



RAPPORT LNR 4793-2004

Teknisk og miljømessig
vurdering av utslipp til
Frierfjorden fra ScanWafer ASA,
Porsgrunn

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

Akvaplan-niva

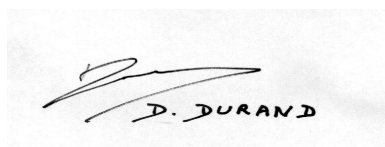
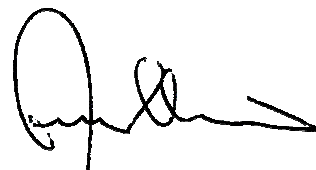
9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Teknisk og miljømessig vurdering av utslipp til Frierfjorden fra ScanWafer ASA, Porsgrunn	Løpenr. (for bestilling) 4793-2004	Dato 12.2 2004
	Prosjektnr. Undernr. 23247	Sider Pris 22
Forfatter(e) Jarle Molvær	Fagområde Vannkvalitet	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Telemark	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) ScanWafer ASA, Porsgrunn	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammen drag</p> <p>I framtiden bør avløpsvannet fra ScanWafer ASA, Porsgrunn, slippes ut i ca. 25 m dyp gjennom en ledning med diameter 200-250 mm, og det innlagres da vanligvis i 15-20 m dyp. Det er ikke behov for diffusor. Avløpsvannet vil ikke bidra merkbart til lavere oksygenkonsentrasjoner i det dypet hvor det innlagres. Suspendert materiale i utslippet utgjør 1-1.5% av det som årlig tilføres Frierfjorden og vannkvaliteten eller bunnsedimentene i fjorden vil ikke påvirkes i merkbart grad av bedriftens utslipp. Partiklene er sannsynligvis skarpkantede, men utenom en liten vannmasse rett over utslippet vil konsentrasjonen være så lav at negative biologiske virkninger er lite sannsynlig.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ScanWafer 2. Frierfjorden 3. Utslipp 4. Vannkvalitet 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ScanWafer 2. Frierfjord 3. Discharges 4. Water quality
---	---

Forskningsdirektør

O-23247

**Teknisk og miljømessig vurdering av utslipp til
Frierfjorden fra ScanWafer ASA, Porsgrunn**

Forord

Den foreliggende rapporten er utarbeidet for ScanWafer ASA, Porsgrunn, etter bestilling datert 12.1 2004. Vi takker kvalitetssjef Erik Gabrielsen ved ScanWafer Herøya og teknisk direktør Bjørn Rydtun, BioTek AS, for godt samarbeid.

Ved NIVA har Jarle Molvær ledet prosjektet og har skrevet rapporten.

Oslo, 12.2 2004

Jarle Molvær

Innhold

Summary	6
1. Bakgrunn og formål for prosjektet	7
2. Data og metodikk	8
2.1 Bedriftens utslipp	8
2.2 Etablering av dyputslipp	10
2.2.1 Generelt	10
2.2.2 Data fra Frierfjorden	11
3. Resultater	13
3.1 Etablering av dyputslipp	13
3.2 Vurdering av miljøvirkninger av framtidig utslipp	18
3.2.1 Utslipp av urensset avløpsvann	18
3.2.2 Utslipp av renset avløpsvann	19
4. Litteratur	20
Vedlegg A.	21

Sammendrag

Den foreliggende utredningen for ScanWafer ASA, Porsgrunn, gir anbefalinger mht. utslippsdyp, utslippssted, innlagingsdyp og utslippsarrangement for bedriftens framtidige avløpsvann. Videre gis en vurdering av miljøvirkningene av avløpsvannet ut fra dets innhold av suspendert materiale og organisk stoff. Vurderingene gjelder både utslipp av urensset og rensset avløpsvann:

- 1. Som utslippsdyp anbefales ca. 25 m dyp.** Ledningsdiameter kan være 200-250 mm. Avløpsvannet innlagres da vanligvis i 15-20 m dyp. Det er ikke behov for diffusor.
- 2. Miljøvirkning av et framtidig utslipp av suspendert stoff (SS) i urensset avløpsvann:**
 - SS i utslippet utgjør 1-1.5% av totalen (mer enn 6000 tonn/år) som tilføres Frierfjorden.
 - Partiklene synker svært langsomt og sedimenterer over det meste av Frierfjordens bunnflate. En betydelig andel vil sannsynligvis bli ført ut til områdene utenfor Frierfjorden uten å sedimentere innenfor Brevik.
 - Partiklene er uorganiske og uten noe innhold av miljøgifter. Det er ikke grunn til å tro at de i merkbar grad vil skade miljøet. Det vil fortsatt være størrelsen av den samlede tilførselen av SS som vil prege sedimentasjonen i Frierfjorden, bunnsedimentenes egenskaper og kjemi.
 - Partiklene er sannsynligvis skarpkantede og rett over utslippet kan det være en mindre vannmasse der konsentrasjonen av slike partikler er så høy at gjellene på fisk som oppholder seg der kan bli skadet.
- 3. Miljøvirkning av et framtidig utslipp av organisk stoff i urensset avløpsvann:**
 - Ved utslipp i 23-25 m dyp vil avløpsvannet vanligvis bli innlagret i 15-20 m dyp, og blandes i en sjøvannsmasse der oksygenkonsentrasjonen til vanlig er 5-8 mgO₂/l. Gjennomsnittlig primærfortynning vil være ca. 30 ggr.
 - Avløpsvannet har et høyt innhold av organisk stoff, men nedbrytningen vil foregå over så lang tid at oksygenforbruket i liten grad vil endre oksygenkonsentrasjonen i det vannlaget der avløpsvannet innlagres. Avløpsvannet vil ikke øke oksygenforbruket i det sårbare dypvannet i Frierfjorden. Det vil fortsatt være de store trekkene i fjordens oksygenbalanse og ikke minst de hydrofysiske og meteorologiske bestemte dypvannsfornyelsene, som vil bestemme oksygenforholdene i vannmassene i 10-20 m dyp utenfor Herøya og i Frierfjorden for øvrig.
- 4. Miljøvirkning av et framtidig utslipp av rensset avløpsvann:**

Mengden av SS og organisk stoff da vil være hhv. 60% og 54% av mengden som vil bli sluppet ut ved urensset avløpsvann. Virkningene i miljøet vil være tilsvarende mindre enn de som er beskrevet for utslipp av urensset avløpsvann.

Summary

Title: Technical and environmental evaluations of discharge to the Frierfjord of effluents from ScanWafer ASA, Porsgrunn.

Year: 2004

Author: Jarle Molvær

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4471-9

For the future outfall the discharge depth should be approximately 25 m, through a pipe of diameter 200-250 mm. This will ensure a favourable effluent trapping at 15-20 m depth.

The effluent will not significantly reduce the oxygen concentration at intermediate depths in the fjord.

The inorganic suspended material (SS) in the future outfall corresponds to 1-1.5% of the total load of SS to the fjord. The outfall will neither change the water quality nor change the bottom sediments in the fjord.

