

RAPPORT LNR 3657-97

**V**urdering av  
utslippsforholdene ved  
Langøya, Breiangen

## Norsk institutt for vannforskning

# RAPPORT

### Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00

### Sørlandsavdelingen

Televeien 1  
4890 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

Søndre Tollbugate 3  
9000 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Vurdering av utslippsforholdene ved Langøya, Breiangen.	Løpenr. (for bestilling) 3657-97	Dato 21.4.1997
	Prosjektnr. Undernr. O-96257	Sider Pris 23
Forfatter(e) Jan Magnusson Bruce Hackett, DNMI Øyvind Sætra, DNMI	Fagområde Oseanogr. modeller	Distribusjon Fri
	Geografisk område VES	Trykket NIVA


Oppdragsgiver(e) Norsk Avfallshandtering AS (NOAH)	Oppdragsreferanse J.Lindstrøm
---	----------------------------------

Sammendrag Innlagring, fortynning og spredning av eksisterende utslipp ved Langøya er beskrevet ved modellberegninger og sammenlignet med et tilsvarende utslipp på østsiden av øya.
---

Fire norske emneord 1. Utslipp 2. Primærfortynning 3. Strømmodell 4. Spredning	Fire engelske emneord 1. Outlet 2. Primary dilution 3. Current model 4. Dispersion
--	--

  
Jan Magnusson  
Prosjektleder

ISBN 82-577-3219-2

  
Bjørn Braaten  
Forskningsjef

O-96257

**Vurdering av utslippsforholdene**

**ved**

**Langøya, Breiangen**

Saksbehandler: Jan Magnusson

Medarbeidere: Bruce Hackett, DNMI  
Øyvind Sætra, DNMI

## Forord

Høsten 1996 ble Norsk institutt for vannforskning (NIVA) forespurt å foreta en vurdering av utslipps- og spredningsforholdene fra Norsk avfallshandtering AS (NOAH) utslipp på Langøya (Holmestrandsfjorden/Breiangen). I programforslaget( 23.9.1996) ble det foreslått å ta i bruk en numerisk strømmodell som tidligere er brukt i området, noe som innebar et samarbeide med Det norske meteorologisk institutt (DNMI) i Oslo. I foreliggende rapport har Bruce Hackett og Øyvind Sætra (DNMI) hatt ansvaret for arbeidet med strømmodellen og skrevet tilhørende deler i rapporten.

Oslo, 21.4.1997

*Jan Magnusson*

---

---

<b>1. INNLEDNING.</b>	<b>5</b>
<b>2. FORMÅL.</b>	<b>5</b>
<b>3. GJENNOMFØRING.</b>	<b>5</b>
<b>4. NUMERISK MODELL AV STRØM- OG SPREDNINGSFORHOLDENE VED LANGØYA OG BREIANGEN.</b>	<b>6</b>
4.1 Beskrivelse av strømmodellen.	6
4.2 Beskrivelse av spredningsmodellen	8
4.3 Valg av scenarier	8
4.4 Fremstilling av resultater	8
<b>5. BEREGNING AV INNLAGRINGSDYP OG FORTYNNING AV EKSISTERENDE UTSLIPP.</b>	<b>9</b>
5.1 Forutsetninger.	9
5.2 Innlagring og fortykning av eksisterende utslipp.	12
5.3 Modellsimuleringer.	16
5.4 Modellresultater og virkelighet.	17
<b>6. DISKUSJON AV RESULTATENE.</b>	<b>22</b>
<b>7. SAMMENFATTENDE KONKLUSJONER.</b>	<b>22</b>
<b>8. LITTERATUR.</b>	<b>23</b>

---

## 1. Innledning.

Norsk avfallshandtering (NOAH) har behov for utslipp av rensset avløpsvann fra gipsdeponi på Langøya. Utslipp av rensset avløpsvann vil skje kontinuerlig når behov foreligger. Utslippmengden vil da ligge på 100 m<sup>3</sup>/time. I NOAHs konsesjon fra Statens forurensningstilsyn (13.10.95), er det satt krav til en vurdering av utslippsforholdene ved Langøya. Det skal bl.a undersøkes om dagens utslippssted er det best egnede, eller om det er mulig å minske belastningen på resipienten ved å flytte utslippspunktet eller variere utpumpingsraten over året. Strømningsforholdene rundt øya skal vurderes og fortynningsgrad på utslippet.

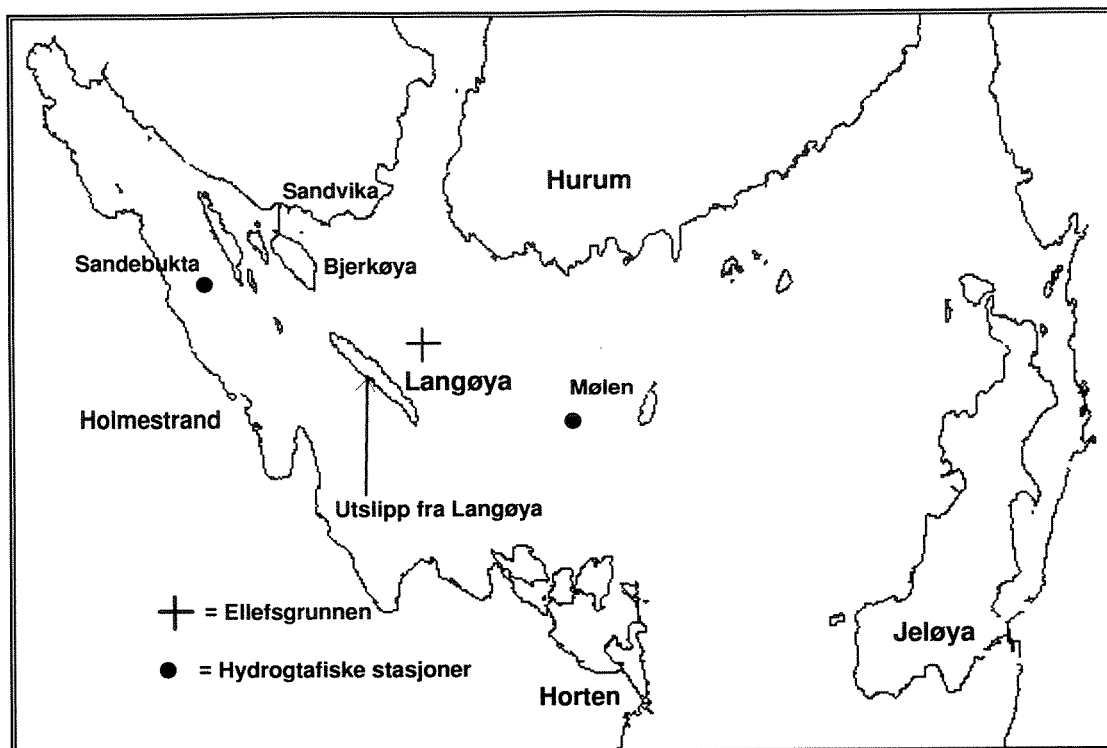
## 2. Formål.

Formålet med denne utredning er å foreta fortynnings- og spredningsberegninger på eksisterende utslipp på Langøya, og sammenligne med andre mulige utslippsteder for å vurdere best egnet utslippssted. Med best egnet utslippssted menes i utgangspunktet det som gir minst mulig belastning på resipienten, dvs. best mulige fortynnings- og spredningsforhold.

I denne sammenheng er det verdt å påpeke, at det ikke er innlysende hva som menes med minst mulig belastning på resipienten. Ved utslipp av miljøgifter som er bioakkumulerende, vil valg av utslippssted ut fra kriterier som best mulig fortykning og videre spredning, kunne føre til at et større område blir påvirket av utslippet. Effekter av restkonsentrasjoner blir dermed oppdaget langt senere, enn hvis utslippet ble lagt til et område med dårligere primærfortynning og spredning. For resipienten som helhet kan således et gunstig utslippssted være der hvor videre spredning er liten, slik at det området som eventuelt kan bli påvirket på lengre sikt er mest mulig begrenset.

## 3. Gjennomføring.

Vurderingen er gjort ved å bruke eksisterende hydrografiske observasjoner fra nærliggende stasjoner i Breiangen/Homestrandsfjorden, og ut fra disse beregne primærfortynning og innlagingsdyp på eksisterende utslipp. Videre er det satt opp en numerisk strøm- og spredningsmodell for Breiangen, som blir brukt for å estimere videre spredning av utslippet. Spredningsmodellen er også brukt for å se på et alternativt utslipp på østsiden av Langøya. Figur 1 viser kart over området med eksisterende utslipp på Langøya.



Figur 1. Kart over Breiangen med Langøya og eksisterende utslipp på Langøya.

