger fra kommunen. Hele nedslagsfeltet til bekken har ca 1.800 p.e. tilknytta, men det meste oppsamles via kommunalt nett. Noen få helårsboliger samt 34 hytter har avløp til bekken via slamavskillere eller Biovac anlegg, evt kun av gråvann (9 av 34 enheter).

På grunn av de diffuse tilførslene er det vanskelig å angi eksakte forurensningsmengder som kommer ut i sjøen via bekken. Det kan imidlertid antas at den begroingen som skjer i nedre del av bekken har sin årsak i disse og at de dermed har vesentlig betydning for vannkvaliteten, som også påvirker noen drikkevannsbrønner. Kommunen arbeider med å sanere disse tilførslene og få de lagt inn på offentlig nett med dypt avløp til Vestfjorden. Det samme gjelder avløpet fra ca 5-10 hus som går ut via rør i munningen av Fagerstrandbekken. Målet er å få rensert opp og få normalisert vannkvaliteten i bekken, slik at også livsvilkår for organismer kan forbedres (bekken har en bestand av aure).

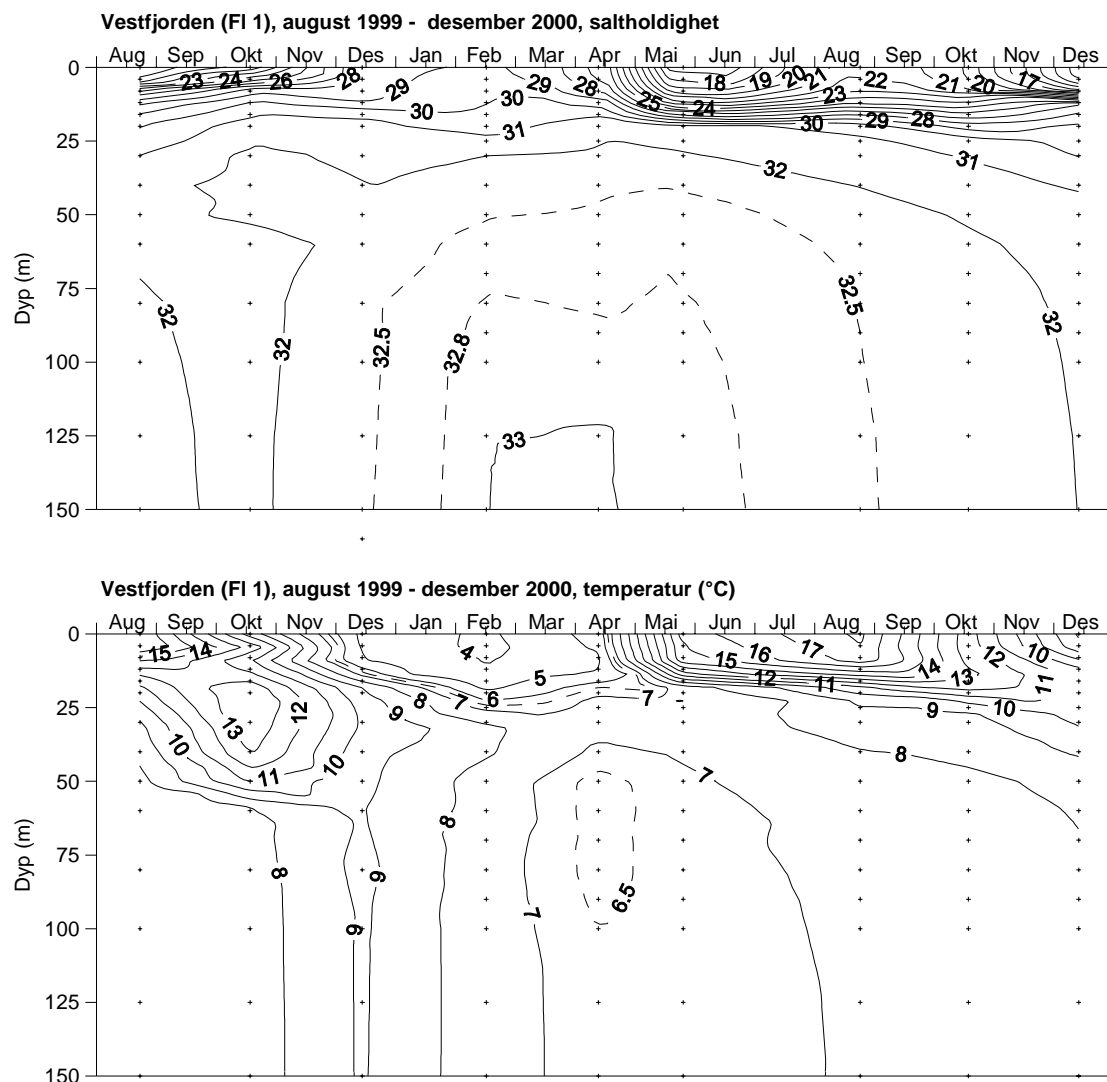


**Figur 4.** Fotografier 1. november 2001. Øverst: Tatt fra sjøen i retning badestranda (bekken like t.h.). Nederst: Utløpet av Fagerstrandbekken.

### 2.1.1 Hydrografiske forhold

Vi har ikke utført hydrografiske målinger (d.v.s. salinitet og temperaturfordeling nedover i sjøen) inne ved Fagerstrand. Men data fra sentrale/sørlige deler av Vestfjorden er sannsynligvis representative for forholdene om en ser bort fra helt lokale effekter inne ved bekkeutløpet. **Figur 5** syner tidsutviklingen for salinitet og temperatur fra august 1999 til desember 2000 ved Langåra, ca 3 km nord for Fagerstrand. Det framgår at i perioden november '99-mars 2000 var det svak sjiktning i det for vår problemstilling aktuelle dybdeintervallet ned til ca 15-20 m (max dyp for moloen). Sterkest sjiktning var det sommeren/høsten 2000.

Drøbaksterskelen ligger ca 7 km sør for Fagerstrand og med max. dyp på ca 20 m, som samsvarer omtrent med det dybdeintervallet vi ser på i denne analysen. Terskelen innebærer relativt fri sirkulasjon og hyppig utskifting av vann over dette dypet innover i Oslofjorden, og begrenset sirkulasjon i dypere sjikt. Drøbaksterskelen ligger ca 7 km sør for Fagerstrand og lokale strømvirvler og turbulens spres neppe derfra så langt nord som til Fagerstrand. Den planlagte utdypingen av terskelen vil heller ikke medføre endrede forhold ved Fagerstrand (Jan Magnusson, NIVA, pers. komm.).



**Figur 5.** Målt salinitet og temperatur i sjøen i Vestfjorden i 2000. Fra NIVA, (2001).

## 2.2 Vannkvalitet og bunnforholdene

Sjøfartsmuseet gjorde dykker-registreringer av sjøbunnen i båthavna og molotraséen høsten 2000. Av det som går på miljømessige forhold kan nevnes at de fant lite løssediment, med bunnforhold som indikerte strøm og bølgevasking. Grunnundersøkelser utført av Agder Geo Teknikk i 1993 synte delvis fjell, og delvis morenemasse/grus over fjell.

Vannkvaliteten i de åpne, frie vannmasser i den aktuelle delen av Oslofjorden kan sies å være tilfredsstillende. Målinger av siktedyp, klorofyll m.m. de siste åra har indikert tilstand "god" evt "mindre god" i h.h.t. SFTs klassifiseringssystem deler av året (NIVA 2001). **Figur 6** viser isopleter av målt oksygen ved Langåra i perioden 1995-2000. I de øvre lag var det hele tiden høye oksygenkonsentrasjoner. Relativt lave konsentrasjoner (< 4 ml/l) inntreffer av og til om høsten også nær overflata. Variasjonene i dypere sjikt gjenspeiler den storstilte fornyelsen av dypvannet i Vestfjorden som gjerne skjer årlig men med varierende omfang. Oksygenforholdene i Drøbaksundet har vist tendens til forverring de siste 50 åra (NIVA 2001). Men dette berører neppe vår problemstilling.

Tilsiget av kloakk til Fagerstrandbekken har medført algebegroing ved utløpet og forhøyede konsentrasjoner av koliforme bakterier i sjøen ved badestranda like nord for utløpet. Det er nylig rapportert om (LIMNO-CONSULT 2000) næringssaltkonsentrasjoner og forekomst av plankton og begroingsalger som tilsvarer SFTs tilstandsklasse 4, "Dårlig" (SFT 1997a).

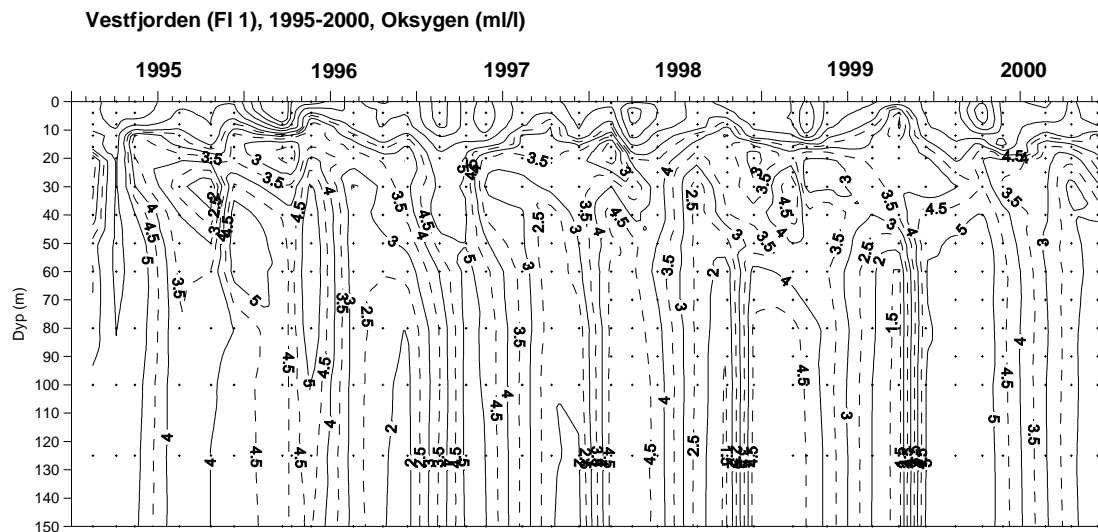
Næringsmiddeltilsynet for Follo står for denne vannkontrollen. Prøver i bekken sommeren 2001 synte hele 19.000 termotolerante bakterier/100 ml den 17. juli og > 2.000 den 30. juli. Ute i sjøen nær badestranda var det på samme tidspunkt målt 163 og 80 TKB/100 ml. Til sammenlikning har SFT satt øvre grense ved 100 TKB/100 ml for "God" badevannskvalitet. Prøven på 163 TKB/100 ml tilsvarer klassen "Mindre god" (SFT 1997b).