1. Bakgrunn og formål for prosjektet

ScanWafer ASA ligger i Herøya Næringspark, Porsgrunn, og har utslipp til Frierfjorden av uorganisk suspendert materiale (SS) og løst organisk materiale. Avløpsvannet går til Frierfjordens overflatelag. Bedriften ønsker ikke at avløpsvannet skal ha negative virkninger på miljøet i Frierfjorden og avløpsvannet skal derfor renses i to trinn. Først i et mekanisk renseanlegg og deretter i et biologisk renseanlegg. Videre tar bedriften sikte på å føre avløpsvannet bort fra strandsonen og fjordens overflatelag ved å slippet det ut på dypt vann i god avstand fra strandsonen.

NIVA har tidligere utført en vurdering av miljøvirkningene i Frierfjorden av utslippet fra bedriften (Molvær, 2003). Denne rapporten følger opp den forannevnte og med grunnlag i utslipp fra framtidens produksjon basert på

- *framtidige avløp etter rens tiltak*
- *framtidige avløp uten rens tiltak*

skal NIVA gi en konkret anvisning på utslippsdyp, utslippspunkt og utslippsarrangement (utslipp gjennom 1 hull eller gjennom diffusor) for avløpet fra bedriften.

2. Data og metodikk

2.1 Bedriftens utslipp

Bedriftens samlede avløp utgjør i dag som gjennomsnitt ca. 80 m³/t, varierende mellom ca. 40 m³/t og 120 m³/t. I framtiden kan det bli aktuelt å øke vannmengden til 100-150 m³/t. Avløpsvannet slippes nå ut i strandsonen på 0.5-1 m dyp i Herøyas østre del (**Figur 1**).

En del av bedriftens avløp er forurenset. Uorganisk suspendert stoff (SS) føres i to avløpsstrømmer som i gjennomsnitt er 12 m³/t til sammen. Organisk stoff inngår i en avløpsstrøm på 5 m³/t der konsentrasjonen er 500-2000 mgKOF/l.

Bedriftens avløpsrør har i dag en innvendig diameter på 540 mm. Et framtidig utslipp kan ha diameter 200-250 mm.

Før avløpsvannet slippes ut i Frierfjorden ledes de forurensete vannstrømmene sammen med hovedstrømmen som slippes ut til fjorden. I hovedstrømmen blir de forurensete delstrømmene sterkt fortynnet og konsentrasjonen av SS og organisk stoff vil bli vesentlig redusert. De opplysningene som legges til grunn for videre beregninger og vurderinger er oppsummert i **Tabell 1**.

Tabell 1. Oversikt over nåværende og framtidige utslipp fra bedriften (opplysninger fra BioTek AS).

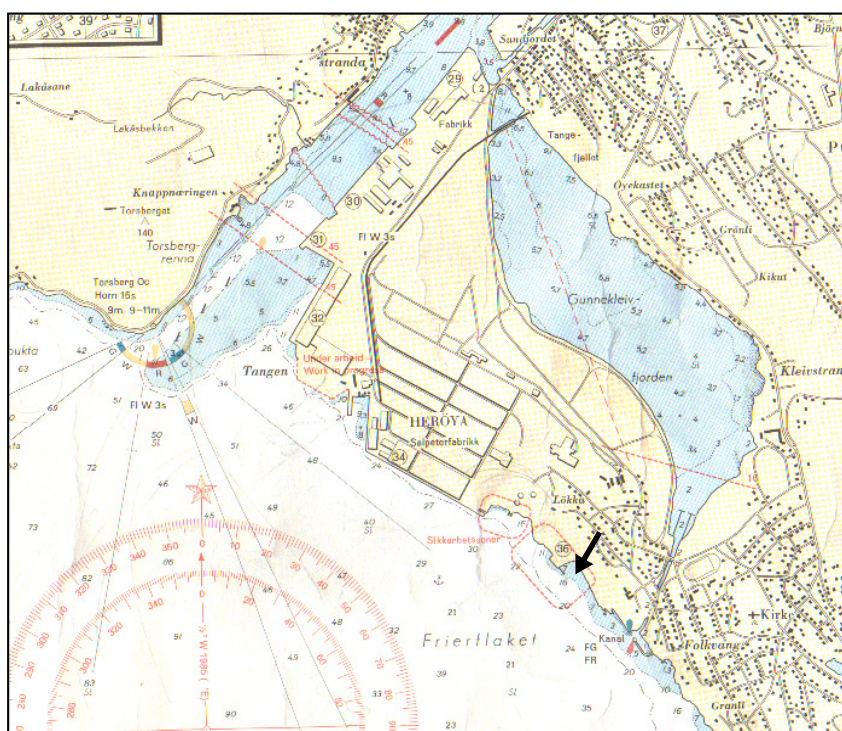
Utslipp	Dagens utslipp		Framtidig utslipp	
	Før rensing	Etter rensing	Før rensing	Etter rensing
Avløpsvann	50-80 m ³ /h	50-80 m ³ /h	100-150 m ³ /h	100-150 m ³ /h
Suspendert stoff	136.5 kg/d 50 t/år 71-114 g/m ³	50.1 kg/d 18 t/år 26-42 g/m ³	253.5 kg/d 93 t/år 70-105 g/m ³	150 kg/d 56 tonn/år 42-62 g/m ³
KOF	183.8 kg/d 96-153 g/m ³	80 kg/d 42-67 g/m ³	303.5 kg/d 84-126 g/m ³	163 kg/d 45-68 g/m ³

For å kunne bedømme hvordan utslippet fra ScanWafer påvirker miljøet i Frierfjorden er det nyttig å ha et begrep om størrelsen av andre utslipp og tilførsler. Utgjør bedriftens utslipp en stor andel av totalen er det mer sannsynlig at de betyr noe for miljøet enn om de er en liten del. Frierfjorden tilføres SS fra en rekke kilder. Tilførselen vil variere noe fra år til år, men **Tabell 2** gir en størrelsesorden for det samlede tilførselen til Grenlandsfjordene.

Tabell 2. Tilførsler av suspendert materiale til Grenlandsfjordene i 1996 (fra Molvær 1999)

Skienselva: målinger ovenfor Klosterfoss ca.	4860 tonn
Utslipp av kommunalt avløpsvann og fra industri, direkte til Skienselva nedenfor Klosterfoss og til Frierfjorden	1220 tonn
Avrenning fra gater, jordbruksareal og utmark direkte til Skienselva nedenfor Klosterfoss og til Frierfjorden	?
SUM	Mer enn 6080 tonn

Det skal tilføyes at i 1997 ble transporten av SS i Skienselva beregnet til 6269 tonn (Holtan et al., 1998). Konsentrasjonen varierte mellom 0.5 mg/l og 7.1 mg/l med 1.3 mg/l som gjennomsnitt. Vi kjenner ikke tallene for senere år, men tallene tyder på at samlet tilførsel av SS til Frierfjorden er i størrelsesorden 6000-7000 tonn/år. Sammenlignet med dette utgjør dagens utslipp fra bedriften 0.3-0.8% og framtidige utslipp ca. 1-1.5%.



Figur 1. Frierfjorden og Herøya. ScanWafers utslipp i strandsonen er markert (svart pil).

2.2 Etablering av dyputs lipp

Vurderingen gjelder flytting av bedriftens utslipp fra overflatelaget og føre det ut på 20-30 m dyp i 150-300 m avstand fra stranden. Avløpsvannet skal innlagres i sjøvannet under fjordens brakkvannslag.