## 4. Numerisk modell av strøm- og spredningsforholdene ved Langøya og Breiangen.

### 4.1 Beskrivelse av strømmodellen.

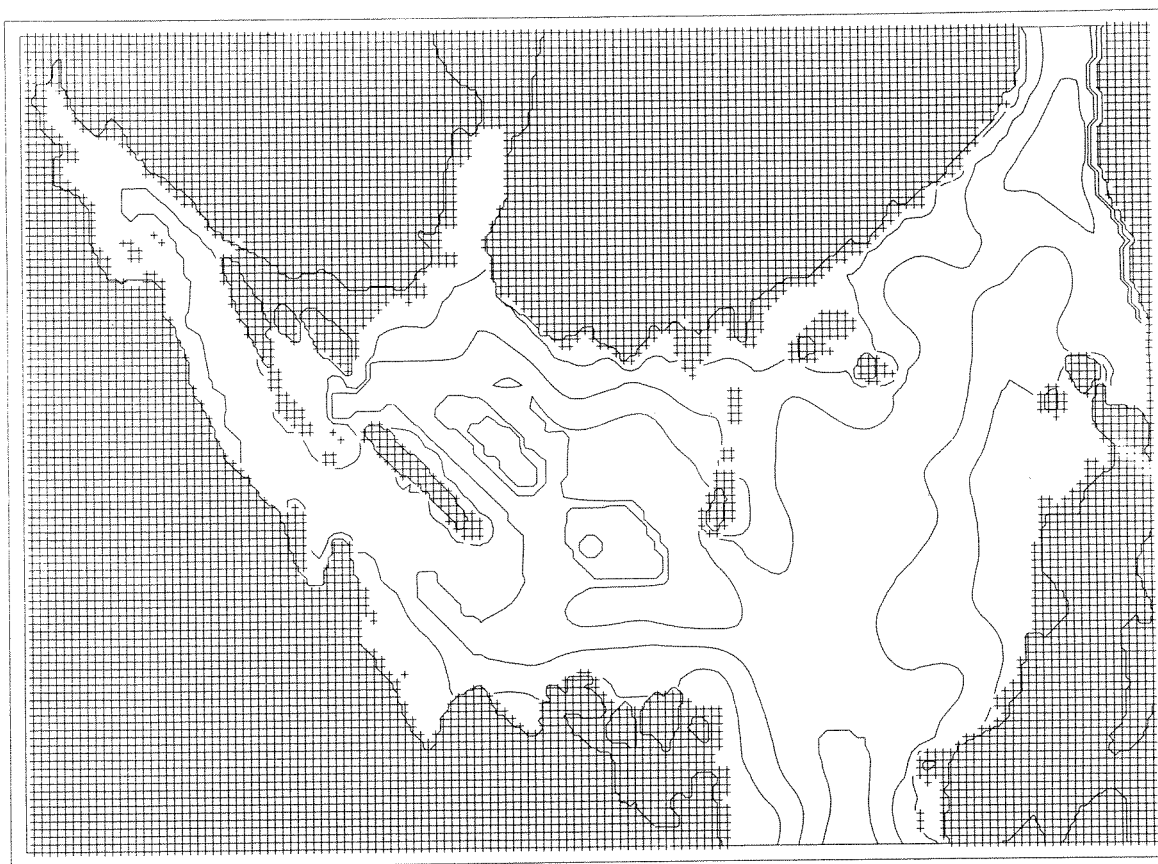
Den hydrodynamiske modellen som er brukt for å estimere strøm i denne undersøkelsen er Oslo Multilayer Mesoscale Ocean Model - OSMOM. Dette er en numerisk havmodell som er utviklet ved Det norske meteorologiske institutt i Oslo. OSMOM er en såkalt lagmodell, det vil si at den beregner strømhastigheten for et bestemt antall vertikalt fordelte lag i havet. Strømhastigheten representerer middelstrømmen i dypet innenfor et bestemt lag. I dette prosjektet har vi valgt å benytte en 1 1/2 lags versjon av OSMOM. Med dette menes en versjon hvor strøm bare beregnes i det øverste laget og hvor bunnlaget blir liggende i ro. Dette omtales ofte som en tyngderedusert modell og er ment å beskrive forhold hvor bunnvannet og vannet i det øverste blandingslaget i havet er adskilt av et tydelig sprangsjikt, og hvor tettheten til vannet innenfor de to lagene er tilnærmet konstant med dypet. Dette valget er gjort fordi dette er den av de tilgjengelige modellene som på kortest tid kunne settes opp for dette bestemte geografisk området, og fordi erfaring fra tidligere undersøkelser med bruk av denne typen modeller for Oslofjordområdet er svært gode (Baalsrud og Magnusson, 1990, Røed et.al, 1990). Modellen er dessuten meget effektiv på regnemaskin og beregninger kan foretas på PC'er og mindre arbeidsstasjoner.

Strømmen beregnes i et gitter med en maskevidde på ca. 170 m. I dette modelloppsettet har vi valgt likevektsdypet i øvre lag (d.v.s. sprangsjiktets dyp når vannet er i ro) til 15 m. Modellområdet er på 107 x 147 gitterpunkter og dekker hele Breiangerområdet. I syd er området begrenset av en linje rett

syd for Jeløya og i nord av en linje på tvers av Oslofjorden rett nord for Filtvet. Figur 2 viser modellområdet hvor landpunktene er markert ved å vise rute-nettet. Figuren viser også dybdekontene for femti- og hundre meters dyp.

Det som driver strømmodellen er vind, tidevann og ferskvannstilførsel. Vinden i denne undersøkelsen er målinger fra Tofte for juni og juli 1995 som angir vindstyrke og retning for hver time. Disse verdiene for vinden brukes i alle gitterpunktene til modellen. For et bestemt tidspunkt er det således ikke noe romlig variasjon av vinden innenfor modellområdet. Ferskvann tilføres modellen innerst i Kroksbukta ved Holmsbustenene og skal representere ferskvannstilførselen fra Drammenselva. For nærmere beskrivelse av vind og ferskvannstilførsel, se kap 3.3.

Strømmen beregnet i øvre lag av modellen skal tilsvare en strømobservasjon i ca. 5 til 10 meters dyp. Usikkerheten i denne beregningen er avhengig av hvorvidt de fysiske prosessene som gir opphav til strømmen er godt representert i den numeriske modellen. På bakgrunn av erfaring fra tidligere undersøkelser vil vi anslå usikkerheten i modellberegningene statistisk sett til å være ca. 20%.



Figur 2. Modellområdet, hvor rutenettet på land viser oppløsningen på den numeriske strømmodellen.



## 4.2 Beskrivelse av spredningsmodellen

Spredningsmodellen beregner konsentrasjonen og utbredelsen av et utslipp på bakgrunn av resultatene fra strømmodellen. Modellen settes opp for det samme geografiske området og med oppløsning som strømmodellen. I et angitt gitterpunkt slippes det ut et bestemt antall gram sporstoff pr. sekund (se kap. 4.3) for den perioden hvor simuleringen foregår. Spredning skyldes diffusjon av sporstoffer og adveksjon (transport med strøm). Modellen tar ikke med effekten av de diffusive prosessene. Det er med andre ord bare adveksjonsprosessen som er tatt hensyn til i spredningsberegningene. Bakgrunnen for dette er bl.a. at valg av diffusjonskonstanter er beheftet med meget stor usikkerhet. En ren adveksjonsmodell gir et konservativt estimat for spredningen og resultatene kan derfor betraktes som en øvre grense for konsentrasjonene. I virkeligheten vil diffusjonsprosesser føre til at sporstoffene spres noe mer enn hva modellen gir inntrykk av. Spredningsmodellen benytter en bestemt numerisk metode for å forhindre kunstig utvasking av skarpe gradienter og fronter.

## 4.3 Valg av scenarier

I denne undersøkelsen har vi valgt å lage to strøm-scenarier, ett som er antatt å gi "dårlig" spredning og ett som er antatt å gi "god" spredning. Begge simuleringene foregår over en periode på en måned.

Scenario 1: Lav vannføring og svak vind

Scenario 2: Høy vannføring og sterk vind

For scenario 1 ble vindmålingene fra Tofte for juni 1995 benyttet (modellen drives av reell observert vind). Vannføringen fra Drammenselva ble her satt til 100 kubikkmeter pr. sekund. I scenario 2 benyttet vi vindmålinger for juli 1995 og satt vannføringen i Drammenselva til 300 kubikkmeter pr. sekund. For hver av strømscenariene ble det først gjort spredningssimulering fra det nåværende utslippsstedet på syd-vestsiden av Langøya. I samråd med NOAH ble det deretter avgjort å lage spredningssimuleringer også fra et tenkt nytt utslippssted på nord-østsiden av øya for begge strømscenariene. I alle simuleringene ble utslippsraten satt vilkårlig til 500 milligram pr. sekund, som tilsvarer en konsentrasjon på 18 µg/l i utslippet før primærfortynning.