NIVA tok sedimentprøver på 7,5 m dyp ved Fagerstrand i 1992, i samband med en storstilt kartlegging av bunntilstanden i Indre Oslofjord (NIVA 1994). Oppgitt posisjon for målestasjonen er 59° 44.24N, 10° 35.18 E, som tilsvarer om lag N-spiss av moloen ved tankanlegget (båtforeningens posisjon er til sammenlikning 59° 44.05N, 10° 35.30 E, som er om lag 300 m sør for prøvetakingssposisjonen i 1992).

Det var ingen spesifikke kommentarer til resultatene for sedimentstasjonen ved Fagerstrand i rapporten. Prøvene synte at det var olivengrønt slam over skjellsand med olje, og grå leire mot bunnen. Totalt tørrstoff (TTS) var 46%, og innholdet av hydrokarboner (THC) var 2.103 mg/kg, m.a.o. relativt høyt sannsynligvis p.g.a. oljerestene. For de tungmetaller som det ble analysert på, var det lave verdier.

I 1996 ble det utført en kartlegging av et tønnedeponi i sjøen vest for øya Aspond (**Figur 2**). Deponiet ble antatt å dekke et areal på 0,1 km<sup>2</sup> med flest tønner på 15-25m vanddyp. Det ble funnet forhøyede konsentrasjoner av metaller og olje/tjære, samt spor av PCB og andre klororganiske miljøgifter. Samlet indikerte undersøkelsene av sedimentene i deponiet en dårlig tilstand lokalt, men begrenset spredning til omgivelsene for øvrig (NIVA 1997). Det ble ikke gjort undersøkelser øst for Aspond.

Vannprøver og vannmålinger fra Drøbaksundet tatt i 1998 (NIVA 1999) synte tilfredsstillende/gode forhold for de fleste parametre, men det var ingen stasjoner nær Fagerstrand.



Figur 6. Målinger av oksygeninnhold i sjøen ved Langåra, 1995-2000. Fra NIVA (2001).

### 2.3 Marinbiologi

Det ble i forbindelse med utsetting av strømmålere den 1. november 2001 også gjennomført en biologisk befaring i området ved småbåthavnen. Det var primært forholdene i strandsonen fra Fagerstrandbekken i sør til service-bygget i nord som ble undersøkt, men også deler av bunnen utenfor badeplassen ble observert fra båt ved hjelp av vannkikkert.

Generelt ga befaringen et positivt inntrykk av miljøtilstanden i området. Strandlinjen består av avvekslende svaberg, sand og grus. Overflatelaget i bukta er påvirket av ferskvann fra Fagerstrandbekken; det var lite marine dyr og planter i strandkanten. Det vokste imidlertid tang med assosiert fauna litt dypere i strandkanten og ellers hvor det var egnet substrat. Det ble ikke observert grønnalger, men tidspunktet for befaringen var ikke egnet til å påvise ettårige alger, slik som de fleste arter av grønnalger. Det er tidligere rapportert fra kommuneveterinæren at området rundt munningen av Fagerstrandbekken har rikelig med algevekst, uten at dette ble nærmere spesifisert. Det er imidlertid sannsynlig at dette er ettårige alger som er begünstiget i sommerhalvåret av forhøyet næringssalttilførsel.

Bunnen utenfor badeplassen besto av sand og virket frisk, med tydelige spor fra bunndyraktivitet. Det ble gjort direkte observasjoner av sjøstjerner, manglebørstemark, strandkrabber, flyndrer, kutlinger og andre dyr gjennom vannkikkerten. Det var lite opphopninger av organisk materiale å se. Sannsynligvis er bunnen på litt større dyp lenger ut bestående av mer finkornete sedimenter.

Det har i 26 år jevnlig blitt gjennomført undersøkelser av utbredelsen av de vanlige tangartene i strandsonen i indre Oslofjord (NIVA 2001). Formålet er å registrere effekter av tiltak, særlig fra reduksjoner i næringssalttilførsler. Konklusjonen fra disse undersøkelsene er at tilstanden er blitt bedre i store områder av indre fjord, inkludert de stasjoner som ligger nærmest Fagerstrand (nord for Solbakke, sør på Lågøya, nord på Aspond, nord på Hågøya og sør for Digerudgrunnen).

I forbindelse med tømningen av olje fra vraket av "Blücher" ble det gjort forundersøkelser av miljøtilstanden i et større område rundt vraket, inkludert Fagerstrand (Lystad *et al.* 1994). Blant annet ble det utført kvantitative ruteundersøkelser av biologien i strandsonen på en stasjon nord på Lågøya, og en ved Selskjær øst på Hågøya. Sør på Aspond ble det undersøkt en sandstrandslokalitet.

Bløtbunnsfauna og oljeinnhold ble undersøkt i bunnsedimentene, inkludert tre stasjoner utenfor båthavna (N 59° 43.758 Ø 10° 35.018; N 59° 44.142 Ø 10° 34.826 samt N 59° 44.821 Ø 10° 34.576).

Undersøkelsene påviste ingen miljømessige variasjoner i fjæresamfunn som kunne knyttes til utslipp av hydrokarboner, hverken fra punktutslipp knyttet til vraket av Blücher eller andre diffuse kilder. Tilstanden hos fjæresamfunnene virket generelt god.

Sedimentene utenfor båthavna hadde forhøyede verdier av PAH, men dette gjaldt også for de øvrige undersøkte stasjoner, bortsett fra kontrollstasjonen. Den kontinuerlige oljelekkasjen fra Blücher kan ha påvirket bløtbunnsfaunaen langs en gradient i nordlig retning. Datagrunnlaget og antall støtteparametre var imidlertid for begrenset til å kunne utelukke andre kilder eller gradienter.



## 3. Strømmålinger høsten 2001

### 3.1 Strømmålinger i 2001

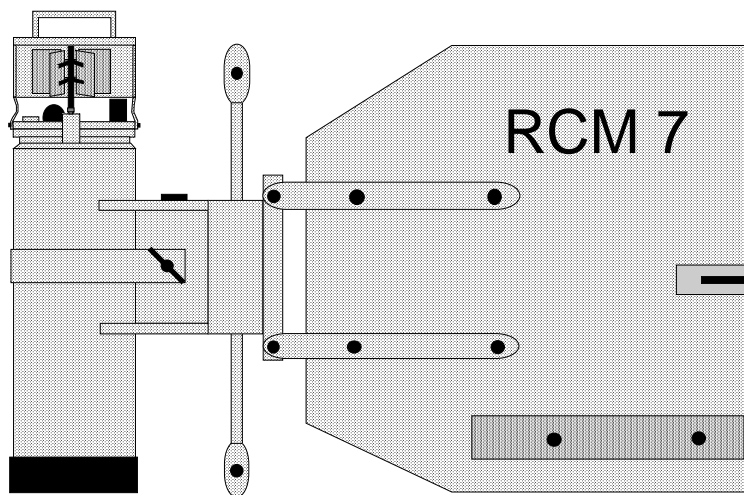
For å få et inntrykk av hvordan vannstrømmen går og varierer ved båthavna, ble det plassert ut to strømmålere ved 1. gangs besøk den 1. november, 2001.

#### 3.1.1 Måleinstrumenter og plassering

**Figur 7** viser ei skisse av en Aanderaa Instruments strømmåler (**RCM 7**). Strømfarten (strømstyrken) registreres ved hjelp av en rotor på toppen av instrumentet. Rotoromdreiningene registreres av loggeenheten i instrumentet ved hjelp av en magnet montert på rotoren. Strømretningen registreres ved hjelp av det store roret og et innebygget kompass som avleses elektronisk. Målerne registrerer også sjøvannets temperatur og salinitet. Strømmålerne har internt minne til å logge data.

Målenøyaktigheten for de enkelte sensorene på Aanderaa Instruments RCM 7 strømmålere er oppgitt til (Aanderaa Instruments, 1983):

Konduktivitet:	$\pm 0,1$ mmho/cm
Temperatur:	$\pm 0,05^{\circ}\text{C}$
Kompassretning:	$\pm 7,5^{\circ}$ når farten er 2,5-5 cm/s $\pm 5^{\circ}$ når farten er 5-100 cm/s
Fart:	$\pm 1$ cm/s eller $\pm 2$ % av farten. Den høyeste av disse gjelder.
Laveste detekterbare fart:	1,1 cm/s



**Figur 7.** Aanderaa RCM7 strømmåler som blei hengt under betongflytebrygga.

RCM 7 måleren blei hengt i kjetting/tau på innsida av under betongbrygge nr 2 fra land i ca 4 m vanddyp, med et kort tau med lodd under.

Inne i bukta rett utafor badestranda blei det forankra ei bøye med en mindre/lettere strømmåler av type **Sensordata SD1000**. Dette er også en rotormåler slik som RCM7, men har litt andre spesifikasjoner. Data lagres internt, som for RCM7. Vanddypet i målepunktet var ca 1,5 m, og måleren hang i ca 1/2 m dyp, rett under overflatebøya.

### 3.1.2 Målerdata

Det viste seg at loddet/tauet under RCM7 måleren hadde nådd bunnen slik at sjøstjerner hadde klatra opp og delvis blokkert rotoren i en periode. Derfor blei det tatt inn litt slakk på kjettingen etter ei stund, og tauet med loddet blei fjerna.

Ved besøk og opptak av begge målerne 22. november viste det seg at RCM7 hadde perioder med mangelfulle data p.g.a. sjøstjernene. Det blei derfor beslutta å henge ut igjen denne måleren i 3 m dyp for 2-3 ekstra uker. Se **Tabell 1** for detaljer om målingene.