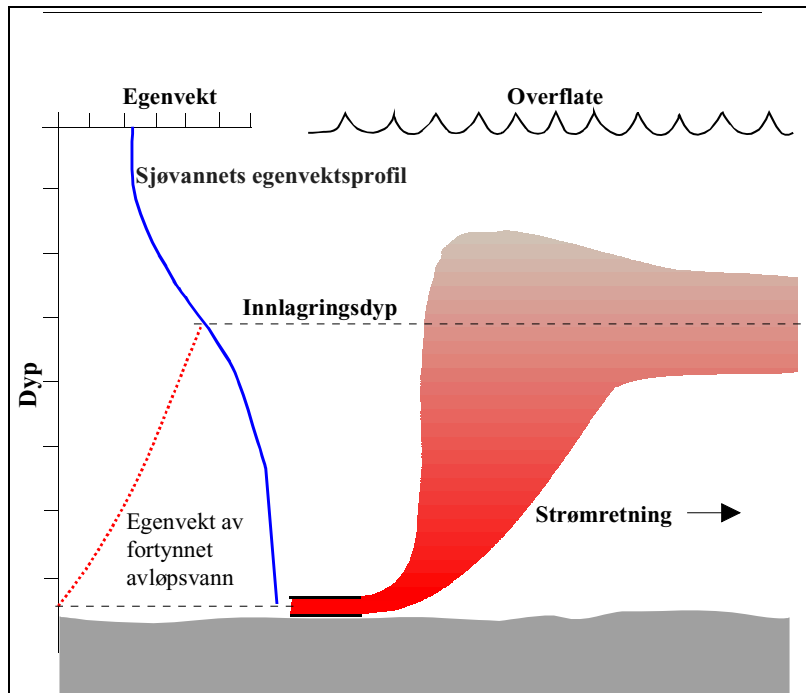
2.2.1 Generelt

Avløpsvannet har i praksis samme egenvekt som ferskvann og er dermed lettere enn sjøvann. Når avløpsvannet slippes ut gjennom en ledning på dypt vann i Frierfjorden vil det derfor begynne å stige opp mot overflata samtidig som det blander seg med det omkringliggende sjøvannet. Hvis sjøvannet har en stabil sjiktning (egenvekten øker mot dypet) fører dette til at egenvekten til blandingen av avløpsvann+sjøvann øker samtidig som egenvekten til det omkringliggende sjøvannet avtar og i et gitt dyp kan dermed blandingsvannmassen få samme egenvekt som sjøvannet omkring (se **Figur 2**). Da har ikke lenger blandingsvannmassen noen "positiv oppdrift", men har fortsatt vertikal bevegelsesenergi og vil vanligvis stige noe forbi dette "likevektsdypet" for så å synke tilbake og innlagres.

Beregning av innlagring og primærfortynning er utført i to omganger. Først har vi brukt et EDB-program, NIVA*JET.MIX utarbeidet av Bjerkeng og Lesjø (1973). Programmet beregner fortynning og innlagringsdyp for en stråle utslippsvann i en sjiktet resipient, på basis av tetthetsprofiler i resipienten og data om strålen i utløpet. Programmet beregner ikke eksakt innlagringsdyp, men gir det nivået der det fortynnede utslippsvannets egenvekt er den samme som omgivelsenes egenvekt. Utslippsvannets vertikale bevegelsesenergi gjør imidlertid at det kan stige noe forbi dette "likevektsdypet", før det synker tilbake og innlagres (se **Figur 2**). I praksis er det til vanlig liten forskjell mellom innlagringsdypet og likevektsdypet, og i det følgende vil innlagringsdyp være ensbetydende med likevektsdypet.

Programmet beregner fortynningen i sentrum av skyen med innlagret avløpsvann, dvs. minste fortynning. Man bør være oppmerksom på at gjennomsnittlig fortynning i innlagringsdypet er større (trolig 1.5-1.7 x) enn fortynningen midt i skyen.

For beregning av videre spredning fortynning etter innlagring bruker vi den numeriske modellen Visual PLUMES utviklet av U.S. EPA (Frick et al. 2001). Nødvendige opplysninger for modellsimuleringene er vannmengde, dyp og diameter for utslippsrøret samt strømhastigheten i resipienten. Dette er sammenfattet i **Tabell 3**. Ved å inkludere disse i modellsimuleringene kan konsentrasjon av de ulike komponentene i gitte avstander fra utslippspunktet beregnes og influensområdet kan kvantifiseres.



Figur 2. Prinsippskisse av dyputslipp med innlagring av avløpsvannet

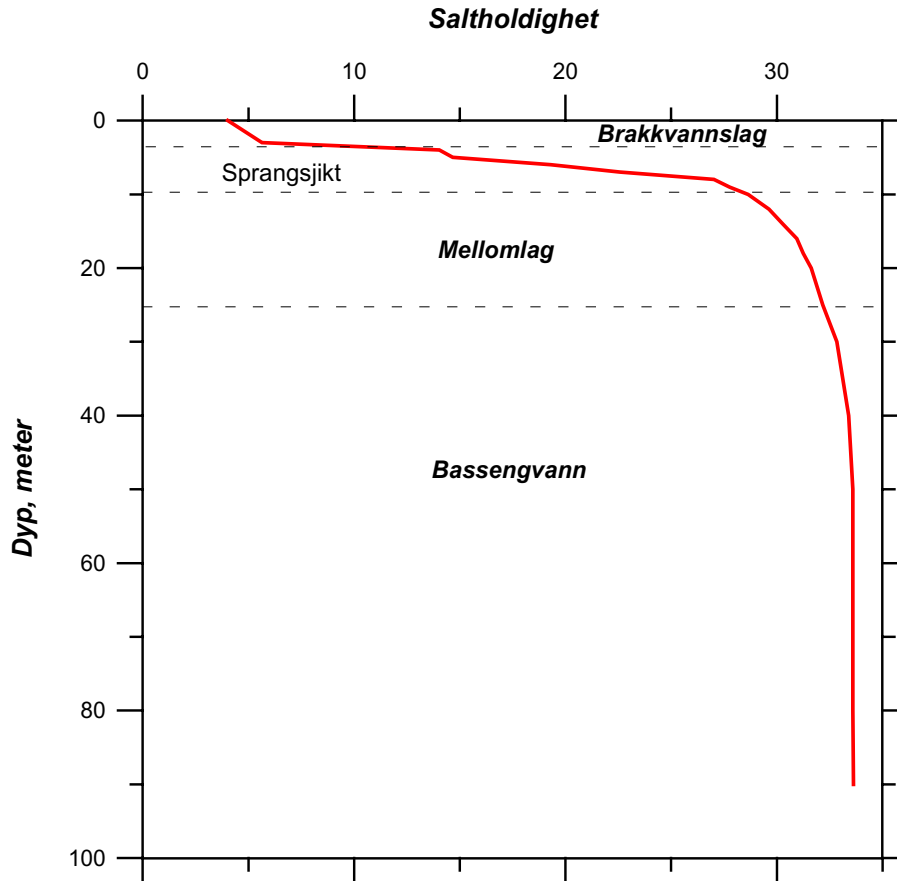
2.2.2 Data fra Frierfjorden

Den store ferskvannstilførselen fra Skienselva og terskelen på ca. 23m dyp ved Brevik gjør det naturlig å skjelne mellom tre hovedvannmasser i Frierfjorden (**Figur 3**):

- Brakkvannslaget, typisk omkring 4 m dypt (varierende mellom ca. 3-8 m)
- mellomlaget som strekker seg ned til omkring terskeldypet eller litt dypere, og
- bassengvannet

Overgangen fra brakkvannslag til sjøvannslaget mellom dette og bassengvannet (mellomlaget) er markert ved en sterk økning i saltholdighet, og omtales ofte som et sprangsjikt. En slik vertikal lagdeling er en forutsetning for innlagring av avløpsvann – en forutsetning som er til stede i Frierfjorden.