## 4.4 Fremstilling av resultater

Det har blitt laget animasjoner av strøm- og spredningssimuleringer ved hjelp av visualiseringsverktøyet GASP. For strømsimuleringene viser disse animasjonene strømhastigheten for annen hver time i forskjellige punkter som piler. Pilenes retning og lengde angir strømmens retning og styrke. Bakgrunnsfargen i den "våte" delen av modellområdet viser avviket i tykkelse fra likevektstilstanden for øvre lag (dvs. avvikelse fra 15 meters dyp). Avviket fra 15 meters dyp er maksimalt fra 11 meter dyp (mørk grønn farge) til 26 meters dyp (orange farge), med en meters differanse for hver fargenyanse. Animasjonene for spredningssimuleringene viser konsentrasjonen av sporstoff for hver time i alle gitterpunkter. Konsentrasjonen angis på en fargeskala fra blått som representerer null konsentrasjon, til gult og siden rødt som representerer en konsentrasjon på tyve milligram pr. kubikkmeter eller mer.

Alle GASP-animasjoner har deretter blitt overført til et såkalt MPEG-format som kan spilles av på de fleste PC'er.

## 5. Beregning av innlagringsdyp og fortykning av eksisterende utslipp.

### 5.1 Forutsetninger.

Dagens utslipp på Langøya ligger på vestsiden (figur 1). Utslippsledningen går ca. 30 meter ut i sjøen. Diameteren på ledningen er 120 mm og utslippsdyp på 15 m. Ledningen er uten diffusor og endehullet er horisontalt med tverrsnitt som ledningen. Ledningen tas i bruk etter behov og da blir det pumpet ut ca 100 m<sup>3</sup>/time, eller 0.028 m<sup>3</sup>/s. Egenvekten på utslippsvannet er ca. 1.009 (g/cm<sup>3</sup>).

Når avløpsvannet slippes ut på 15 meters dyp vil det blandes med det tyngre sjøvannet. Det i utgangspunktet lettere avløpsvannet fortyknes med det tyngre sjøvannet. Samtidig som det fortyknede avløpsvannet stiger opp i vannet øker egenvekten som følge av innblandingen med sjøvann. Når egenvekten på det fortyknede avløpsvannet tilsvarer resipientvannet, innlagres det omkring dette nivå. Fortykningsen som avløpsvannet har på innlagringsdypet kalles primærfortyning.

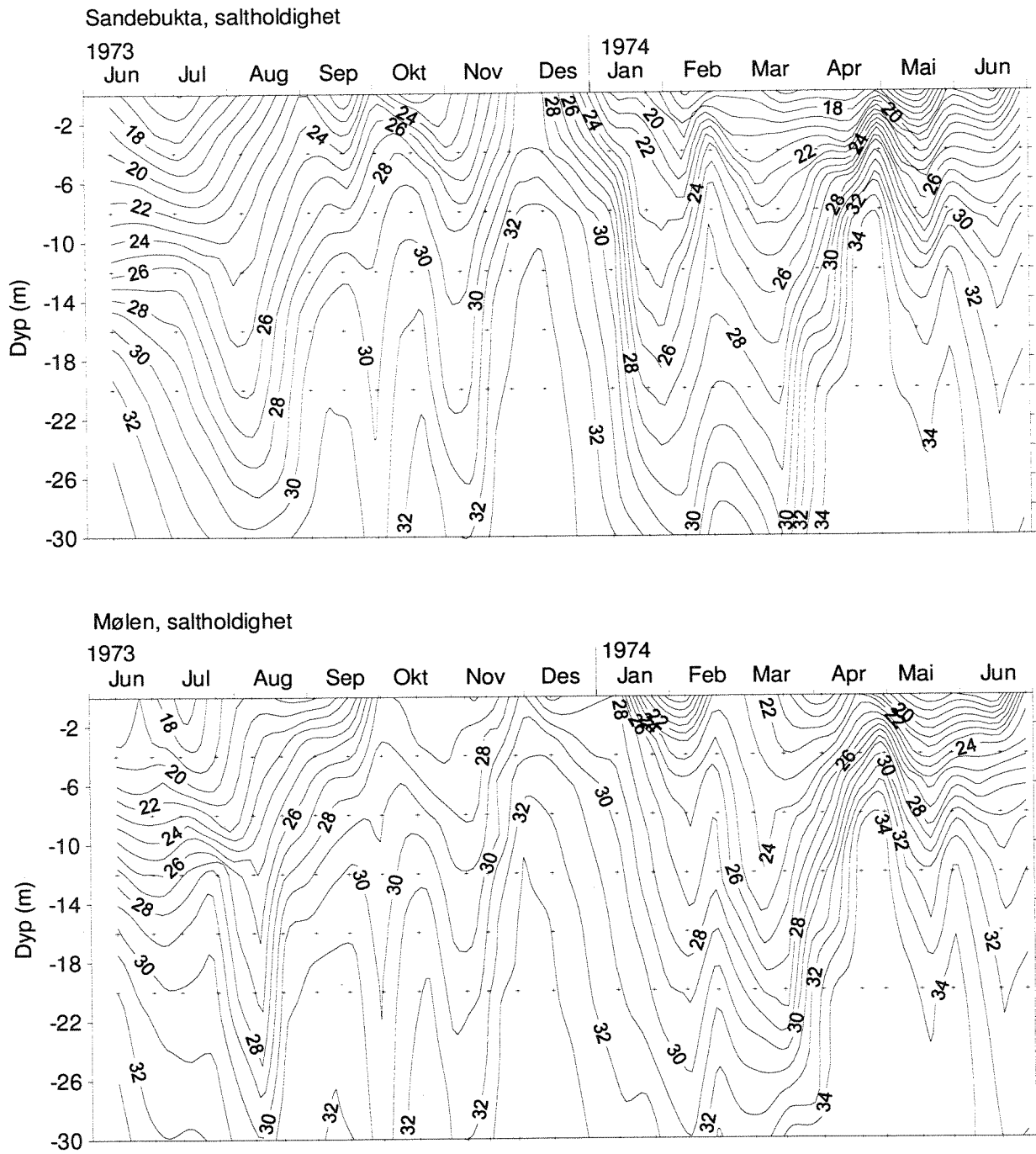
For å beregne innlagringsdyp er det brukt observasjoner av sjøvannets egenvekt (i.e. temperatur og saltholdighet) fra to stasjoner i området- en i Sandebukta og en ved Mølen i Breiangen, samt for modellen JETMIX. Stasjonene ligger relativt langt fra selve utslippsstedet (figur 1). Det ikke noen stor forskjell mellom stasjonene, men i Sandebukta har overflatelaget i noen perioder litt lavere saltholdighet i de øverste meterne (figur 3). De store variasjonene over året går igjen på begge stasjonene (figur 4). For å beregne innlagring og primærfortyning vil således begge stasjoner kunne brukes.

Med en vannføring på 100 m<sup>3</sup>/time og en diameter på 120 mm på utslippshullet blir strømhastigheten i utslippshullet beregnet til:

$U = Q/A$ , hvor  $U$  = strømhastigheten i utslippshullet,  $Q$ =vannføringen i ledningen og  $A$ = tverrsnittarealet ( $\pi r^2$ ).

For utslippet ved Langøya blir:  $U = 100/3600/(\pi \cdot 0.06^2) = 0.02778/0.0113 = 2.46$  m/s.

I primærfortyningens beregningene er det også antatt at utslippsvannet har en egenvekt på 1.009 g/cm<sup>3</sup>, at utslippsstrålen er rund med oppdrift (innblandingkoeffisient=0.082 og spredningsfaktor =1.16).



Figur 3. Saltholdighet juni 1973 til juni 1974 fra Sandebukta og Mølen (Data fra NIVA og VHL).



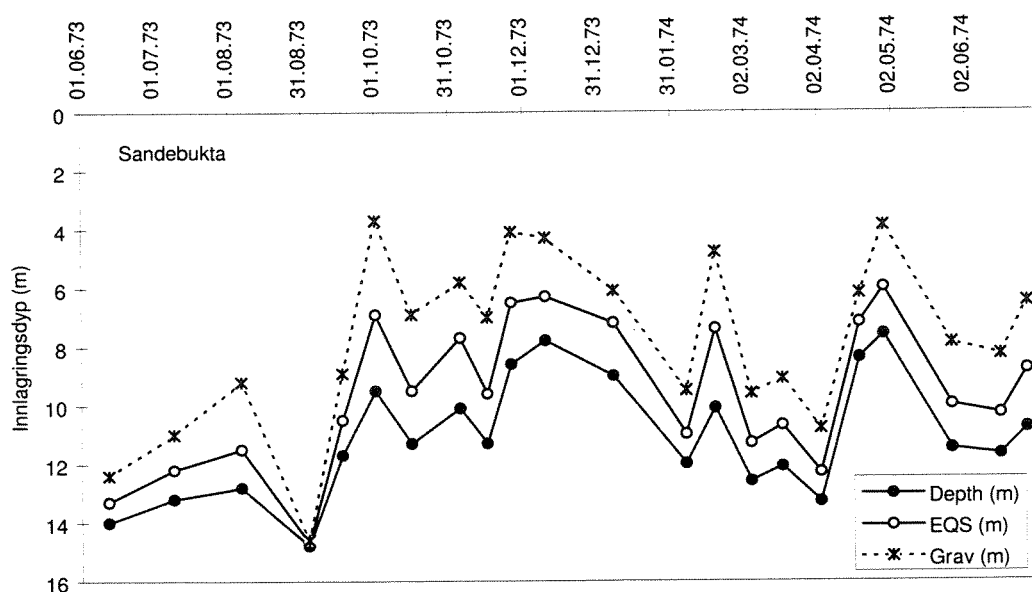
## 5.2 Innlagring og fortynning av eksisterende utslipp.