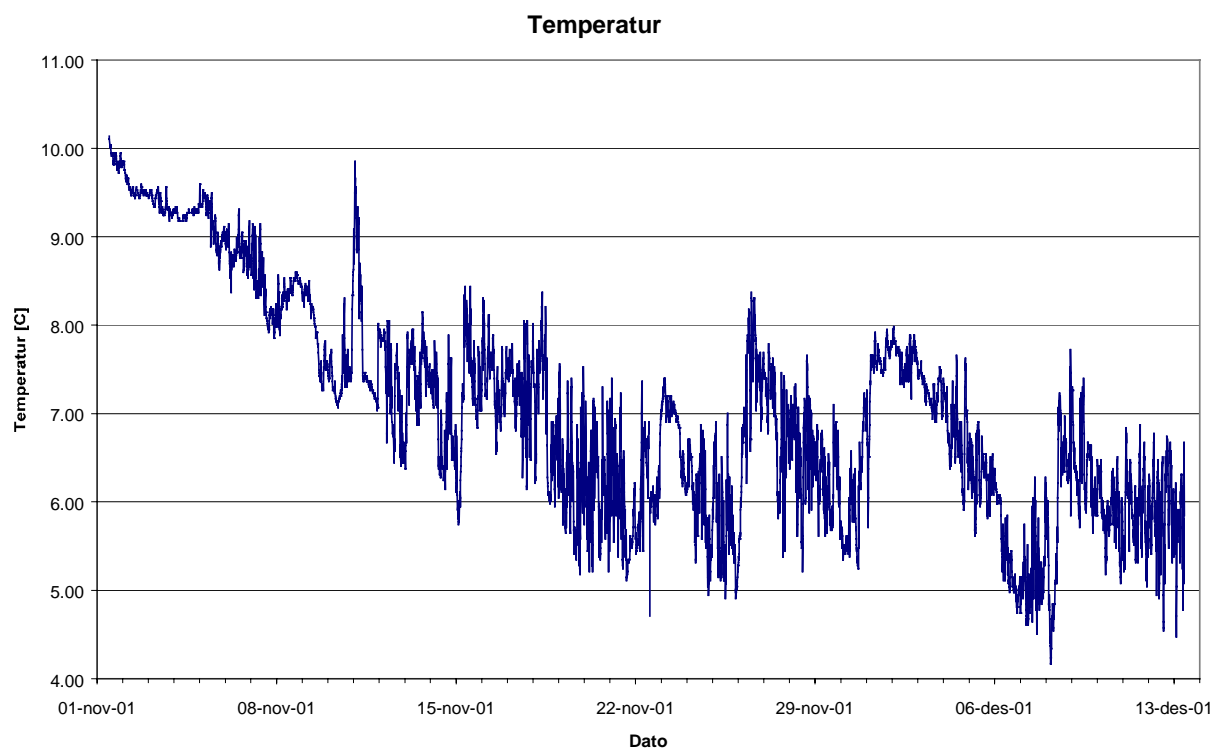
**Tabell 1.** Oversikt over målerinnstillinger og måleperioder ved Fagerstrand høsten 2001. Klokketid er oppgitt i norsk tid.

	RCM7 under brygga	SD1000 v/badestranda
Bunndyp	ca 5 m	1,5 m
Måledyp	4,5 / 3 m	0,5 m
Måleintervall	10 minutt	21,3 minutt
1. måling i sjøen	1/11 2001, kl. 12:28	1/11 2001, kl 13:30
Opptak av måler	22/11 2001, 13:40	22/11 2001, kl. 14:00
2. gangs utplassering	22/11 2001, kl 14:24	-
Opptak, 2. gang	13/12, 2001, kl 10:34	-

### 3.2 Måleresultater

Resultatene av målingene er synt i påfølgende figur 8-15.

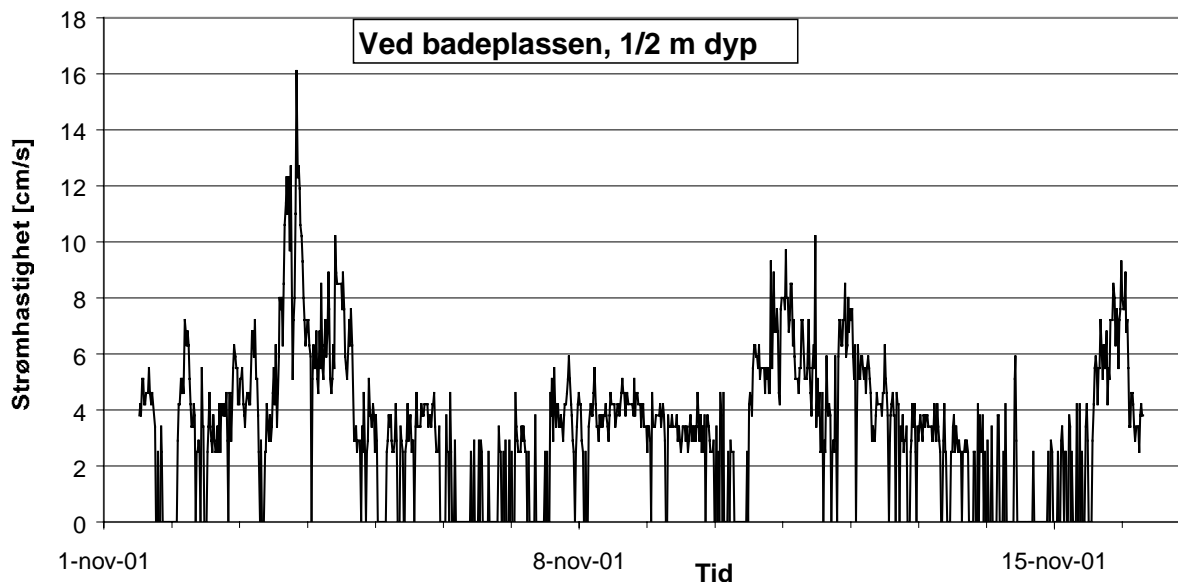
Sjøtemperaturen i 3-4 m dyp (**Figur 8**) falt raskt utover i november ned mot ca 6 °C og lå deretter rundt denne middelverdien til ut måleperioden 13. desember. Kortvarige fluktuasjoner kan skyldes både inn/utstrømmende vann med ulik temperatur, og oppstrømming av vann fra dypere sjikt i forbindelse med vind eller dypvannsinnstrømming.



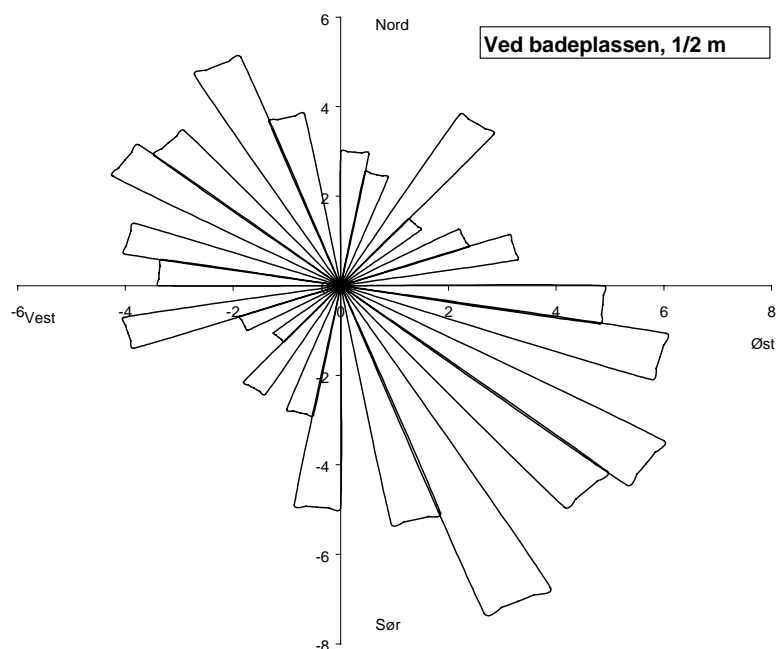
**Figur 8.** Målt sjøtemperatur med Aanderaa måleren under flytebrygga 1. november-13. desember, 2001.

### 3.2.1 Strøm ved badeplassen

**Figur 9** og **Figur 10** viser noen resultater fra strømmålingene ved badeplassen. Maksimal målt strømfart var 16,1 cm/s (om ettermiddagen den 3. november). Statistisk middelerdi var 3,35 cm/s. Det var kun kortvarige perioder (max 3-4 timer) med svak ("null") strøm. Hyppigst forekommende strømreretning var mot sør-sørøst og nordvest. Dominerende vanntransportretning (netttransport) var mot sørøst (**Figur 10**) siden denne sektoren hadde vesentlig innslag av høye strømsstyrker.