For beregningene har vi brukt 83 vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet målt under de undersøkelsene som NIVA har gjennomført fra tidlig 1970-tallet til ca. 2000. Målingene er gjort midt i Frierfjorden. I forhold til beregninger som skal gjelde utenfor Herøya kan denne avstanden spille en viss (men liten) rolle i forhold til saltholdighet og temperatur i overflatelaget, men har ingen betydning for våre beregninger som gjelder sjøvannslaget.



Figur 3. Generell vertikal inndeling av Frierfjordens vannmasser. Siktemålet er utslipp i 20-30 m dyp med innlagring av avløpsvannet i mellomlaget eller i nedre del av sprangsjiktet.

Beregningene av innlagringsdyp er utført for to ledningsdiametre, fire utslippsdyp og for to vannmengder, dvs. 16 kombinasjoner for hver av de 81 vertikalprofilene (se **Vedlegg**)¹.

Tabell 3. Opplysninger om utslipp, for bruk i de tekniske beregningene (oppgitt av BioTek AS).

Diameter avløpsledning, mm	Utslippsdyp, m	Vannmengde, m ³ /h	
200	15 m	100	150
200	20 m	100	150
200	25 m	100	150
200	30 m	100	150
250	15 m	100	150
250	20 m	100	150
250	25 m	100	150
250	30 m	100	150

Innlagringsdypet påvirkes noe av strømhastigheten ved at avløpsvannet innlagres dypere ved sterk strøm (jfr. formen på skyen av damp over en skorstein i vindstille og ved sterk vind). Beregningene med JETMIX forutsetter stillestående vannmasser, men ved bruken av PLUMES tas hensyn til

¹ Det mangler opplysninger om temperatur og saltholdighet i 25 m og 30 m dyp for de 20 siste profilene, og for utslipp i 25 m dyp og 30 m dyp er derfor ikke disse profilene inkludert.

strømhastigheten. Vi regner med svak strøm i sjøvannslaget og velger 2 cm/s som en typisk hastighet. For miljøvurderingene tas også hensyn til oksygenforhold og mengde suspendert materiale i sjøvannslaget i Frierfjorden (se **Tabell 4**).

Hvis ikke beregningene for utslipp gjennom ledningens endehull gir tilfredsstillende løsninger, vurderes utslipp gjennom en diffusor (spreder) med f.eks. 8-10 hull. Dette gir større fortykning og dypere innlagring.

Tabell 4. Beskrivelse av resipientforholdene omkring innlagringsdypet (fra Molvær, 2003).

Dyp	Suspendert Stoff	Oksygenkonsentrasjon	Strømhastighet
20 m	0.5 mg/l	5-8 mg/l	2 cm/s

3. Resultater

3.1 Etablering av dyp utslipp

Innlagringsdypet og fortykningen for avløpsvannet kan bestemmes gjennom valg av utslippsdyp og til en viss grad ledningsdiameter. For utslipp til Frierfjorden er det flere hensyn å vurdere ved valg av innlagringsdyp:

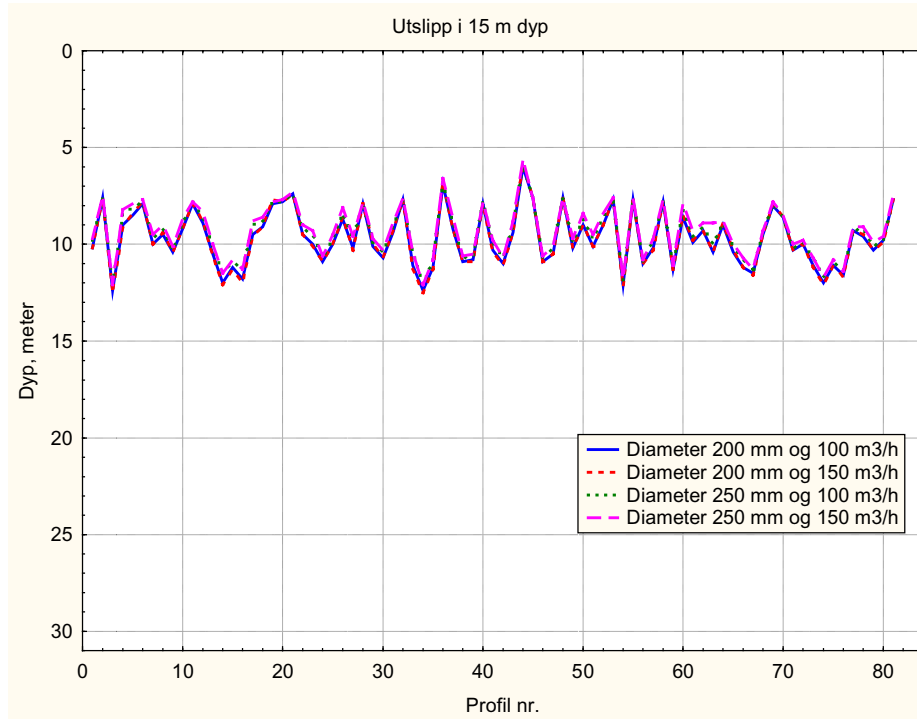
1. Avløpsvannets innhold av suspendert materiale tilsier at det ikke skal blandes inn i fjordens overflatelag. Fordi det under overflatelaget og sprangsjiktet (se **Figur 3**) finnes en inngående sjøvannsstrøm hvor det gradvis tilføres sjøvann til overflatelaget, betyr dette at avløpsvannet helst bør innlagres dypere enn 10-12 m.
2. Avløpsvannets innhold av organisk materiale (skaper oksygenforbruk) tilsier at det skal innlagres i en vannmasse med tilstrekkelig høy oksygenkonsentrasjon og god vannutskiftning. Fjordens terskel er på 23 m dyp i Brevikstrømmen, og fra ca. 20 m dyp vil vannfornyelsen begynne å avta. Avløpsvannet bør derfor helst ikke innlagres dypere enn ca. 20 m.
3. Fortynningen med det omkringliggende oksygenrike sjøvannet skal være stor, slik at oksygenforbruket som avløpsvannet skaper bare forbruker en liten del av det tilgjengelige oksygenet. Dette tilsier også utslipp i 20-25 m dyp.

Som oppsummering av pkt. 1-3 kan man si at avløpsvannet det aller meste av tiden bør innlagres i 15-20 m dyp.