Beregninger av innlagringsdyp og fortynning er foretatt for hele perioden juni 1973 til juni 1974 med observasjoner fra Sandebukta og Mølen. Resultatene er presentert i figur 5-figur 8.

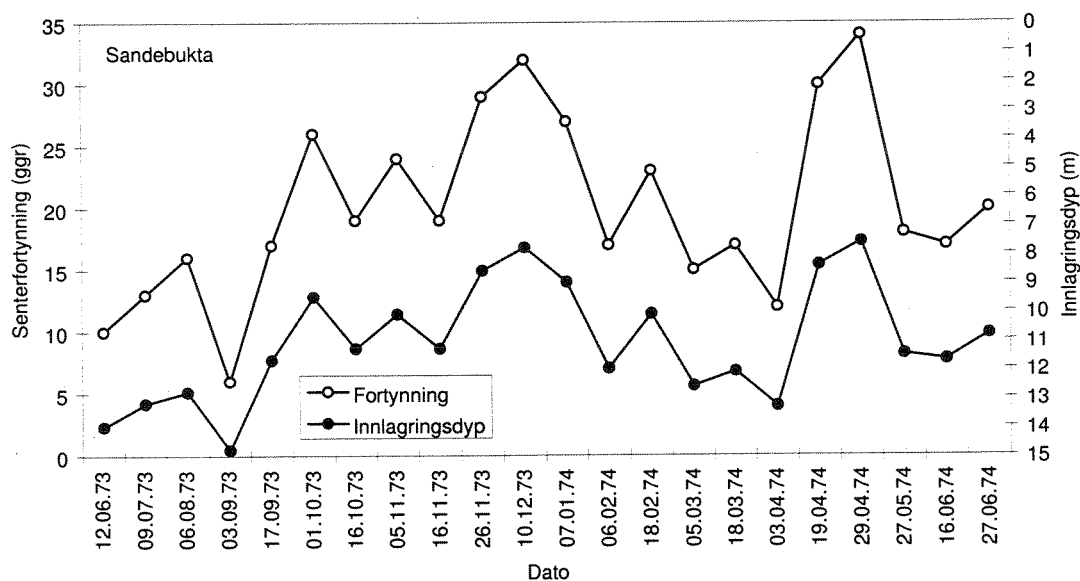
Tabell 1 viser at det er liten gjennomsnittlig forskjell mellom de valgte stasjoner, med innlagringsdyp mellom 9-13 meters dyp. EQS er dypet for vendepunktet på utslippsvannet innen det "faller" tilbake til innlagringsdypet (bestemt av egenvekten), og Grav er vendepunktet når blanding og friksjon neglisjeres etter innlagringsdyp. Den siste antakelsen er så ekstrem at som regel er den lite realistisk. Senterfortynningen av utslippet ved innlagringsdyp er oftest fra 14-26 ganger, men kan variere fra 6-44 ggr.

Tabell 1. Fortynning og innlagringsdyp av eksisterende utslipp (120 mm diameter, 15 m dyp) beregnet på observasjoner fra Sandebukta og Mølen. (Median, kvartiler, maksimum og minimum over året). (Desimaler er tatt med for å vise på *beregnete* forskjeller).

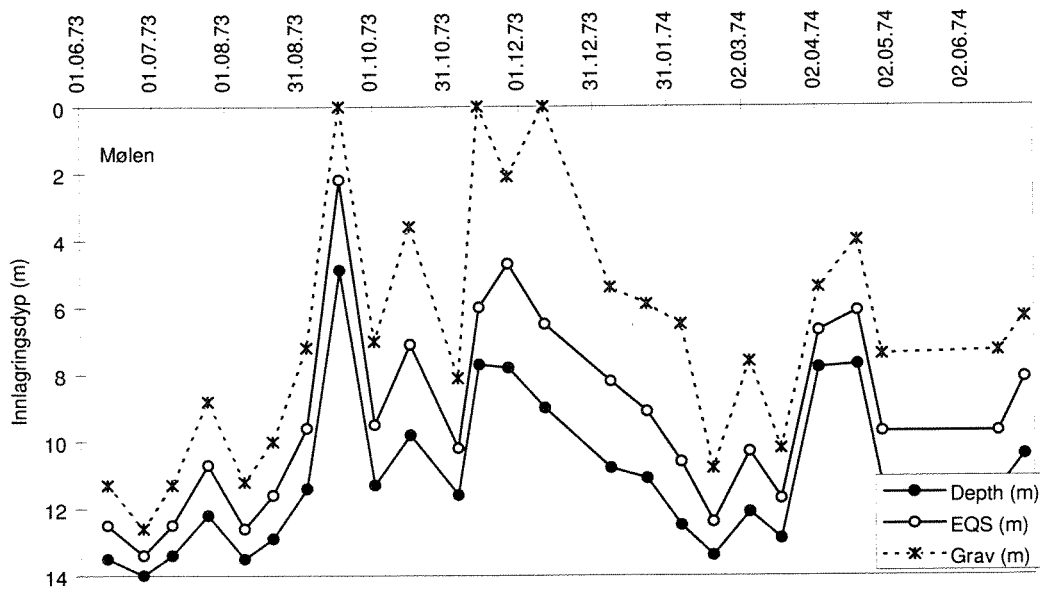
	Stasjon	Antall. obs.	Senterfortynning (ggr)	Dyp (m)	EQS (m)	Grav (m)
Median	Sandebukta	22	18.5	11.4	9.8	7.5
	Mølen	25	18.0	11.4	9.7	7.2
Kvartiler	Sandebukta	22	16.0-26.0	9.5-12.6	7.2-11.3	5.8-9.5
	Mølen	25	14.0-24.0	9.8-12.9	7.1-11.6	5.4-10.0
Min-maks	Sandebukta	22	6.0-34.0	7.6-14.8	6.0-14.7	3.7-14.6
	Mølen	25	10.0-44.0	4.9-14.0	2.2-13.4	0.0-12.6



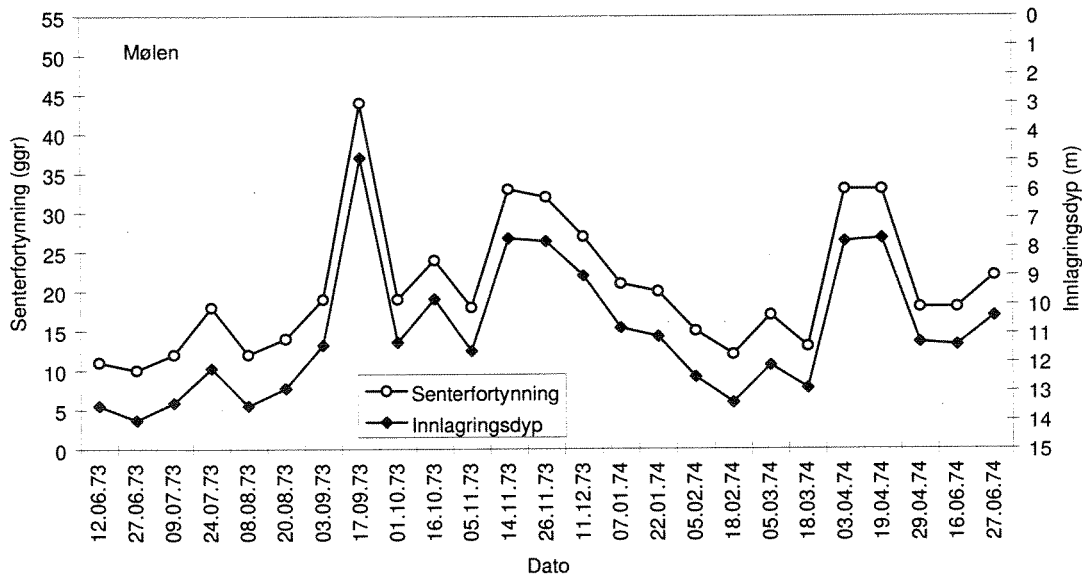
Figur 5. Innlagringsdyp av avløpsvann fra eksisterende utslipp ved Langøya basert på hydrografiske observasjoner i Sandebukta fra 1973-74.