**Figur 9.** Tidsserie av målt strømfart (cm/s) ved badeplassen, 1. - 22. november, 2001.

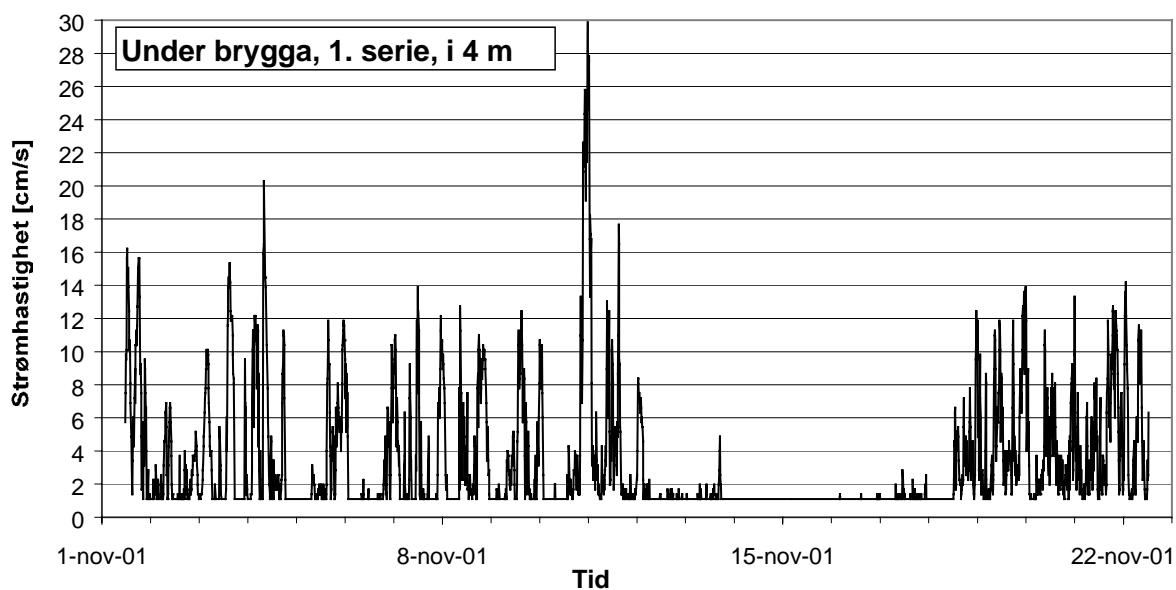


**Figur 10.** Fordeling av vannfluks (transport) i ulike strømreretninger ved badestranda. Strøm mot sørøst dominerte.

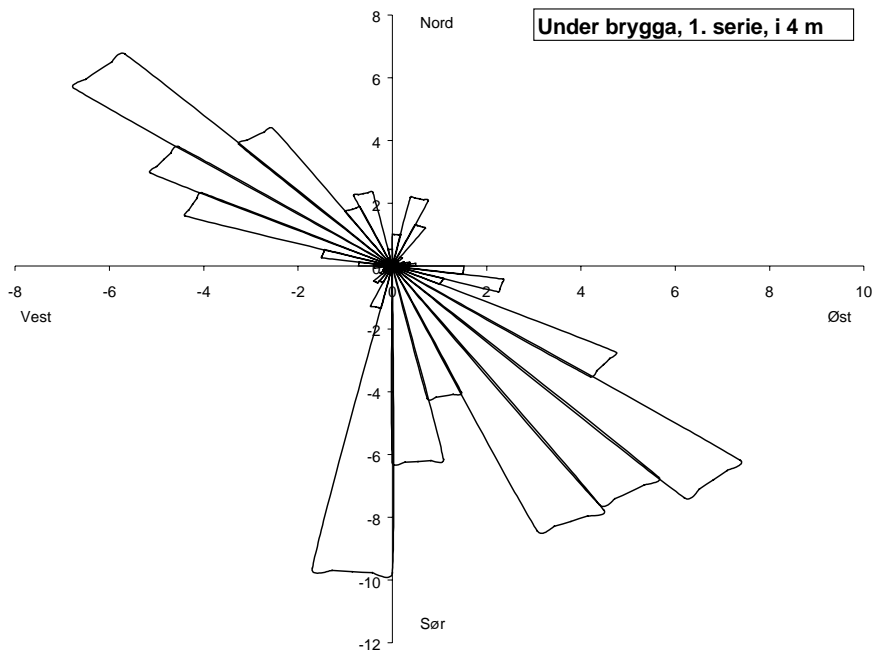
### 3.2.2 Strøm under flytebrygga

Noen resultater av målingene i 3-4 m dyp under flytebrygga er synt i **Figur 11 - Figur 15**. De to første figurene representerer resultatene fra 1. måleserie da det oppstod rotor-blokkering undervegs. Statistikk for denne serien må derfor tolkes med noe forsiktighet. Max. målt strømfart var 29,9 cm/s (10. november om kvelden). Middell strømfart var 3,2 cm/s, men dette er sannsynligvis et underestimat p.g.a. blokkeringsperioden. Sett bort fra denne lå middelverdien rundt 5 cm/s. Strømretningen varierte mellom nordvest og sørøst (**Figur 12**).

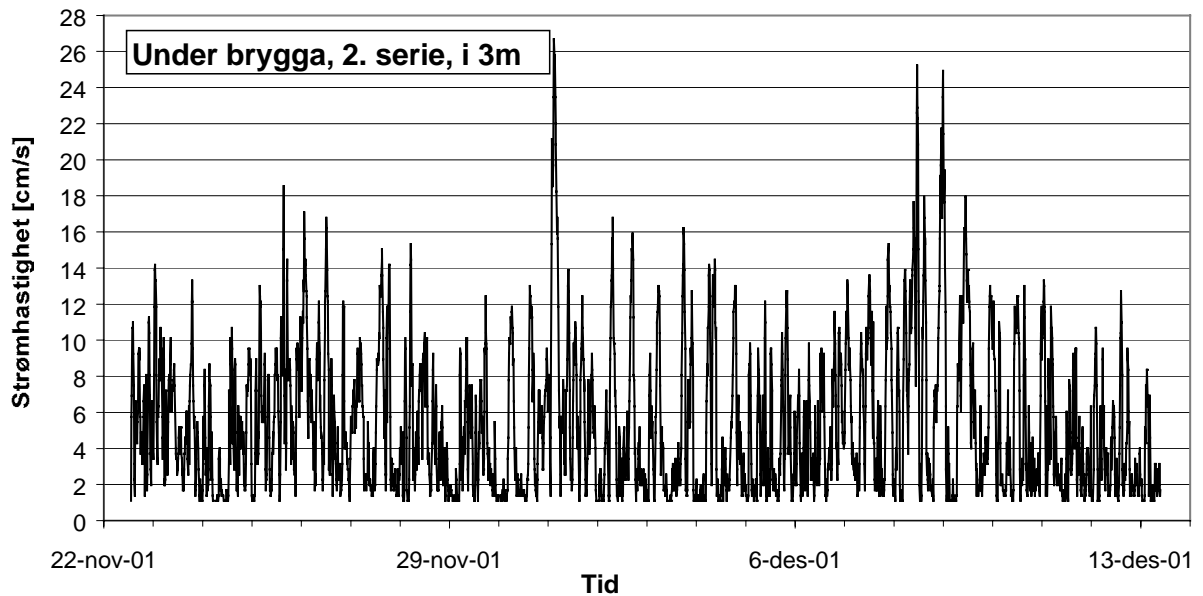
Resultater fra 2. måleserie, 22. november - 13. desember er synt i **Figur 13 - Figur 15**. Største målte strømfart var 26,7 cm/s (1. desember). Middelerdi for strømfarten var 5,4 cm/s. Strømretningene nordvest og sørøst dominerte også i denne serien (**Figur 14**). Diagrammet for progressiv vektor (**Figur 15**) syner at dominerende strømtransport var mot vest-nordvest i denne perioden.



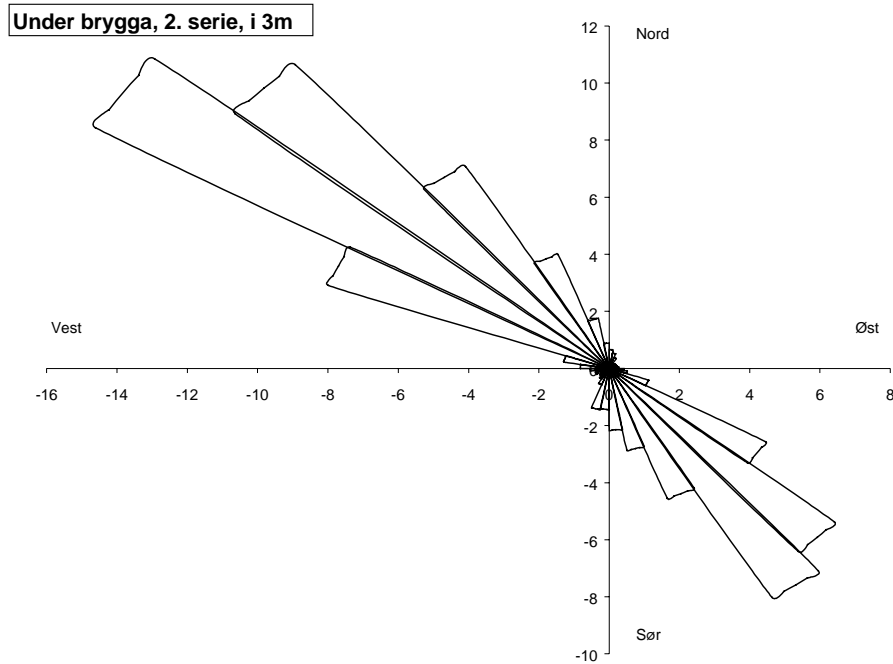
**Figur 11.** Målt strømfart (cm/s) under flytebrygga 1.-22. november, 2001. I perioden 12.-18. november var rotoren på måleinstrumentet delvis blokkert p.g.a. ei sjøstjerne.



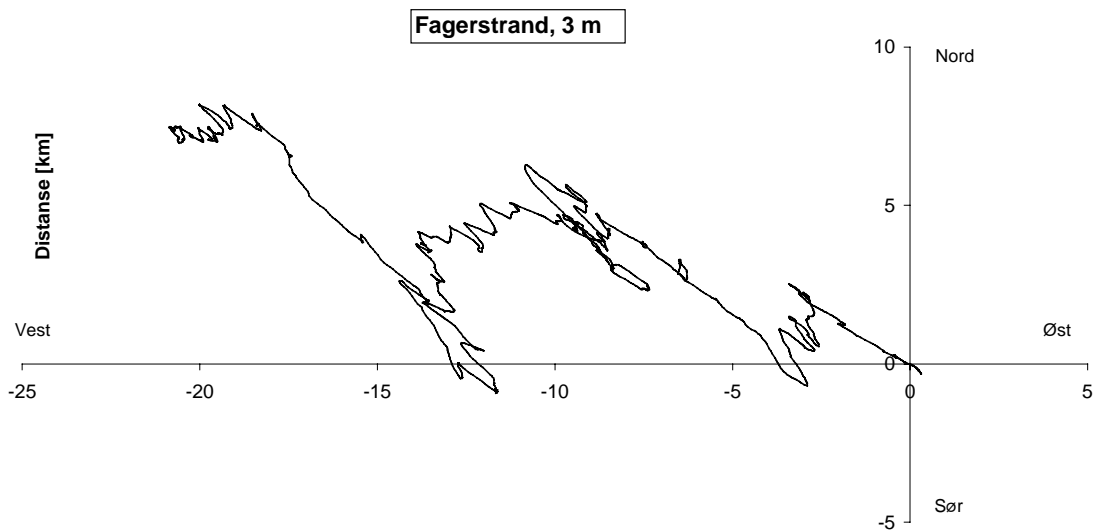
**Figur 12.** Fordeling av vannfluks (transport) i ulike strømretninger under flytebrygga, for målingene 1. - 22. november 2001.



**Figur 13.** Målt strømfart (cm/s) under flytebrygga i perioden 22. november -13. desember, 2001.



**Figur 14.** Fordeling av vannfluks (transport) i ulike strømretninger under flytebrygga, for målingene 22. november - 13. desember, 2001.