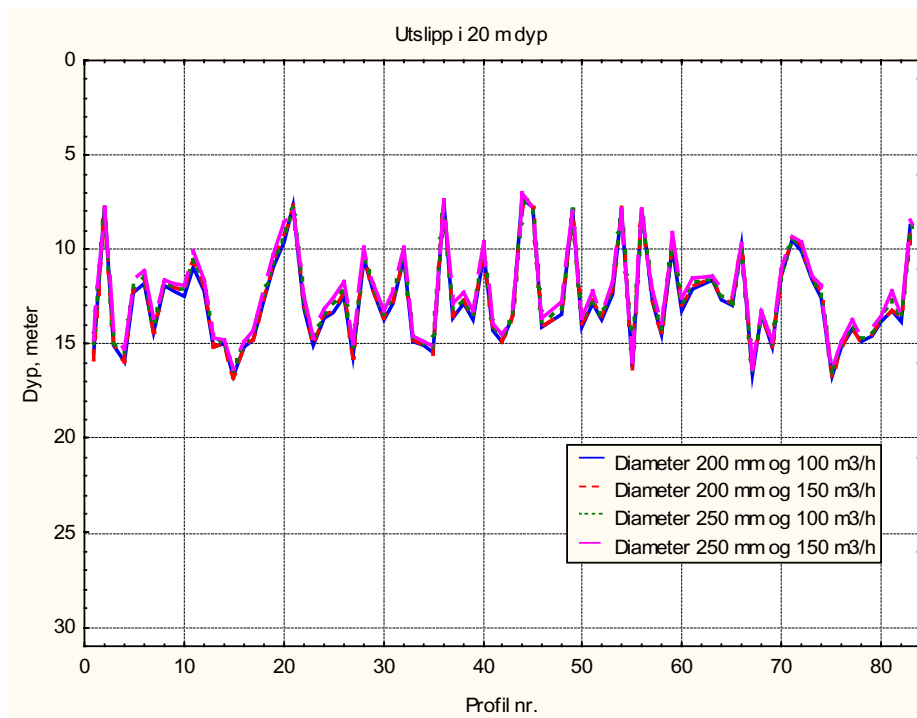
Resultatene fra beregningene av innlagringsdyp for utslipp i 15 m, 20 m, 25 m og 30 m dyp er vist i **Figur 4-Figur 7**. Sett i forhold til diskusjonen ovenfor **vil utslipp i ca. 25 m dyp innfri kravene som er stilt**. Vi ser at ledningsdiameteren (200-250 mm) og vannmengden (100-150 m³/t) har forholdsvis liten betydning for innlagringsdypet, dvs. at det er den vertikale sjiktningen som i hovedsak avgjør hvor innlagringen vil skje. Det synes ikke å være behov for diffusor.

Vi har også beregnet den gjennomsnittlige fortykningen for avløpsvannet i innlagringsdypet ved utslipp i 20 m og 25 m dyp (**Figur 8 - Figur 9**). For utslipp i 20 m dyp ligger gjennomsnittsverdiene i intervallet 20-24x. Ved utslipp i 25 m dyp blir fortykningen 28-32x. Merk at disse tallene er større enn fortykningen i sentrum av skyen med fortyknet avløpsvann. Forskjellen kan variere fra situasjon til situasjon, men mest sannsynlig er en typisk gjennomsnittsverdi i størrelsesorden 1.5 x senterfortynningen.

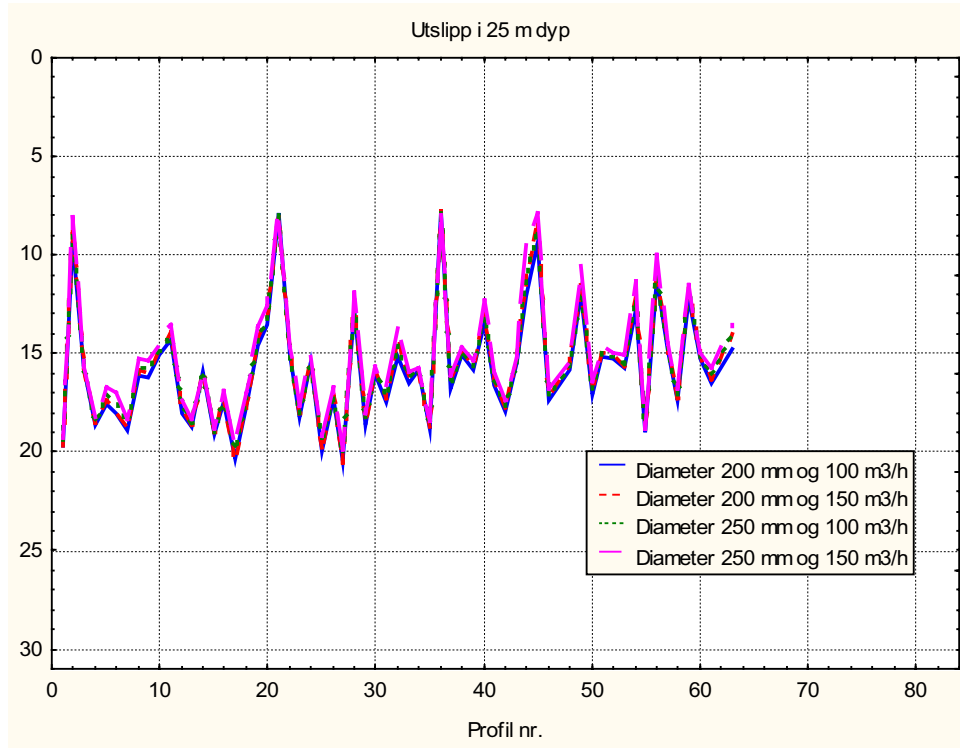
Anbefalt utslippssted er vist i **Figur 10**.



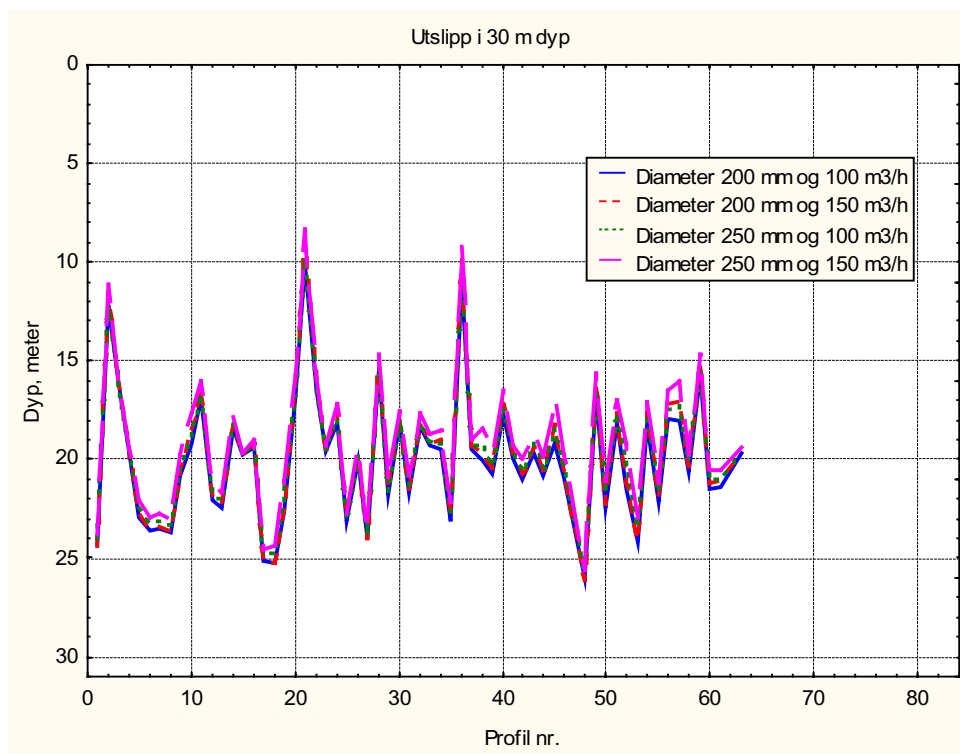
Figur 4. Innlagringsdyp ved utslipp i 15 m dyp. Ledningsdiameter er 200 mm og 250 mm og vannmengdene er 100 m³/time og 150 m³/time.