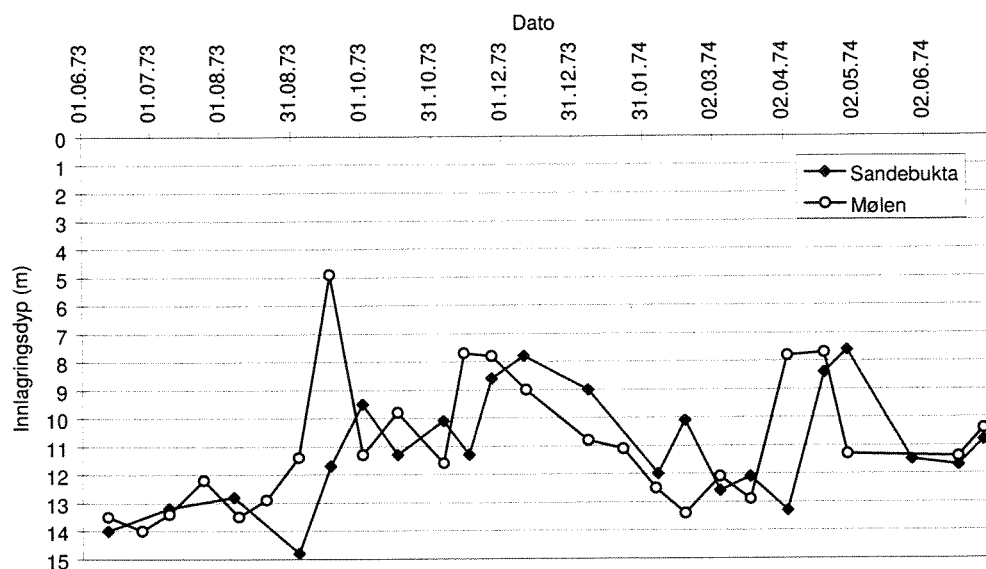
Figur 6. Innlagringsdyp og fortynning av avløpsvann fra eksisterende utslipp ved Langøya basert på hydrografiske observasjoner fra Sandebukta i 1973-74 (observer at figuren ikke viser fysisk tid langs y-aksen).



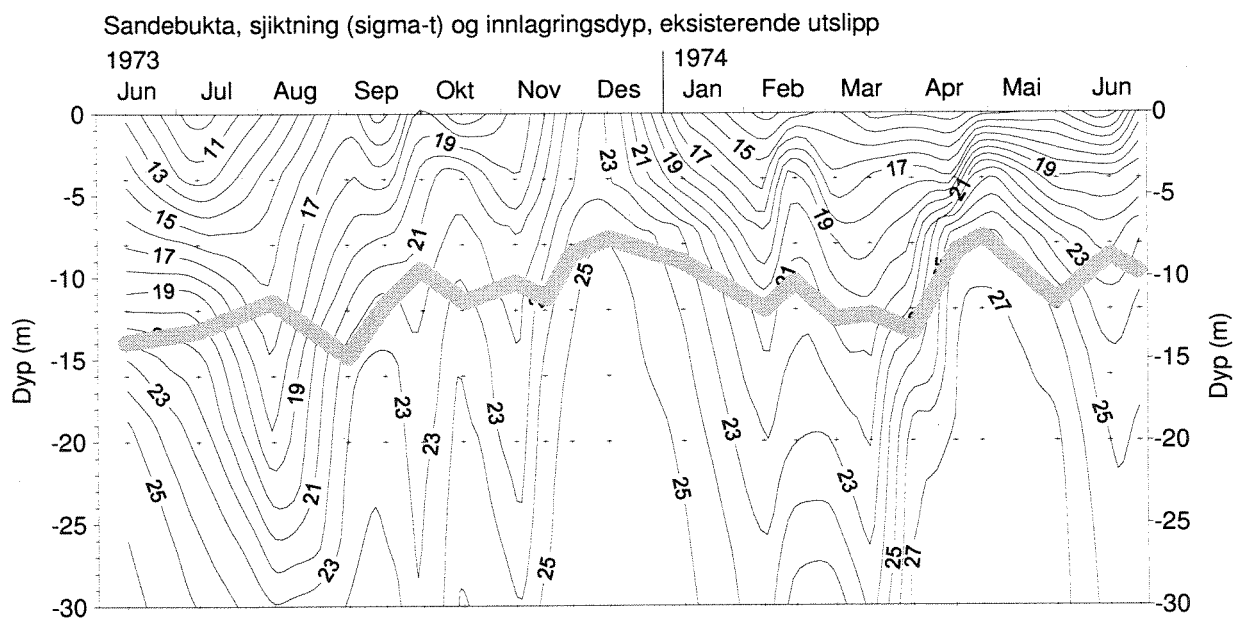
Figur 7. Innlagringsdyp av avløpsvann fra eksisterende utslipp ved Langøya basert på hydrografiske observasjoner ved Mølen fra 1973-74.



Figur 8. Innlagringsdyp og fortynning av avløpsvann fra eksisterende utslipp ved Langøya basert på hydrografiske observasjoner ved Mølen i 1973-74. (Observer at figuren ikke viser fysisk tid langs y-aksen).



Figur 9. Innlagringsdyp av avløpsvann fra eksisterende utslipp ved Langøya basert på hydrografiske observasjoner i Sandebukta og ved Mølen fra 1973-74



Figur 10. Innlagringsdyp (tykk linje) av avløpsvann fra eksisterende utslipp ved Langøya basert på hydrografiske observasjoner (sigma-t) i Sandebukta fra 1973-74.

Ved å redusere på hulldiametere på utslippet fra 120 til 80 mm vil en oppnå bedre primærfortynning (tabell 2) og litt dypere innlagring (ca. 1 meter dypere). En slik forandring av utslippsanordning vil omtrent fordoble fortynningen i de tilfellene hvor den idag er lavest. Endringen av innlagringsdyp betyr derimot ikke så mye. Hvis en samtidig med at diameteren reduseres også minsker utslippsdypet til ca. 12 meter, gir det innlagring ca. 1.5 m høyere opp i vannmassen, enn idag, med noe større risiko for direkte opptrengning i overflaten. Primærfortynningen blir dårligere enn ved utslipp på 15 meters dyp, men noe bedre fortynning enn dagens utslipp (tabell 3).



Tabell 2. Fortynning og innlagringsdyp med eksisterende utslipp og utslippsdyp 15 meter som før, og diameter redusert til 0.08 m, beregnet på observasjoner fra Sandebukta (Median, kvartiler, maksimum og minimum over året).

Stasjon	Antall. obs.	Senterfortynning (ggr)	Dyp (m)	EQS (m)	Grav (m)
Median	22	30.0	12.5	11.15	9.65
Kvartiler	22	27-36	11.4-13.6	9.4-12.7	7.1-11.5
Min-maks	22	11-53	7.8-14.9	6.5-14.8	4.7-14.8

Tabell 3. Fortynning og innlagringsdyp av eksisterende utslipp med utslippsdyp 12 meter og diameter på 0.08 meter, beregnet på observasjoner fra Sandebukta. (Median, kvartiler, maksimum og minimum over året).

Stasjon	Antall. obs.	Senterfortynning (ggr)	Dyp (m)	EQS (m)	Grav (m)
Median	22	22	9.9	8.65	7.25
Kvartiler	22	17.5-33.25	8.2-11.1	6.8-10.5	5.1-9.7
Min-maks	22	6 - 38	6 - 12.1	3.2-12.2	0.7-12.3

### 5.3 Modellsimuleringer.

Etter avløpsvannets primærfortynning følger en fase med sekundærfortynning og spredning. Denne er avhengig av strømforholdene i området og disse er beregnet i den beskrevne strømmodellen (OSMOM, kap. 3). Siden begge modell-scenariene er ment å dekke typiske sommersituasjoner med relativt svake vinder, er effekten av ferskvannstilførselen fra Drammenselva det mest dominerende trekket i strømbildet for begge scenarier. Dette fører bl.a. til at de sterkeste strømmene nær Langøya er å finne på sydøstsiden, i området ved Langøytua. Figur 11 og 12 viser strømmene for situasjoner fra henholdsvis scenario 1 og 2, dvs. med lav og høy vannføring etter en periode med vedvarende nordavind. Figur 13 og 14 viser strømforholdene etter en periode med vedvarende sønnavind fra hvert av scenariene. Figur 13 er fra scenario 1 med lav vannføring og figur 14 er fra scenario 2. Ved sterk vannføring (figur 12 og 14) kan man se at vannet fra Drammenselva har en tendens til å styres lengre mot øst, noe som kan være en effekt av Ellefsengrunnen (figur 1). Dette fører til at det ved høy vannføring dannes en bakevje med nordgående transport av vann ved nordvestenden av Langøya og langs Bjørkøya og Sandvika. For begge scenariene er det en tendens til dannelsen av lokale virvler ved sønnavind, når vinden forsøker å presse vann imot strømrretningen til vannet fra Drammenselva.

Figur 15-18 illustrerer resultatene fra spredningsmodellen etter at utslippet har pågått i 582 timer. Dette tidspunktet er valgt siden vi mener det gir et representativt bilde av sporstoffspredningen ved de forskjellige scenarier og utslippsteder. Men for å få et bilde over spredningsforholdene bør i første rekke animasjonen benyttes.