**Figur 15.** Progressiv vektor diagram for siste måleserie under flytebrygga. Strømtransport mot vest-nordvest dominerte.

### 3.2.3 Kommentarer til målingene

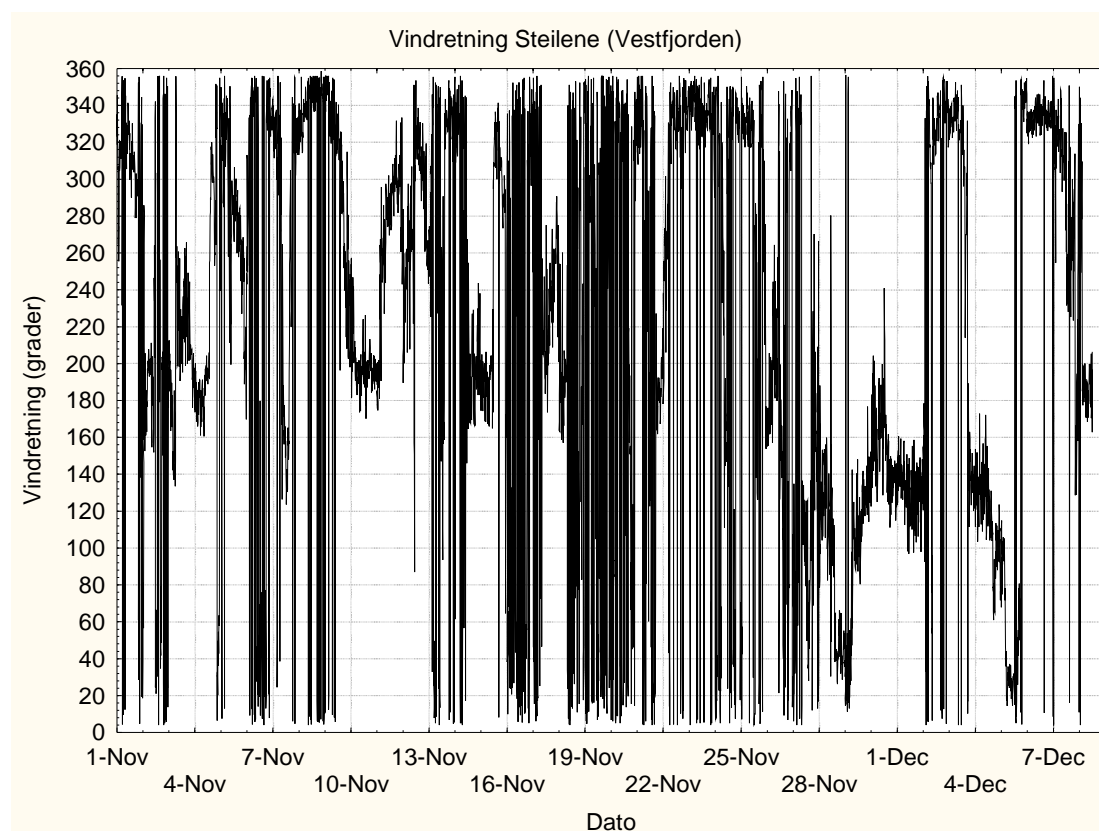
Måleren ved badeplassen var plassert på grunt vann nær sjøoverflata, mens instrumentet under flytebrygga hang i 3-4 m dyp. De to instrumentene har dermed ikke målt i eksakt samme sjikt.

Måleren ved badeplassen har sannsynligvis fanget opp det øverste og ferskvannspåvirkede sjiktet i fjorden, som naturlig vil ha en utoverrettet (sørgående) dominans for retningen. Lokal ferskvannstilførsel fra Fagerstrandbekken kan ha bidratt til å øke strømfarten og modifisere retningen noe i forhold til fjorden utofor p.g.a. lokale virvler. Men dersom målingene er representative, ser det i alle fall ut til at vann fra bekken i hovedsak føres ut i retning sør og vekk fra båthavna. Men i kortere perioder er strømmen nord (nordvest) gående og til dels rettet mot land (**Figur 10**) noe som kan forklare de høye bakteriemålingene om sommeren ved badeplassen.

I 3-4 m dyp under flytebrygga var det sterkere strøm enn ved badeplassen, og større innslag av strøm mot nordvest, d.v.s. innover fjorden. Dette kan gjenspeile innoverrettet kompensasjonsstrøm under overflatesjiktet, eller skyldes midlertidig vindeffekt. En kombinasjon av disse faktorene er sannsynlig forklaring uten at vi har hatt anledning til å gå dypere inn i denne materien.

De kortvarige episodene med sterk strøm var sannsynligvis en effekt av vind som enten økte på, endret retning, eller slakket av. Ved badeplassen kan midlertidig økning i utstrømming fra bekken ha spilt inn (f.eks. 3. november). Sterkstrømsepisodene den 3. og 10. november kan også ha vært påvirket av at det astronomiske tidevannet rundt disse periodene da hadde relativt stor amplitude (35-38 cm i.flg. tidevannstabellen). Men tidevannet og variasjonene i dette er normalt såpass svakt i Oslofjorden at de brå endringene i strømmen i hovedsak må skyldes andre faktorer og drivkrefter.

Om sommeren når det bades mye er det gjerne mer sønnvind/solgangsbris enn om høsten og vinteren slik at strømmålingene nødvendigvis ikke er helt representative for den perioden. **Figur 16** med vindretningsdata fra Steilene viser også at det faktisk var mye vind fra nord i måleperioden. Ved å supplere målingene med datasimuleringer for ulike strømmingssituasjoner kan vi likevel få dannet oss et godt bilde både av typisk nå-situasjon og av framtidig situasjon for vannstrømmen.



**Figur 16.** Vindretning målt ved NIVAs faste stasjon på Steilene i Oslofjorden, 1. november-10. desember, 2001.



## 4. Simuleringer av vannutskifting

### 4.1 Metodikk

For å simulere sirkulasjonen i overflatelaget (0-2 m dyp) har vi brukt modellen SMS/RMA-2. Forkortelsen SMS står for "Surface Water Modelling System", som inneholder den numeriske modellen RMA-2. SMS er laget ved Brigham Young University i samarbeid med U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, og U.S. Federal Highway Administration (ECGL, 1995). RMA-2 er en dynamisk, todimensjonal, dybde-integrert numerisk modell med fri overflate. Modellen beregner løsninger ved hjelp av endelig-element metoden.

#### Ligninger:

Gruntvannsligningene i RMA-2 er Navier-Stokes ligninger for bevarelse av bevegelsesmengde og volum (volumkonservering).

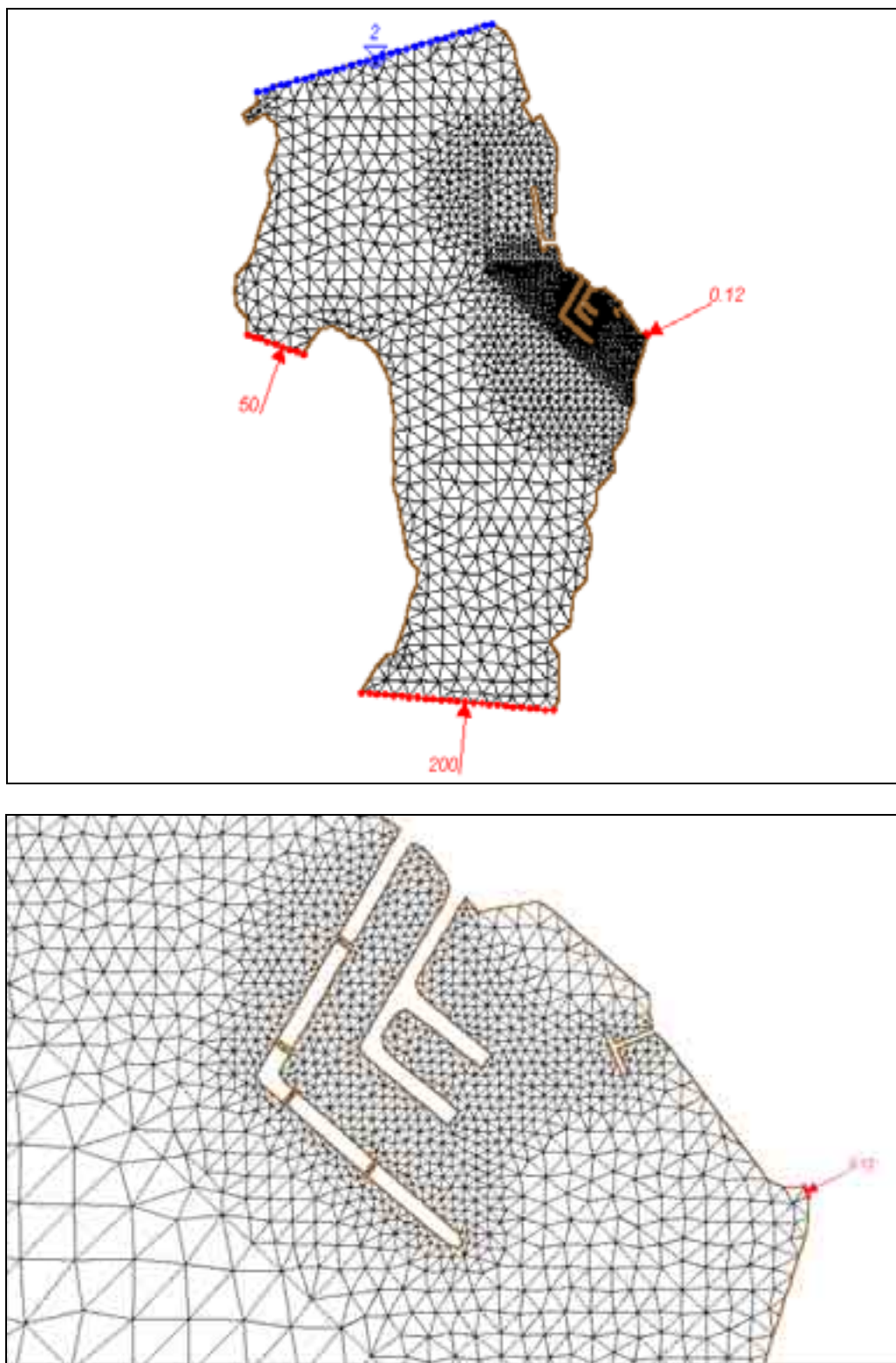
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \left( \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial a_0}{\partial x} \right) + fv - \frac{\epsilon_{xx} \partial^2 u}{\rho \partial x^2} - \frac{\epsilon_{xy} \partial^2 u}{\rho \partial y^2} + \frac{gu}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \left( \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial a_0}{\partial y} \right) - fu - \frac{\epsilon_{yx} \partial^2 v}{\rho \partial x^2} - \frac{\epsilon_{yy} \partial^2 v}{\rho \partial y^2} + \frac{gv}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0$$

x =	Distanse i x-retning (positiv mot øst)
y =	Distanse i y-retning (positiv mot nord)
u =	Horisontal strømningshastighet i x-retning
v =	Horisontal strømningshastighet i y-retning
t =	Tid
g =	Tyngdens akselerasjon
h =	Vanddyb
ρ =	Væskens tetthet
ε <sub>xx</sub> =	Normal turbulent utvekslingskoeffisient i x-retning
ε <sub>xy</sub> =	Tangensial turbulent utvekslingskoeffisient i x-retning
ε <sub>yx</sub> =	Tangensial turbulent utvekslingskoeffisient i y-retning
ε <sub>yy</sub> =	Normal turbulent utvekslingskoeffisient i y-retning
C =	Chezy ruhetskoeffisient (Beregnet ut fra Mannings n)
f =	Coriolis parameter