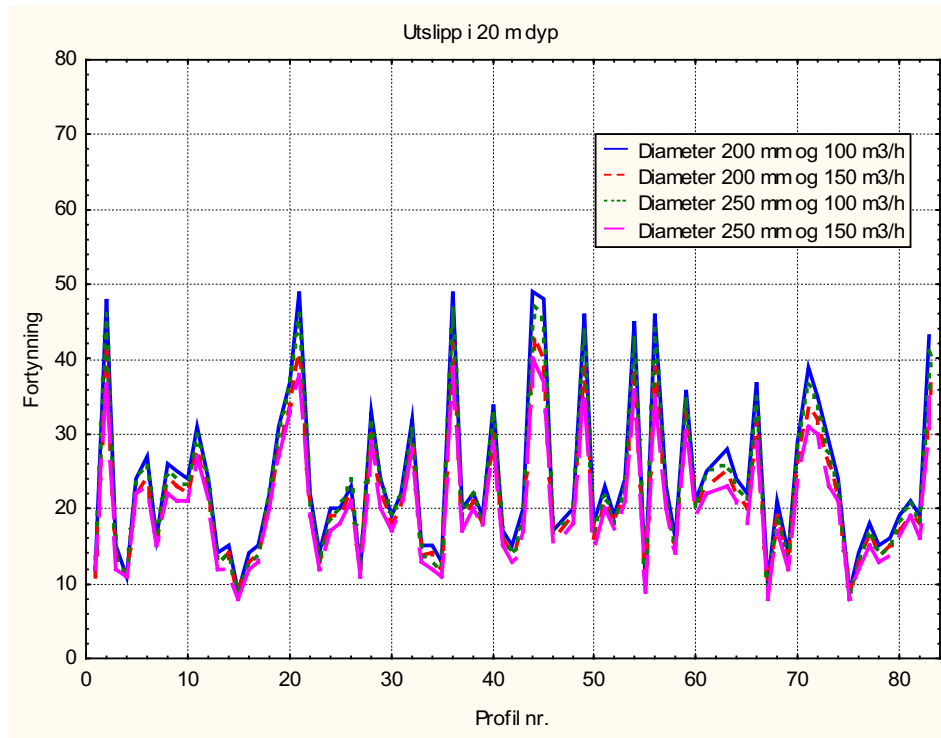
Figur 5. Innlagringsdyp og fortykning i 20 m dyp. Ledningsdiameter er 200 mm og 250 mm og vannmengdene er 100 m³/time og 150 m³/time.



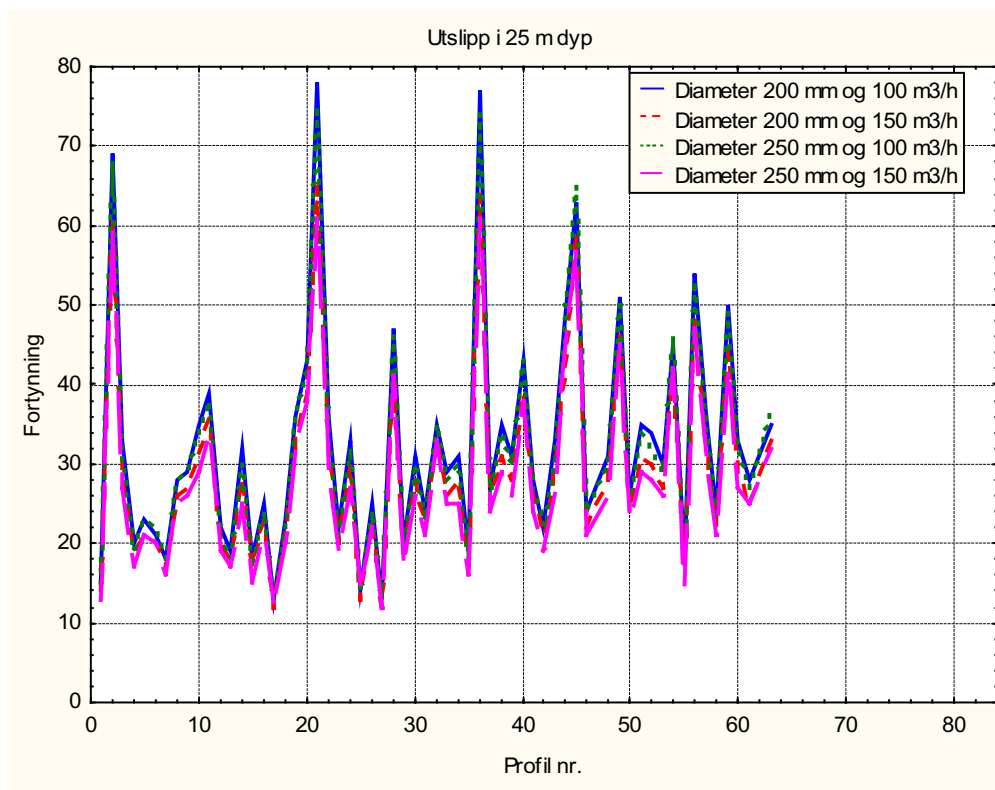
Figur 6. Innlagringsdyp ved utslipp i 25 m dyp. Ledningsdiameter er 200 mm og 250 mm og vannmengdene er 100 m³/time og 150 m³/time.



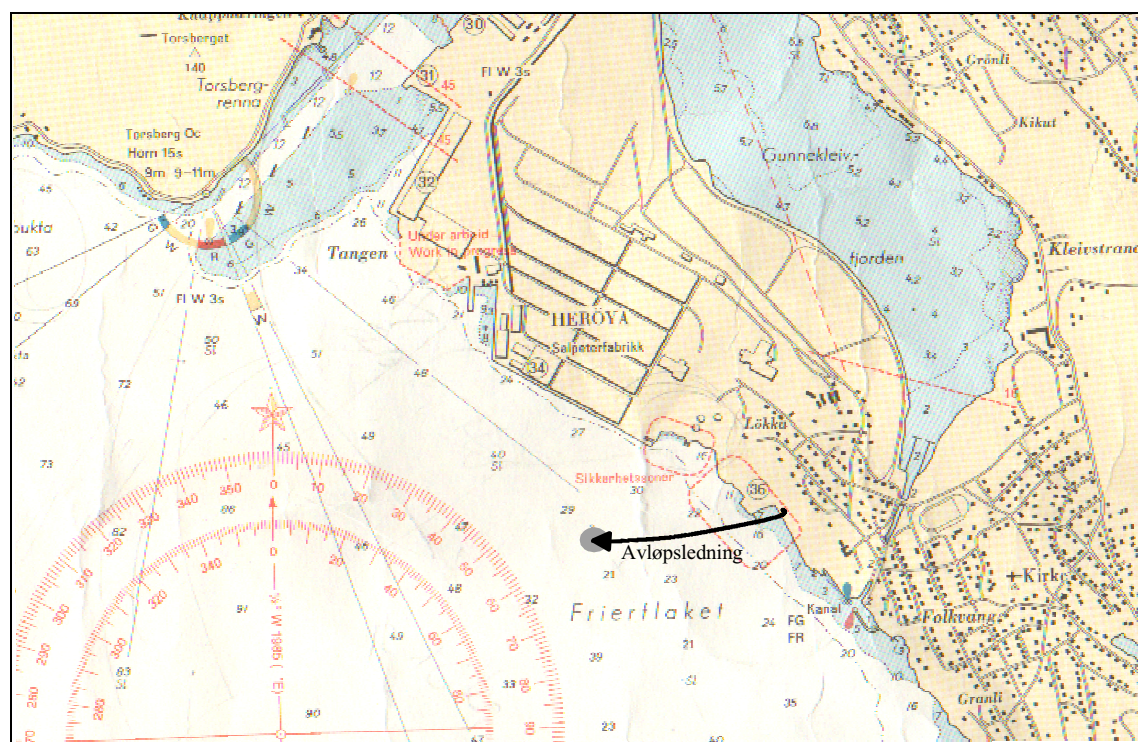
Figur 7. Innlagring ved utslipp i 30 m dyp. Ledningsdiameter er 200 mm og 250 mm og vannmengdene er 100 m³/time og 150 m³/time.