Figur 15 og 16 viser spredningen for scenario 1, med lav vannføring, hvor utslippstedene er det nåværende utslippstedet (figur 15) og et tenkt nytt utslippsted på nordøstsiden av øya (figur 16). Figur

17 og 18 viser de tilsvarende tilfellene for scenario 2, med høy vannføring. Figurene viser isolinjer for konsentrasjon i milligram per kubikkmeter og baserer seg på et tenkt utslipp på 500 milligram per sekund. Siden den numeriske modellen ikke modellerer de fysiske prosessene nær inntil utslippsrøret, dvs. primærfortynning, fordeles sporstoffmengden jevnt og umiddelbart over gridcellen som inneholder utslippspunktet. Spredningen videre foregår ved adveksjon av sporstoff med strømmen. Isolinjene som er vist i figurene representerer 0.5, 5, 10 og 20 milligram per kubikkmeter basert på den nevnte utslippsraten. Ønsker man å beregne konsentrasjonen på bakgrunn av en annen utslippsrate kan man dividere konsentrasjonen med 500 og multiplisere med den nye utslippsraten. Som nevnt under avsnitt 3.2 er det viktig å være klar over at modellen kun beregner spredning på bakgrunn av adveksjon med strøm. I virkeligheten vil sporstoffspredning også foregå ved diffusjon. Av denne grunn må konsentrasjonene betraktes som et øvre estimat.

Det er en klar tendens i modellresultatene til at spredningen av sporstoff er størst når utslippstedet er på østsiden av øya. Arealet som befinner seg innenfor isolinjen for  $0.5 \text{ mg/m}^3$  er større i begge tilfeller for utslippet på østsiden enn de tilsvarende arealene for utslipp på vestsiden (nåværende utslippsted). Ved å betrakte arealet som er dekket av konsentrasjoner over  $20 \text{ mg/m}^3$  kan man se at det også er en mindre opphopning av sporstoff ved et utslipp på østsiden. Siden et utslipp på øststiden gir mer spredning av sporstoff, vil et utslipp her også influere på et større område av Breiangeren enn hva tilfellet er for et utslipp på vestsiden. I følge modellberegningen er vestsiden av Langøya et område med lite strøm, noe som igjen gir liten spredning av sporstoff. Utslippet på denne siden vil derfor gi en større opphopning av sporstoff langs vest- og sydsiden av øya.

Perioder med nordavind har en tendens å transportere sporstoffene mot syd og vest, og videre ut av fjorden. Perioder med vedvarende sønnvind gir større transport av sporstoffer i nordlig- og vestlig retning. Dette fører til at områdene mellom Bjørkøya og Sandvika berøres i større grad ved sønnvind både ved utslipp fra øst- og vestsiden.

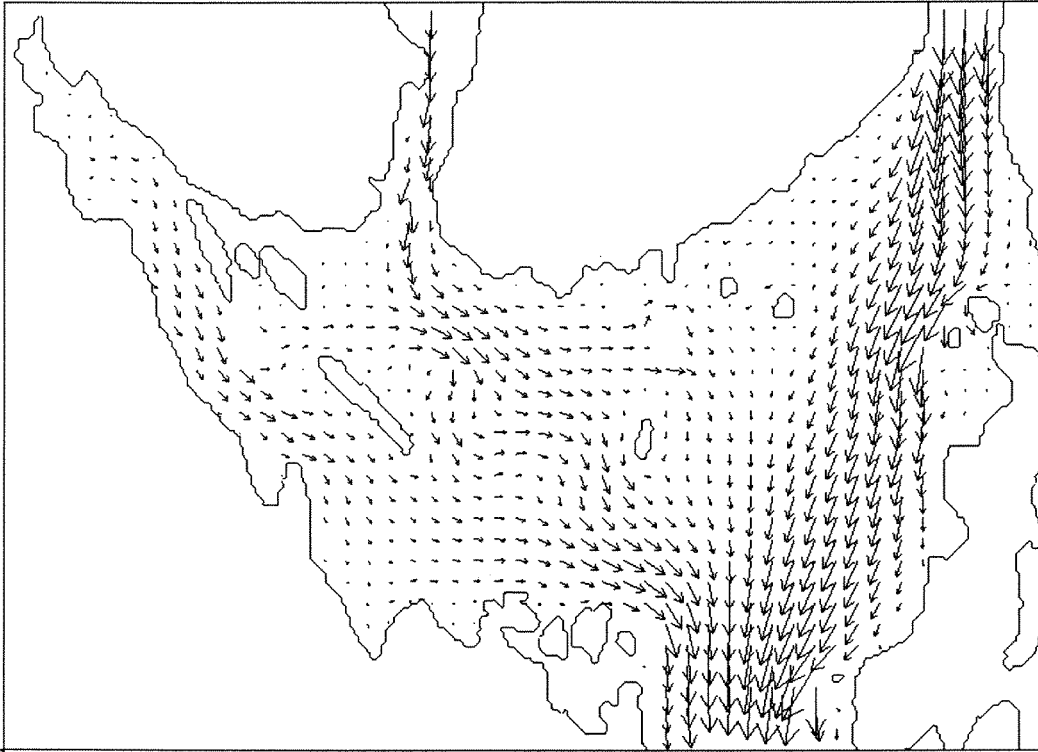
## 5.4 Modellresultater og virkelighet.

Den modellen som er avendt her er tidligere brukt i ytre Oslofjord (Røed, m.fl., 1990, Sørensen m.fl., 1990). Modellresultater ble sammenlignet med satellittbilder (real time), og ga god overensstemmelse for overflatestrømmer i Breiangeren og området ut mot Rauer. Imidlertid var oppløsningen (gridstørrelse) ikke like god som i dette arbeidet og detaljer i strømmingsmønsteret omkring utløpet av Drammensfjorden, Sandebukta og Langøya ikke like gjennomarbeidede. Siden modellen som er brukt her har en langt bedre beskrivelse av detaljene i topografien i området, gir den en bedre beskrivelse av de lokale strømforholdene i nærområdet rundt Langøya.

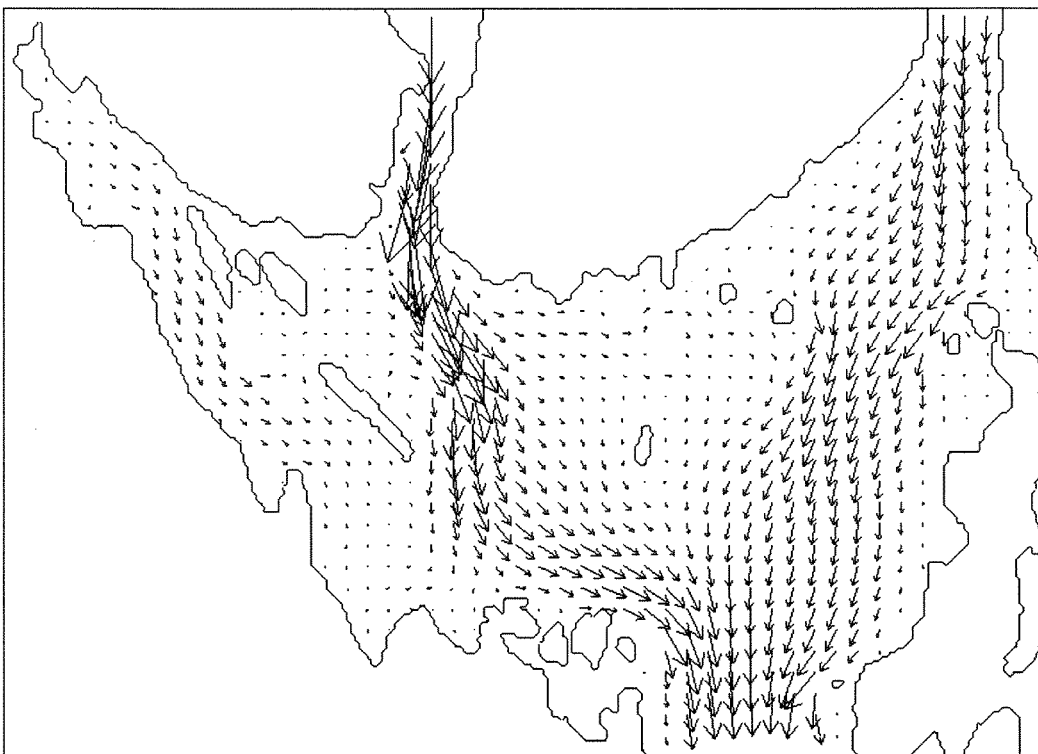
Siden modellen også gir midlere strømhastighet i vannmassene over sprangsjiktet, vil resultatet kunne avvike fra selve overflatestrømmen. Som nevnt i avsnitt 3.1 er dette ment å tilsvare en strømobservasjon i ca. 5 til 10 meters dyp. Spredningen av utslippet vil imidlertid ikke følge overflatestrømmen ettersom det fortynnede avløpsvannet innlagres på vel 10 meters dyp. Modellresultatene vil således gi et representativt spredningsbilde. Konsentrasjonene kan bli for små, siden det i virkeligheten vil skje horisontal spredning i et tynt sjikt rundt innlagingsdyp, men dette vil på større avstand være oppblandet i overflatelaget ved naturlige blandingsprosesser. Relative forskjeller mellom ulike utslippspunkter vil dog gi grunn for sammenligning.