Modelleringen begynner med konstruksjon av et nettverk (grid) med diskrete punkter (dvs. data over posisjon og dyp for punktene i et nettverk, som siden interpoleres til et grid i SMS). **Figur 17** viser en del av nettverket som ble benyttet for beregningene. Ved Fagerstrand var oppløsningen 5 m, mot hhv. 20 m og 50 m lenger unna.



**Figur 17.** Nettverket eller gridet i RMA2-modellen for simulering av sirkulasjon etter utbygging. Øverst: hele området. Nederst: utsnitt av området. I hvert hjørne av trekantene og midt på hver side (noder) beregnes høyden over referansedypet, strømretning og strømhastighet.

Man må tilegne nettverket en initialtilstand. Dette gjøres ved å legge en horisontal, plan overflate over hele nettverket. Modellen trenger så en del tid ("spin up") på å finne representative løsninger.

Ved hjelp av de topografiske dataene, grenseflatebetingelsene og initialbetingelsene beregner RMA-2 løsninger for hvert tidssteg. Modellen beregner verdier for fart, retning og vannstand i hvert av punktene i gridet der det er lagt inn posisjon og dyp.

En slik type modell egner seg til å beskrive sirkulasjonen i et overflatelag når man betrakter dette som en vertikal homogen vannmasse over en horisontal, flat bunn. Spesielt vil modellen framheve områder med bakevjer og svak strøm. Videre vil beregningene gi grunnlag for å sammenligne strømstyrke og bakevjedannelse før og etter en utbygging av betongkai. Derimot må man være forsiktig med å tolke strømhastighetene absolutt, noe som i så fall ville forutsette en inngående kalibrering av modellen.

## 4.2 Data

### Modellen

Modellen må gis verdier for de turbulente utvekslingskoeffisientene og for bunnfriksjonskoeffisienten Manning's  $n$ . Turbulens og friksjon varierer med strøm- og bunnforholdene, og er samtidig en egenskap ved selve bevegelsen. De er følgelig svært vanskelige å bestemme nøyaktig. Oppgitte størrelser på koeffisientene varierer med flere størrelsesordener (ECGL, 1995), uten at beregningsresultatene endrer seg tilsvarende mye. Bunnfriksjonen (Manning's  $n$ ) er satt lik 0.025 (tilsvarer middels "friksjon" mot dypvannet og sider).

Strømforholdene i overflatelaget vil oftest være bestemt av tidevann, vind og den topografiske utformingen av kaier og strandsonen. Ifølge Tidevannstabeller fra Norges Sjøkartverk er gjennomsnittlig forskjellen mellom høyvann og lavvann i Oslo havn ca. 0.24 m. Tidevannet er halvdaglig. Arealet av området som modellen omfatter (**Figur 17**) er ca. 1.650.000 m<sup>2</sup> og for å heve vannflaten med 0.24 m behøves tilførsel av ca. 400.000 m<sup>3</sup> over et tidsrom på 6 timer. Innstrømmingen skjer i hele vannmassen mellom overflate og bunn og hvor dypet er 90-100 m vil hastigheten i tidevannsstrømmen være relativt liten. På grunnere vann vil hastigheten være større.

Dagens flytebrygger er ca. 2.5 m dype. Vi har valgt å simulere sirkulasjonen i et 2 m dypt overflatelag, som betyr at flytebryggene i stor grad fungerer som sperringer for dette overflatelaget (noe vann vil sannsynligvis bli presset ned og under bryggene).

I tillegg til å bestemme tykkelsen av vannlaget krever modellen også at man oppgir mengden av vann som strømmer inn (eller ut) i modellområdet ved en eller flere yttergrenser (render) for modellen. Våre fire render ligger mellom sørspissen av Aspond og østover til fastlandet (R1), mellom Aspond og Lågøya (Lågøysundet, R2), mellom nordspissen av Lågøya og fastlandet (R3), og munningen av Fagerstrandbekken (R4). Vi har ikke noe grunnlag for å bestemme randbetingelsene for R1 og R2, og har derfor valgt vannmengder som ved badeplassen gir strømhastigheter som kan sammenlignes med strømmålingene som ble utført der. For Fagerstrandbekken (R4) er brukt middelvannføringen på 0.12 m<sup>3</sup>/s, men modellen er også kjørt med 0.5 m<sup>3</sup>/s. Samlet sett kan trolig dette sammenlignes med en situasjon når innstrømmingen av tidevann er på sitt sterkeste. Men vi minner igjen om at det må legges mer vekt på hovedtrekkene i sirkulasjonen ved nåværende og en framtidig utbygging, enn en detaljert sammenligning av strømhastigheter. Simuleringene er utført for 5 ulike kombinasjoner av ulik topografi, strømforhold og ferskvannsavrenning (scenarier) som er sammenfattet i **Tabell 2**.

**Tabell 2.** Hovedscenarier for beregning av overflatesirkulasjon i et 2 m tykt overflatelag.

Scenario	Topografi	Randbetingelser
S1	Ingen flytebrygger eller moloer	Strøm nordover: R1: 200 m <sup>3</sup> /s, R2: 50 m <sup>3</sup> /s,
S2	Dagens situasjon med flytebrygger	R3: 2 m, R4: 0.12 m <sup>3</sup> /s
S3	Planlagt molo og flytebrygger	Strøm nordover: R1: 200 m <sup>3</sup> /s, R2: 50 m <sup>3</sup> /s,
S4	Planlagt molo og flytebrygger, stor ferskvannsavrenning	R3: 2 m, R4: 0.12 m <sup>3</sup> /s
S5	Planlagt molo og flytebrygger, strøm sørover	Strøm sørover: R1: 2 m, R2: 2 m, R3: 250 m <sup>3</sup> /s, R4: 0.12 m <sup>3</sup> /s

I tegningene for den planlagte moloen er lagt inn 4 rør med diameter 1 m med sikte på å øke vannfornyelsen innenfor moloen. SMS-modellen er ikke egnet for å gi en helt nøyaktig beskrivelse av dimensjonen for disse rørene, som i modellen er beskrevet som åpninger med bredde på 1,5 m.

### 4.3 Resultater

Resultater for de fem scenariene er vist i

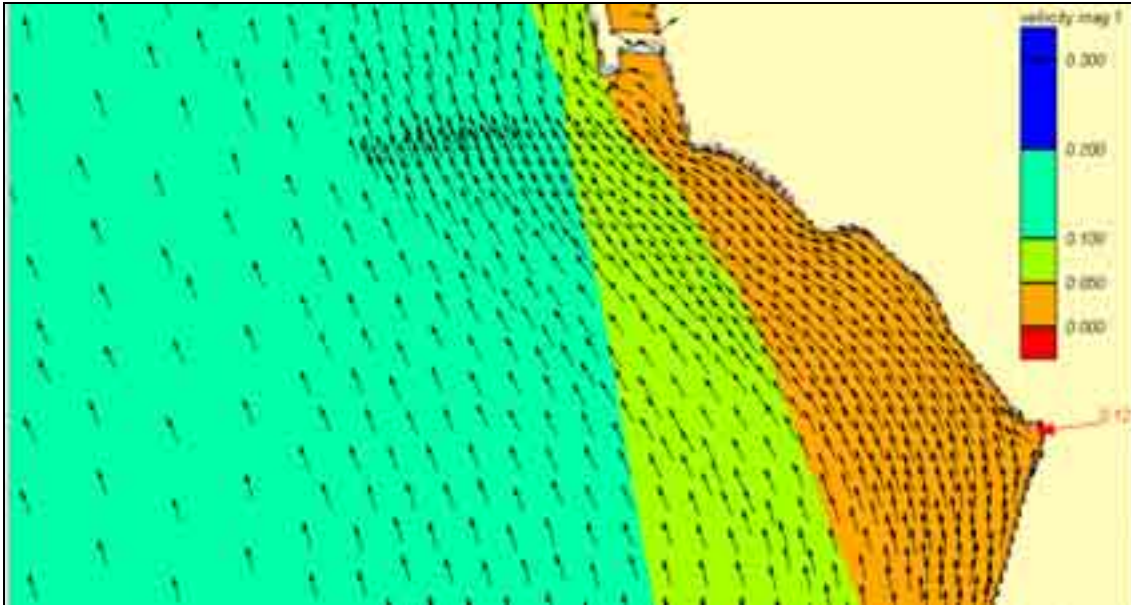
**Figur 18 - Figur 22.** Strømretningen er vist med piler og strømhastigheten som meter/sekund er vist med en fargeskala (se Figurenes øvre høyre hjørne). Merk at de fire første scenariene beskriver en situasjon med nordgående strøm i Drøbaksundet.

Modellsimuleringene viser samme strømretning som strømmålingene, og noenlunde samme hastighet som for badeplassen.