Figur 8. Utslipp i 20 m dyp. Fortynning ved innlagringen varierer i intervallet 10-50x (gjennomsnitt: 22x). Ledningsdiameter er 200 mm og 250 mm og vannmengdene er 100 m³/time og 150 m³/time



Figur 9. Utslipp i 25 m dyp. Fortynning ved innlagringen varierer i intervallet 10-80x (gjennomsnitt: 31x). Ledningsdiameter er 200 mm og 250 mm og vannmengdene er 100 m³/time og 150 m³/time.



Figur 10. Foreslått framtidig utslippssted for avløpsvannet. Bunn dyptet bør være ca. 25 m.

3.2 Vurdering av miljøvirkninger av framtidig utslipp

Miljøvirkningene av bedriftens utslipp vil være knyttet til avløpsvannets innhold av suspendert stoff (SS) og av oksygenforbrukende materiale. For å kunne bedømme hvordan utslippet fra ScanWafer påvirker miljøet i Frierfjorden er det nyttig å ha et begrep om størrelsen av andre utslipp og tilførsler. Utgjør bedriftens utslipp en stor andel av totalen er det mer sannsynlig at de betyr noe for miljøet enn om de er en liten del. **Tabell 1** gir en oversikt over bedriftens utslipp og **Tabell 2** viser at det framtidige utslippet av SS vil utgjøre 1-1.5% av hva Frierfjorden totalt tilføres. For Frierfjorden som helhet har dette utslippet derfor liten betydning.

3.2.1 Utslipp av urensset avløpsvann

Utslippet av uorganisk suspendert materiale

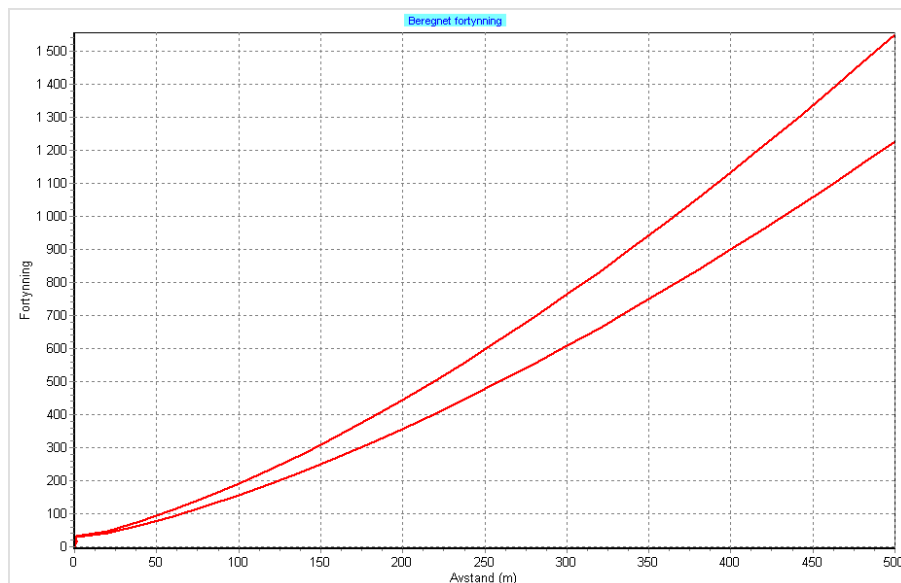
Partiklene er små og typisk diameter er ca. 5 μm (ca. 2-8 μm) i den ene avløpsstrømmen og ca. 10 μm i den andre delstrømmen. Partiklene er oftest flate og langstrakte. Partiklenes synkehastighet i sjøvann er ikke målt, men Stokes lov kan gi et visst inntrykk. Loven gjelder for kuleformede partikler. For partikler i intervallet 5-10 μm er den teoretiske synkehastigheten 0.006-0.025 m/t som grovt regnet tilsvarer 0.1-0.5 m/døgn (se Molvær 2003, for noe mer detaljer). Partiklene fra utslippet har en form som kan gi dem lavere synkehastighet. På den andre side kan det tenkes at de små partiklene kan aggregere og danne større partikler som sedimenterer raskere.

Ved utslipp i 20-25 m dyp vil det fortynnede avløpsvannet oftest innlagres 5-10 m over bunnen på stedet (se **Figur 5** og **Figur 6**) før skyen begynner å bre seg horisontalt utover mens vannet fortynnes videre samtidig som partiklene begynner å synke. For storparten av Frierfjorden ligger bunnen dypere enn 25 m og den svært langsomme sedimentasjonen tyder på at en betydelig del av partiklene kan bli ført ut av Frierfjorden gjennom vannutskiftningen med Breviksfjorden, og at resten (sannsynligvis storparten) vil sedimentere over det meste av fjordens bunnsflate.

Som tidligere vist vil et framtidig utslipp av urensset avløpsvann utgjøre 1-1.5% av mengden SS som årlig tilføres Frierfjorden, og det er ikke grunn til å tro at den andelen som sedimenterer innenfor Brevik vil ha noen betydning for Frierfjorden som helhet.

Det kan reises spørsmål om konsentrasjonen av SS i skyen med fortynnet avløpsvann kan være så høy at det er til skade for fisk som oppholder seg i sjøvannslaget. Dette kan vurderes. Hvis vi antar at sjøvannet i Frierfjordens mellomlag har et lavt partikkelinnhold (0.5 mg/l) vil 10x fortynning (jfr. **Figur 8-Figur 9**) av avløpsvann med konsentrasjon på 100 mg/l tilsvare en konsentrasjon på 10 mg/l. Fortynning på hhv. 20x og 30x gir 5 mg/l og 4 mg/l. Dette er konsentrasjoner som oppnås allerede ved primærfortynningen, dvs. rett over utslippet. Slike konsentrasjoner av suspendert stoff medfører til vanlig ikke skade på fisken, men det kan likevel tenkes at fisk kanskje vil unngå en slik vannmasse med relativt høyt partikkelinnhold. Unnvikelse vil ikke være vanskelig fordi utstrekningen av avløpsvannet med så høy konsentrasjon av SS bare vil være 10-20 m i lengde og i bredde. Tykkelsen av skyen kan være 2-3 m.