Det er vanskelig å kontrollere en slik modell mot observasjoner. Den naturlige fremgangsmåten ved en slik kontroll er imidlertid å først gjennomføre modellsimuleringer og deretter sammenligne med feltobservasjoner for eventuelt å senere gjennomføre korreksjoner. Sammenligninger kan gjøres på to

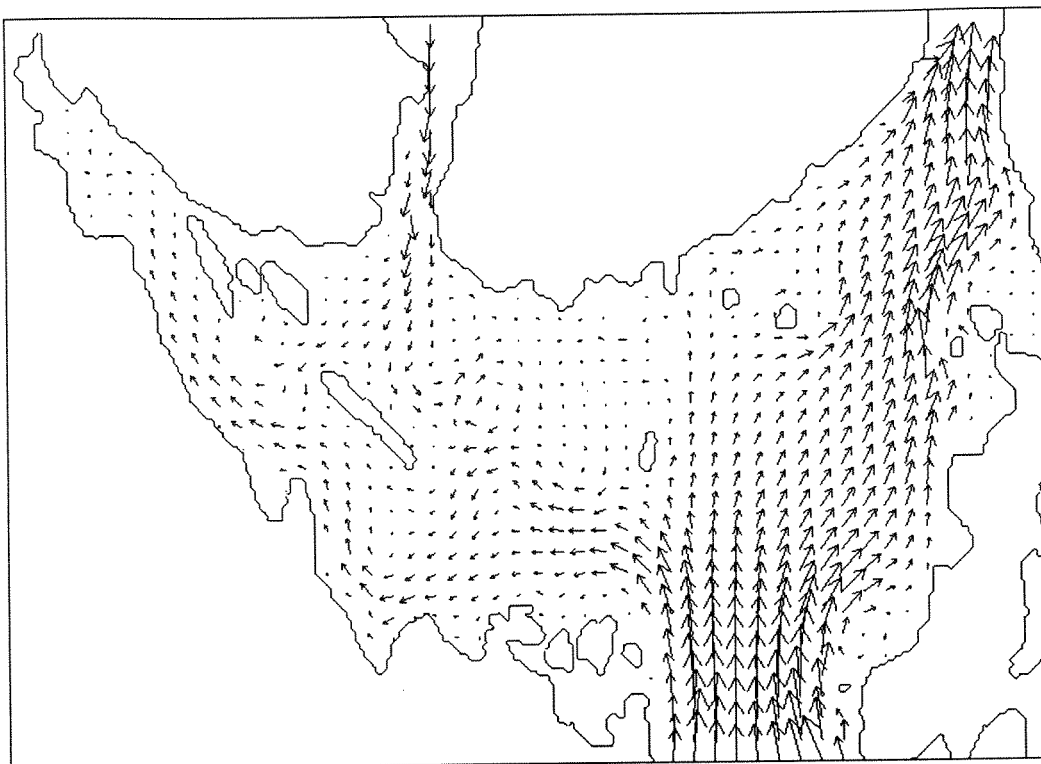
måter. Dels ved strømmålinger over tid, og dels ved å se på spredningsbildet ved dosering av farvestoff i utslippet.



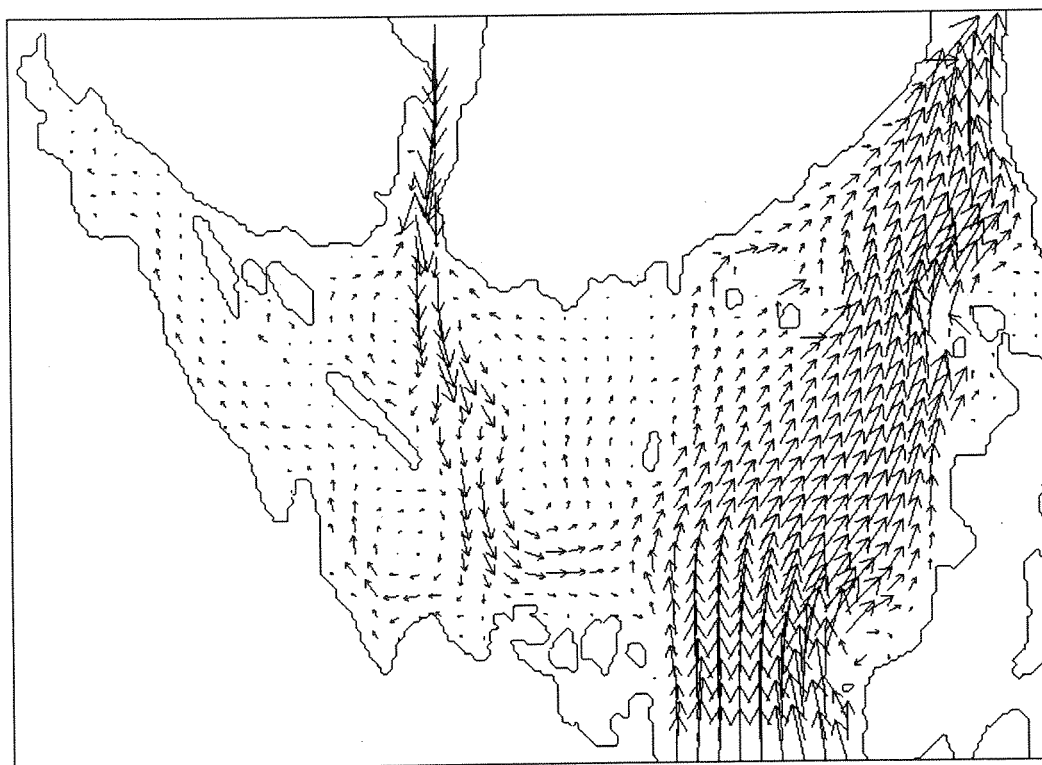
Figur 11. Strøm ved lav vannføring i Drammenselva og vedvarende nordavinder (scenario 1).



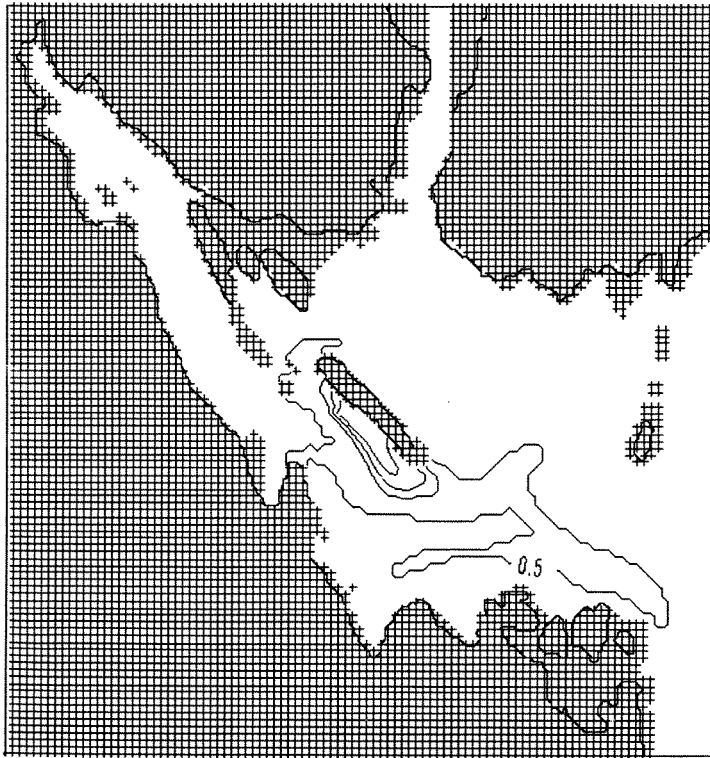
Figur 12. Strøm ved relativt høy vannføring i Drammenselva og vedvarende nordavind (scenario 2).



Figur 13. Strøm ved lav vannføring i Drammenselva og vedvarende sønnavind (scenario 1).



Figur 14. Strøm ved relativt høy vannføring i Drammenselva og vedvarende sønnavind (scenario 2).