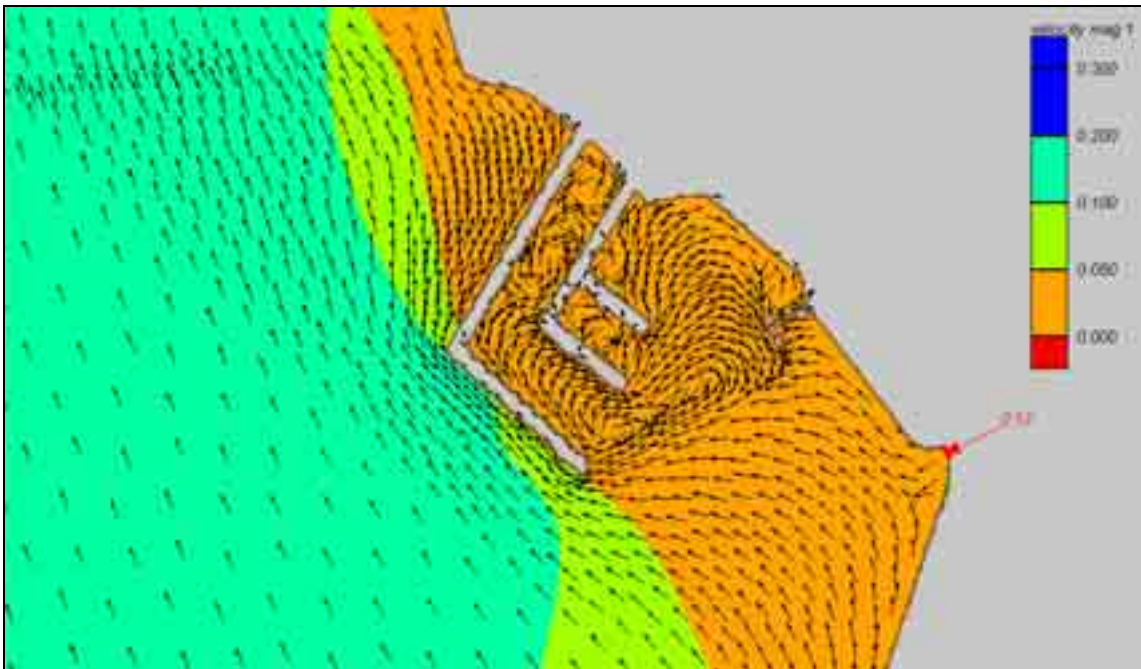
Alle scenarier viser svake strømmen utenfor Fagerstrand, selv scenario 1. Med dagens flytebrygger brytes stømbildet opp, med mange hvirvler og svake strømmen i overflatelaget. Vi minner imidlertid om at strømmålingene syntet vesentlig innslag av nordvestlig strøm under bryggene (jfr. Kap. 3).

Med den planlagte moloen vil fortsatt hele området mellom moloen og land være et område med svake og varierende strømmen selv om åpninger i moloen ser ut til å gi et viktig bidrag til økt gjennomstrømning og minsket bakevje-effekt.

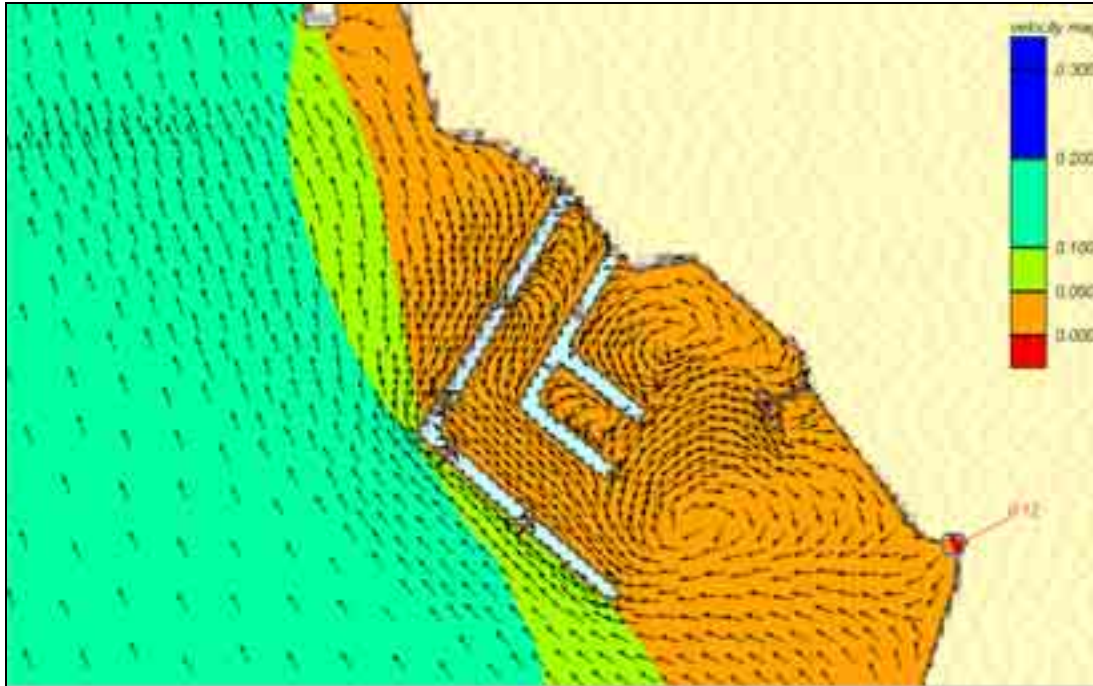
Vindforholdene i fjorden vil også være medbestemmende for sirkulasjonen. Om sommeren (i badesesongen) er det gjerne mye sønnavind som fører overflatevann innover fjorden, mens høst og vinter har mer nordavind. Ut fra modellsimuleringene ser slik inngående strøm (**Figur 20** og **Figur 21**) imidlertid ikke til å øke risiko/hyppighet for strøm fra bekken mot badeplassen.



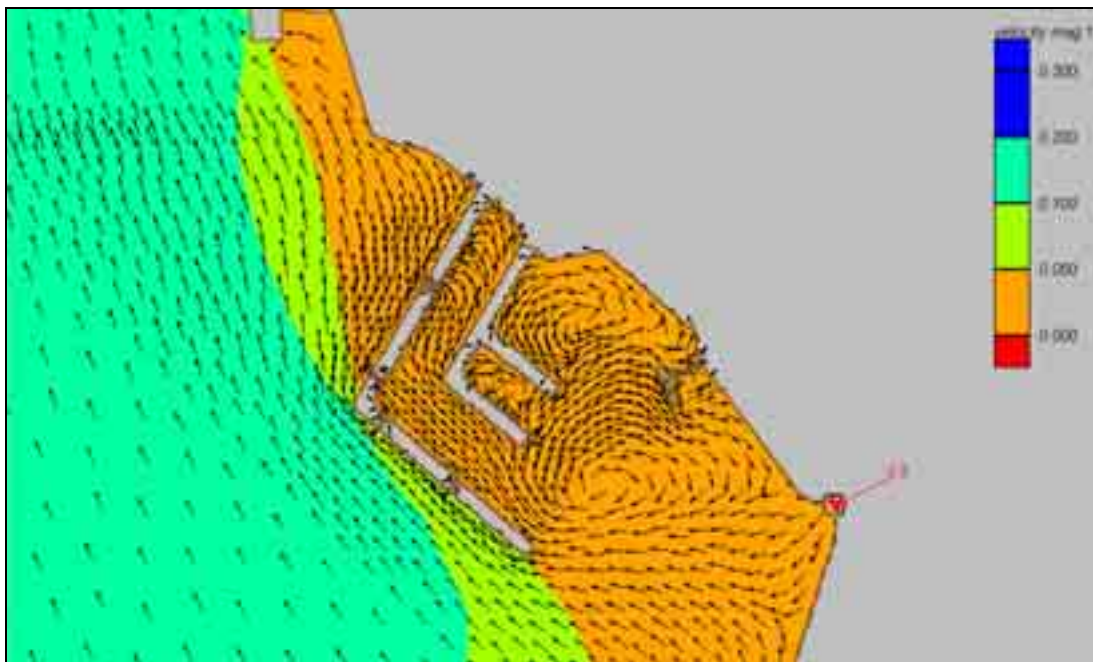
**Figur 18. Scenario 1:** Strømbilde (strømfart i m/s og strømpiler) for 0-2 m vannlag, uten betongmoloer og brygger. Tidevann strømmer nordover. Vannføring i bekken:  $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$ .



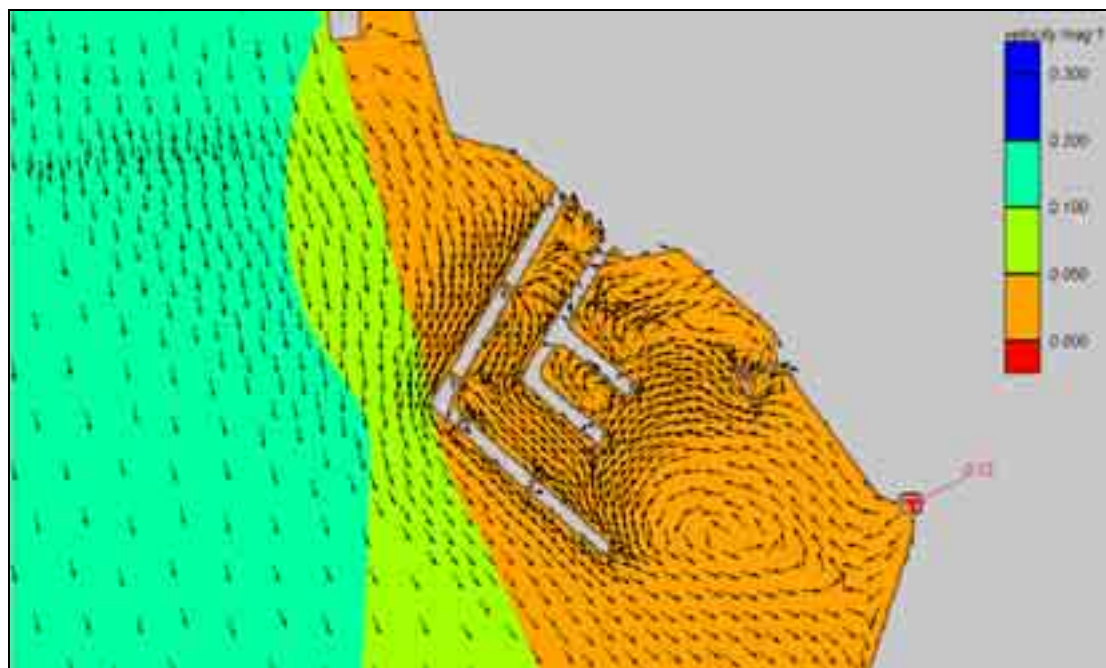
**Figur 19. Scenario 2:** Strømbilde (strømfart i m/s og strømpiler) for 0-2 m vannlag med nåværende brygger. Tidevann strømmer nordover. Vannføring i bekken:  $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**Figur 20. Scenario 3:** Strømbilde (strømfart i m/s og strømpiler) for 0-2 m vannlag, med ny betongmolo. Tidevann strømmer nordover. Vannføring i bekken:  $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**Figur 21. Scenario 4:** Strømbilde (strømfart i m/s og strømpiler) for 0-2 m vannlag, med ny betongmolo. Tidevann strømmer nordover. Vannføring i bekken:  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**Figur 22. Scenario 5:** Strømbilde (strømfart i m/s og strømpiler) for 0-2 m vannlag, med ny betongmolo. Tidevann strømmer sørover. Vannføring i bekken: 0.12 m<sup>3</sup>/s.