Imidlertid vil partiklene i utslippet være skarpkantede og kan dermed i langt større grad skade gjeller hos fisk enn mer runde partikler. Det tilsier større aktsomhet enn ved utslipp enn kriteriene tilsier. Men utenfor vannmassen rett over utslippet vil konsentrasjonen av SS i dette tilfelle være så lav (1-3 mg/l) at negative virkninger er lite sannsynlig.



Figur 11. Gjennomsnittlig fortynning i skyen av avløpsvann ved utslipp av hhv. 100 m³/time og 150 m³/time. Strømhastigheten er 2 cm/s. Fortynningen er størst ved den minste vannmengden.

Organisk materiale

Nedbrytning av organisk materiale forbruker oksygen og avløpsvannets innhold av organisk materiale må derfor vurderes i forhold til oksygenkonsentrasjon og tilgang på oksygen i fjordens overflatelag. Fra tidligere undersøkelser av tilstanden i Grenlandsfjordene har NIVA tilgang på et stort antall oksygenmålinger, men i første rekke fra dypvannet i fjordbassengene.

I et framtidig utslipp er det urensede avløpsvannet beregnet å ha en KOF-konsentrasjon på ca. 80-120 mgO₂/l (**Tabell 1**). Ved utslipp i 25 m dyp blandes avløpsvannet inn i en vannmasse der oksygenkonsentrasjonen vanligvis er ca. 5-8 mgO₂/l. Gjennomsnittlig fortynning blir ca. 30x som betyr at et utslipp av 28 l/s (100 m³/t) umiddelbart fortynnes med 560 l sjøvann. Nedbrytningen av det organiske materialet i avløpsvannet går relativt langsomt og Bjørn Rydtun, BioTek, anslår at i størrelsesorden 50% nedbrytes de første to døgnene. Vi antar at avløpsvannet inneholder organisk materiale tilsvarende en KOF-verdi på 80-130 mgO₂/l og at 15% av dette organisk materiale nedbrytes de første to timene (dvs. et teoretisk forbruk av ca. 12-20 mgO₂/l). I løpet av 1-2 timer kan avløpsvannets fortynning beregnes til 150-300x (se også **Figur 11**), dvs. 1 liter avløpsvann blir blandet med 150-300 l sjøvann. Sjøvannet i 8-20 m dyp (som fortynningsvannet hentes fra) har en typisk oksygenkonsentrasjon på ca. 5-8 mgO₂/l, og ved 150-300x fortynning tilføres skyen med avløpsvann dermed 750- 2000 mgO₂. Et oksygenforbruk på 12-20 mgO₂ har i denne sammenheng liten betydning, og selv om forholdene kan variere mye er dette en vurdering som gir en stor margin i forhold til negative effekter. Det vil være det store trekkene i fjordens oksygenbalanse, og ikke minst de hydrofysiske og meteorologiske bestemte dypvannsfornyelsene, som vil bestemme oksygenforholdene i vannmassene i 10-20 m dyp utenfor Herøya.

3.2.2 Utslipp av rensed avløpsvann

Størrelsen av et framtidig utslipp av rensed avløpsvann er vist i **Tabell 1**. I forhold til et utslipp av urensed avløpsvann som er vurdert ovenfor, vil utslippet av SS og organisk stoff (som KOF) utgjøre hhv. 60% og 54%. I forhold til vurderingen av miljøvirkningene ved utslipp av urensed avløpsvann blir virkningen ved rensed avløpsvann nær halvert, dvs. langt mindre.

4. Litteratur

Bjerkeng, B. og Lesjø, Å., 1973: Mixing of a jet into a stratified environment. PRA. 5.7. NIVA-rapport O-126/73. Oslo.

Frick, W.E., Roberts, P.J.W., Davis, L.R., Keyes, J, Baumgartner, D.J. and George, K.P., 2001. Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition (Visual Plumes). Environmental Research Division, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia, USA.

Holtan, G., D. Berge, H. Holtan and T. Hopen, 1998. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1997. A. Principles, results and discussion. B. Data report. SFT-report 750/98. NIVA-report 3952-98. 139 sider.

Molvær, J., 1999. Grenlandsfjordene 1994-97. Undersøkelser av vannkjemiske forhold og vannutskiftning. SFT overvåkingsrapport nr. 756-99. NIVA-rapport nr. 3960-98. 47 sider.

Molvær, J., 2003. Vurdering av miljøvirkninger ved utslipp til Frierfjorden fra ScanWafer ASA. NIVA-rapport nr. 4726-2003. Oslo. 21 sider.

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

Vedlegg A.

PROFILE	STATION	REGTIME	NO. OF DEPTHS	
1	BC1	740312	12	7
2	BC1	740424	12	7
3	BC1	740521	12	6
4	BC1	740620	12	6
5	BC1	740718	12	6
6	BC1	740815	12	6
7	BC1	740924	12	6
8	BC1	741022	12	6
9	BC1	741120	12	6
10	BC1	741210	12	6
11	BC1	750114	12	6
12	BC1	750213	12	6
13	BC1	750317	12	6
14	BC1	750423	12	6
15	BC1	750514	12	6
16	BC1	750610	12	6
17	BC1	750730	12	6
18	BC1	750916	12	7
19	BC1	751029	12	7
20	BC1	751216	12	7
21	BC1	760203	12	7
22	BC1	760316	12	6
23	BC1	760428	12	7
24	BC1	760609	12	7
25	BC1	760728	12	6
26	BC1	760908	12	7
27	BC1	761020	12	7
28	BC1	761207	12	7
29	BC1	770216	12	7
30	BC1	770509	12	7
31	BC1	770728	12	7
32	BC1	771130	12	7
33	BC1	780307	12	7
34	BC1	780530	12	7
35	BC1	780809	12	7
36	BC1	781122	12	7
37	BC1	790313	12	7
38	BC1	790620	12	7
39	BC1	790822	12	7
40	BC1	791128	12	7
41	BC1	800320	12	7
42	BC1	800529	12	7
43	BC1	800826	12	7
44	BC1	801118	12	7
45	BC1	810212	12	7
46	BC1	810304	12	7
48	BC1	810818	12	7
49	BC1	811215	12	7
50	BC1	820324	12	7
51	BC1	820511	12	7
52	BC1	820826	12	7
53	BC1	821102	12	7
54	BC1	821207	12	7
55	BC1	830502	12	7
56	BC1	831128	12	7
57	BC1	840504	12	7
58	BC1	841119	12	7
59	BC1	861021	12	7
60	BC1	871012	12	6
61	BC1	871201	12	6
63	BC1	880324	12	14
64	BC1	880422	12	14
65	BC1	880423	12	16
66	BC1	880504	12	16
67	BC1	880510	12	16
68	BC1	880526	12	17

69	BC1	880601	12	16
70	BC1	880615	12	14
71	BC1	880620	12	16
72	BC1	880623	12	16
73	BC1	880629	12	16
74	BC1	880704	12	16
75	BC1	880707	12	16
76	BC1	880714	12	16
77	BC1	880719	12	16
78	BC1	880721	12	16
79	BC1	880801	12	16
80	BC1	880804	12	16
81	BC1	880810	12	14
82	BC1	880824	12	16
83	BC1	881007	12	16