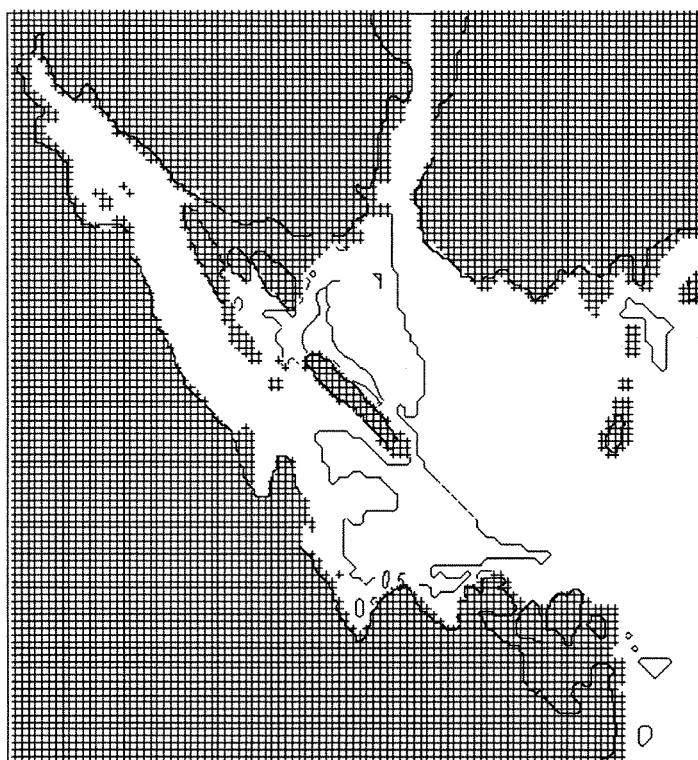
Figur 15. Spredning av utslippsvann etter ca. 24 døgn ved lav vannføring i Drammenselva og relativt svak solgangsbris (scenario 1). Spredning fra eksisterende utslippssted (Langøya vest).



Figur 16. Spredning av utslippsvann etter ca. 24 døgn ved lav vannføring i Drammenselva og relativt svak solgangsbris (scenario 1). Spredning fra tenkt utslipp på østsiden av Langøya (Langøya øst).



Figur 17. Spredning av utslippsvann etter ca. 24 døgn med relativt høy vannføring i Drammenselva og relativt sterk solgangsbris (scenario 2). Spredning fra eksisterende utslippssted (Langøya vest).



Figur 18. Spredning av utslippsvann etter ca. 24 døgn med relativt høy vannføring i Drammenselva og relativt sterk solgangsbris (scenario 2). Spredning fra tenkt utslippssted på østsiden av Langøya (Langøya øst).

## 6. Diskusjon av resultatene.

Fortynningsberegninger viser at primærfortynning kan forbedres noe ved å forandre utslippet (f.eks. ved mindre hulldiameter). Primærfortynningen vil øke fra mellom 16-26 ggr. til ca. 27-36 ggr. Imidlertid finnes også andre muligheter til økt primærfortynning f.eks. ved å blande avløpsvannet med sjøvann på land, men denne løsningen vil påvirke utslippsvannets egenvekt (en økning), slik at utslippsdyp må legges grunnere for å beholde innlagringsdyp i nedre del av overflatelaget.

For å oppnå stor spredning og sekundærfortynning er innlagring og spredning i overflatelaget mer effektivt enn utslipp under sprangsjiktet. En endring av utslippsdyp for avløpsvannet vil imidlertid øke risikoen for direkte gjennomtrengning av fortynnet avløpsvann til overflaten. Også ved dagens utslipp kan denne situasjon oppstå, om enn relativt sjelden. Uansett er det små forandringer (1-2 meter) av utslippsdyp som skal til for å fortsatt oppnå innlagring under selve overflaten.

Hvis kravet er at utslippet skal gi best mulig fortynning og spredning er et utslipp på østsiden av øya, med noe mindre utslippshull og noe mindre utslippsdyp mest gunstig. Med halvering av utslippshullets areal og utslippsdyp på 12 meter, vil innlagringsdypet normalt variere mellom 8 og 11 meters dyp og primærfortynningen vil variere mellom 18 og 33 ggr. Risikoen for at avløpsvannet når overflaten i noen tilfeller øker noe, sammenlignet med dagens forhold. Imidlertid er denne løsningen sannsynligvis noe bedre enn dagens utslippsarrangement, sett ut fra rent fortynningssynspunkt.

Det kan argumenteres for at utslipp av avløpsvann, som kan inneholde restkonsentrasjoner av bioakkumulerende og vanskelig nedbrytbare miljøgifter ikke bør spres over store områder, men at influensområdet heller i størst mulig grad bør begrenses. Når en ikke kjenner alle stoffene som slippes ut og at det er usikkerheter rundt effektene av de stoffene en kjenner, vil et begrenset influensområde også begrense en eventuell fremtidig skade på området. Disse synspunkter er tidligere diskutert av Westerberg (1975). En slik argumentasjon skulle tilsi at utslippsstedet beholdes på dagens sted (vestsiden av Langøya). Dette vil også gjøre det lettere å overvåke resipienten.

De scenarier som er valgt, dekker sommersituasjoner med solgangsbris og lav- til middels stor vannføring i Drammenselven. Junisituasjonen representerer her en situasjon med de i utgangspunktet dårligste spredningsforholdene med lav vannføring i Drammenselven og relativt svake vinder (scenario 1). Julisituasjonen representerer relativt høy vannføring i Drammenselven og sterkere vinder (scenario 2). Medianvannføringen i Drammenselven varierer rundt ca. 250 m<sup>3</sup>/s, mens minimal vannføring kan gå ned til ca. 100 m<sup>3</sup>/s i juni-desember. Maksimal vannføring kommer normalt i mai til juni, men store avvik kan forekomme. Elven er regulert og derfor er vintervannføringer relativt konstante rundt 250 m<sup>3</sup>/s. Modellen viser at spredningsforholdene er gunstige ved nordlige vinder og dette forekommer oftest vinterstid i Oslofjordområdet. Sett ut fra et rent spredningssynspunkt skulle derfor utslipp tidlig vinterstid være mest gunstig.

## 7. Sammenfattende konklusjoner.

Resultatene viser at med eksisterende utslipp innlagres avløpsvannet fra Langøya vanligvis på ca. 11 meters dyp, varierende med sjiktningen i resipienten fra maksimalt 5 - 15 meters dyp. Fortynningen øker med avtakende innlagringsdyp og varierer normalt mellom 10 -20 ggr., maksimalt 44 ggr. og minimalt ca. 8 ggr. I løpet av ca. 1 måned spres vannet utover fjorden i et areal bestemt av

strømforholdene, med en overkonsentrasjon som generelt avtar vekk fra utslippstedet, som vist i figur 15-18. Figurene viser maksimale konsentrasjoner ettersom sedimentasjon og diffusjonsprosesser ikke er lagt inn i modellen. Det område som er berørt varierer med vind- og vannføringen i Drammenselva. I hovedsak spres utslippet langs vestsiden av Langøya ved lave vannføringer i Drammenselva, men ved høyere vannføringer vil det være en risiko for at området nord for øya blir berørt. Flyttes utslippet til østsiden vil det også være risiko for at området nord for Langøya blir berørt, mens fortynningen blir noe større. Samtidig vil, etter ca. 1 måned, et større areal bli berørt.

Det er ikke innlysende at en bedre fortynning og spredning av avløpsvannet er ønskelig sett ut fra et miljøsynspunkt. Bioakkumulerende uønskede stoffer vil ved større spredning gi effekter over et større område. Hvis det eksisterer en sikker terskelverdi, slik at konsentrasjoner under denne grensen er ufarlig og denne verdien nås relativt raskt i nærheten av utslippet kan fortynning forsvares. Når ikke denne kunnskapen er til stede kan det være en fordel å velge et utslipp hvor spredningen er relativt begrenset, både sett ut fra den skade utslippet kan gi, men også ut fra overvåkings- og kontrollmuligheter.

Ut fra et slikt argument vil det ikke være behov for å flytte utslippet til østsiden av øya. Hvis en derimot ønsker størst mulig fortynning og spredning vil et nytt utslippsted på østsiden av øya være noe gunstigere. Imidlertid vil utslippstedet som er brukt i modellen ikke være spesielt gunstig på grunn av bakevjer i området. En noe bedre plassering ville være et punkt på sør-øst siden av øya. Diffusorarrangementet kan også forbedres. Dette bør vurderes ved valg av nytt utslippsted. Topografien vil da avgjøre hvor god primærfortynning som kan oppnås.

## 8. Litteratur.

Baalsrud, K. og Magnusson, J., 1990. Eutrofisituasjonen i ytre Oslofjord. Hovedrapport. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapport nr. 427/90. Norsk institutt for vannforskning, Universitetet i Oslo og VERITEC.

Røed, L.P., Skåtun, H og Irmann-Jacobsen, T.B., 1990: Eutrofisituasjonen i ytre Oslofjord 1989. Delprosjekt 4.8: Transportmodell. Simulering av strøm, sporstoff og partikkelbaner. En analyse og oppsummering. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapport nr 412/90. VERITEC.

Sørensen, K., Røed, L.P., Magnusson, J., Lindell, T., Skåtun, H og Irmann-Jacobsen, T.B., 1990. Verifikasjon av modellresultater mot satellittdata. Delprosjekt 4.6b. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapport nr. 414/90. Norsk institutt for vannforskning.

Westerberg, H., 1975. Bör vi sprida avfallet? Forskning och Framsteg nr 8.



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,  
oppgi løpenummer 3657-97

ISBN 82-577-3219-2