## 5. Sammenfattende vurderinger

### 5.1 Miljøeffekter i anleggsfasen og forslag til avbøtende tiltak

Tildekket bunn vil naturlig nok gå tapt som biotop for organismer i forhold til dagens tilstand. Men steinfyllinga kan i stedet gi ny skjule- og vekstplass for organismer, både nær bunnen og høyere opp i vannsøylen, slik at "biodiversiteten" ikke blir forringet, men kanskje heller økt.

Deler av moloen skal legges fra land og utover et lite stykke. Denne delen vil bestå av sprengte masser fra området like ved båthavna. Resten av massene blir dumpet fra lekter. Disse massene vil være utgravde løsmasser fra Drøbaksterskelen.

Slam og partikler som følger med fyllmassen fra stein-sprengning (kan gjelde delen som fylles fra land) kan bestå av tildels svært kvasse partikler som kan skade fiskegjeller, og nitratrester fra sprengstoffet kan medføre algeoppblomstring i sjøen under ellers gunstige forhold med sollys etc. Utsynkende partikler kan også dekke til organismer/biotoper på bunnen.

Dersom slikt fin-stoff medfølger fyllmassene, kan dette eventuelt avspyles på land, før deponering i sjøen. Dette ansees imidlertid ikke som noe problem av betydning for det aktuelle anleggsarbeidet. Dersom det skulle vise seg at synlige mengder finpartikler frigjøres fra fyllmassene og spres i sjøen rundt, kan eventuelle problemer med dette avbøtes ved å legge et skjørt (vertikal duk av presenning e.l.) rundt fyllingsområdet.

### 5.2 Langsiktige miljøeffekter

Dagens flytebrygger har bidratt til å dempe bølger og redusere vannutskiftingen i overflatelaget i lé, spesielt inne i båthavna. Dette vil særlig ha påvirket strandsonen og bunnen nær land ned til 1-2 meters dyp ved at biologien er tilpasset dagens forhold.

Ved å erstatte flytebryggene med en molo vil det fysiske miljøet i lé naturlig nok endre seg, og med det kan vannkvaliteten og livsvilkårene for organismer i dette området bli påvirket.

I tabellen nedenfor er mulige effekter av dette listet opp sammen med forslag til gradering av effektene og tiltak.

Aktuelle miljø-momenter og mulige langsiktige endringer og effekter av moloen, samt tiltak:

	<b>Mulig endring</b>	<b>Effekt; Stor/Merkbar/Liten</b>	<b>Mulig avbøtende tiltak</b>	<b>Evt. merknad</b>
1	Noe økt oppholdstid for overflatevann i området innafor moloen, med økt begroing, ansamling av drivende tang etc.	Liten/Moderat	Kulverter/kanaler gjennom moloen, regelmessig opprensning for hånd	
2	Redusert strømdrag og vannutskifting ved bunn i lé av moloen.	Liten	Gjennomstrømning i fyllingsfoten	Komplisert tiltak, tilrås ikke
3	Større grad av opphoping av løsreven tang og alger samt en generelt større nedslamming av bunn i lé bak moloen.	Liten/Moderat	Kulverter/kanaler gjennom moloen	



	<b>Mulig endring</b>	<b>Effekt; Stor/Moderat/Liten</b>	<b>Mulig avbøtende tiltak</b>	<b>Evt. merknad</b>
4	Bakevjer og dårligere vannkvalitet ved badeplassen.	Liten (Moderat)	Opprydding/sanering av tilsig til bekken.	Opprydding er vedtatt
5	Avsetning av mer fin-partikulær sand inne ved land, der det i dag er småstein	Liten (Moderat)		
6	Overgang fra alger som krever eksponerte forhold, til arter som trives i beskyttede farvann.	Liten/Moderat	Vanskelig å gjøre med det som skyldes mindre bølger	
7	Endringer i dyresamfunn siden mestparten av assosiert fauna er knyttet til en viss type algesamfunn.	Liten/Moderat	Kulverter kan minske endringene	
8	Mer opphoping av rester av bunnstoff på bunn og i organismer.	Moderat/Liten	Kulverter, bruk av giftfri båtmalning kombinert med hyppigere rengjøring av båtskrog.	
9	Økt påvekst på båtskrog i havna	Moderat	Kulverter kan minske endringene.	
10	Sikrere fortøyning av båter, mindre risiko for havari og oljesøl etc	Moderat/Stor	Ønsket miljøeffekt	

### Kommentarer

De fleste endringene eller effektene i forhold til miljøet vil i høyden bli moderate og sannsynligvis knapt merkbare/ målbare.

Problematikken omkring forurensing fra Fagerstrandbekken ved badeplassen vil best bli løst ved at ryddes opp i nedslagsfeltet til bekken, noe som kommunen arbeider med. Modellsimuleringene for ny molo synte også at strømmen hyppig vil føre vannet fra Fagerstrandbekken sørover og bort fra badeplassen.

Flere av effektene vil bli mindre evt. borte ved å legge noen kulverter eller kanaler gjennom toppen av moloen, med gangveg over. Minimum to slike kanaler i den tverr-strøms delen av fyllinga med bredde ca 1-1,5 m anbefales, for å sikre overflateutskiftinga. Disse kan gjerne lages avrundet eller i traktform i åpningene for å minske strømningsmotstanden. Dybden bør være minimum 0,5 m på fjære sjø. Helst bør de ligge slik at de er helt neddykket også på fjære sjø, for å redusere bølgeforplantning innover i havna og hindre at flytende partikler etc kan drive inn/ut. Det bør også legges en mindre åpning (evt et jern/betongrør) innerst ved land.

Åpninger i den ytterste, sørgående delen av moloen kan også anbefales men vil få mindre effekt for vannutskiftingen.

Å legge kulverter nær bunnen eller inne i fyllinga ansees som både komplisert og kostnadsdrivende, i forhold til alternativet med åpninger i toppen av fyllinga (høg kost kontra liten miljøgevinst).

Mange småbåthavner med mye stillestående vann har forhøyede konsentrasjoner av rester av giftige bunnstoff i organismer og sedimenter. Tiltak mot bruk av giftig bunnstoff er vedtatt og TBT-holdig bunnstoff forbyes solgt fra år 2003 til alle fartøyer, og også kobberstoff er i søkelyset (forbud i

Sverige). Giftfrie alternativer for småbåter vil på sikt redusere dette forurensingsproblemet og kravet til vannutskifting i havnene for å holde dette i sjakk kan bli mindre.

Det forutsettes for øvrig at moloen bygges med miljømessig sett rein fyllmasse, slik at denne i seg selv ikke kan medbringe ny forurensing til området. Og videre at anleggsarbeidet blir utført så skånsomt som mulig. Under disse forutsetningene og på basis av foreliggende opplysninger og gjennomførte analyser betraktes de langsiktige miljøeffektene av tiltaket å være små, og lokalt begrenset. Tiltak med å legge åpninger i moloen vil bidra til å minimalisere eller eliminere disse effektene. I anleggsfasen vil det kunne oppstå midlertidige effekter eller problemer, som kan begrenses ved å iverksette avbøtende tiltak.

## 6. Litteraturreferanser

- Aanderaa Instruments 1983: RCM 7 & 8 Recording Current Meter. Operating Manual. Aanderaa Instruments, Bergen.
- ECGL 1995: Surface water modeling system, Reference manual. Brigham Young University. Engineering Computer Graphics Laboratory. 368B CB, Provo, Utah, USA. 170 sider.
- LIMNO-CONSULT 2000 (Ø. Løvstad): Lokal, tiltaksretta vannkvalitetsovervåking i Nesodden kommune. Rapp. Limno-consult AS, 12s.
- Lystad, E., Moe, K.A., Selvik, J.R., Gray, J.S., Johannessen, Ø., Klungsoyr, J. & Westrheim, K., 1994. Eventuelt oljesøl fra *Blücher* - Etablering av miljødokumentasjon - Vannmasser, strandsonen og sublittorale bløtbunnsedimenter. CMS rapport 0153-93.
- NIVA 1994 (R. M. Konieczny): Miljøgifter i Indre Oslofjord. Delrapp. 4. Rapp. Nr. 3094, NIVA, Oslo, 134s.
- NIVA 1997 (Konieczny R.M. & Brevik E.M.) Kartlegging av et tønneponi i sjøen utenfor Aspond, indre Oslofjord 1996. Utbredelse, tilstand og miljøgifter. Rapp. nr. 3586-96. NIVA, Oslo, 56s.
- NIVA 1999 (J. Magnusson m.fl.): Overvåking av forurensingssituasjonen i indre Oslofjord i 1998. Rapp. nr. 4058-99, NIVA, Oslo, 63s.
- NIVA 2001 (J. Magnusson m.fl.): Overvåking av forurensingssituasjonen i indre Oslofjord i 2000. Rapp. nr. 4387-2001, NIVA, Oslo, 86 s.
- SFT 1997a (J. Andersen m.fl.): Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvatn. SFT veiledning nr 97:04, rapp. nr. TA 1468/1997, SFT, Oslo, 31s.
- SFT 1997b (J. Molvær m.fl.) Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT veiledning Nr. 97:03, rapp. nr. TA 1467/1997, SFT, Oslo, 36 s.