

RAPPORT LNR 4289-2000

**V**urdering av risiko  
for spredning av  
*Gyrodactylus salaris*  
etter utslipp fra  
VESO Vikan AkvaVet

**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 Vurdering av risiko for spredning av <i>Gyrodactylus salaris</i> etter utslipp fra VESO Vikan AkvaVet	Løpenr. (for bestilling) 4289-2000	Dato 20.10 2000
	Prosjektnr. Undernr. 20180	Sider Pris 15
Forfatter(e) Jarle Molvær	Fagområde Akvakultur	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Nord-Trøndelag	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Namdal Politidistrikt, Namsos	Oppdragsreferanse
---	-------------------

**Sammendrag**

I november 1999 hadde VESO Vikan AkvaVet et uhell som førte til utslipp av avløpsvann som inneholdt *Gyrodactylus salaris* (Gyro). Ut fra hydrofysiske betraktninger er gjort en vurdering av risikoen for spredning av Gyro til nærliggende vassdrag. Avløpsvannets egenvekt og den lokale sjiktningen medførte med stor sannsynlighet at det ikke steg opp til overflata, men ble innlagret dypere nede. Dette er ikke ensbetydende med at avløpsvann ikke etterhvert kan ha blitt blandet opp mot overflata, men det vil ha tatt relativt lang tid og under stor fortynning. Hvis avløpsvannet imidlertid inneholdt partikler som var lettere enn sjøvann, ville disse flyte opp til overflata. Strømførholdene i området er preget av tidevannet, og i hovedsak skifter retningen mellom øst og vest. Sett over flere tidevannsperioder kan typisk hastighet være 8-15 cm/s, men med skiftende retning. Dette betyr at det ville gå flere døgn før sterkt fortynnede rester av avløpsvannet eventuelt nådde munningen av de nærmeste lakseførende vassdragene (avstand ca. 15 km), og trolig 12-24 timer før det kunne nå de nærmeste mindre vassdrag (< 10 km). Gyro har kort overlevelse i sjøvann, og risikoen for at spredning av forurenset avløpsvann brakte Gyro til munningene av lakseførende vassdrag synes liten i forhold til denne avstands- og tidsskalaen. Risikoen for at laks kunne bli smittet av Gyro i nærsonen omkring utslippet mens dette foregikk – og de første timene etterpå - har vi ikke hatt grunnlag for å vurdere.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Gyrodactylus salaris</i></li> <li>2. VESO Vikan AkvaVet</li> <li>3. Utslipp</li> <li>4. Smitte</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Gyrodactylus salaris</i></li> <li>2. VESO Vikan AkvaVet</li> <li>3. Discharge</li> <li>4. Infection</li> </ol>
---	--

  
Prosjektleder

  
Forskningsleder  
ISBN 82-577-3919-7

  
Forskningssjef

O-20180

**Vurdering av risiko for spredning av *Gyrodactylus salaris* etter utslipp fra VESO Vikan AkvaVet**

## Forord

Ved brev av 12.7 2000 har Namdal politidistrikt henvendt seg til Norsk institutt for vannforskning (NIVA) for å få en sakkyndig vurdering av faren for spredning av *Gyrodactylus salaris* til nærliggende vassdrag etter et utslipp fra VESO Vikan AkvaVet.

Den foreliggende vurderingen er utarbeidet av Jarle Molvær.

Oslo, 20.10 2000

*Jarle Molvær*

---

## **Innhold**

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Bakgrunn og formål</b>	<b>6</b>
<b>2. Metodikk og data</b>	<b>7</b>
2.1 Avløpsvannets fordeling i vannmassen	7
2.2 Horisontal spredning og fortynning	9
<b>3. Beregninger og vurderinger</b>	<b>10</b>
<b>4. Oppsummering og konklusjoner</b>	<b>11</b>
<b>5. Litteratur</b>	<b>12</b>
<b>Vedlegg A.</b>	<b>13</b>

---

## Sammendrag

I tidsrommet 6-7.11.99 hadde VESO Vikan AkvaVet utslipp av urensset avløpsvann fra laboratoriet. Avløpsvannet inneholdt blant annet lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* (Gyro) som kan gjøre stor skade hvis den etablerer seg i et vassdrag. Formålet med dette arbeidet er å:

*Vurdere faren for spredning av Gyro til nærliggende vassdrag ut fra de gitte forhold ved utslippet.*

Rapporten konsentrerer seg om den fysiske spredningen og inneholder ingen vurderinger av Gyroens evne til å overleve i det marine miljøet, ettersom dette inngår i en annen sakkyndig vurdering.

Man mangler data som beskriver strømforhold og den vertikale sjiktningen i utslippsområdet da utslippet fra VESO Vikan AkvaVet skjedde, men kan likevel sette noen sannsynlige rammer for den fysiske spredningen av Gyro:

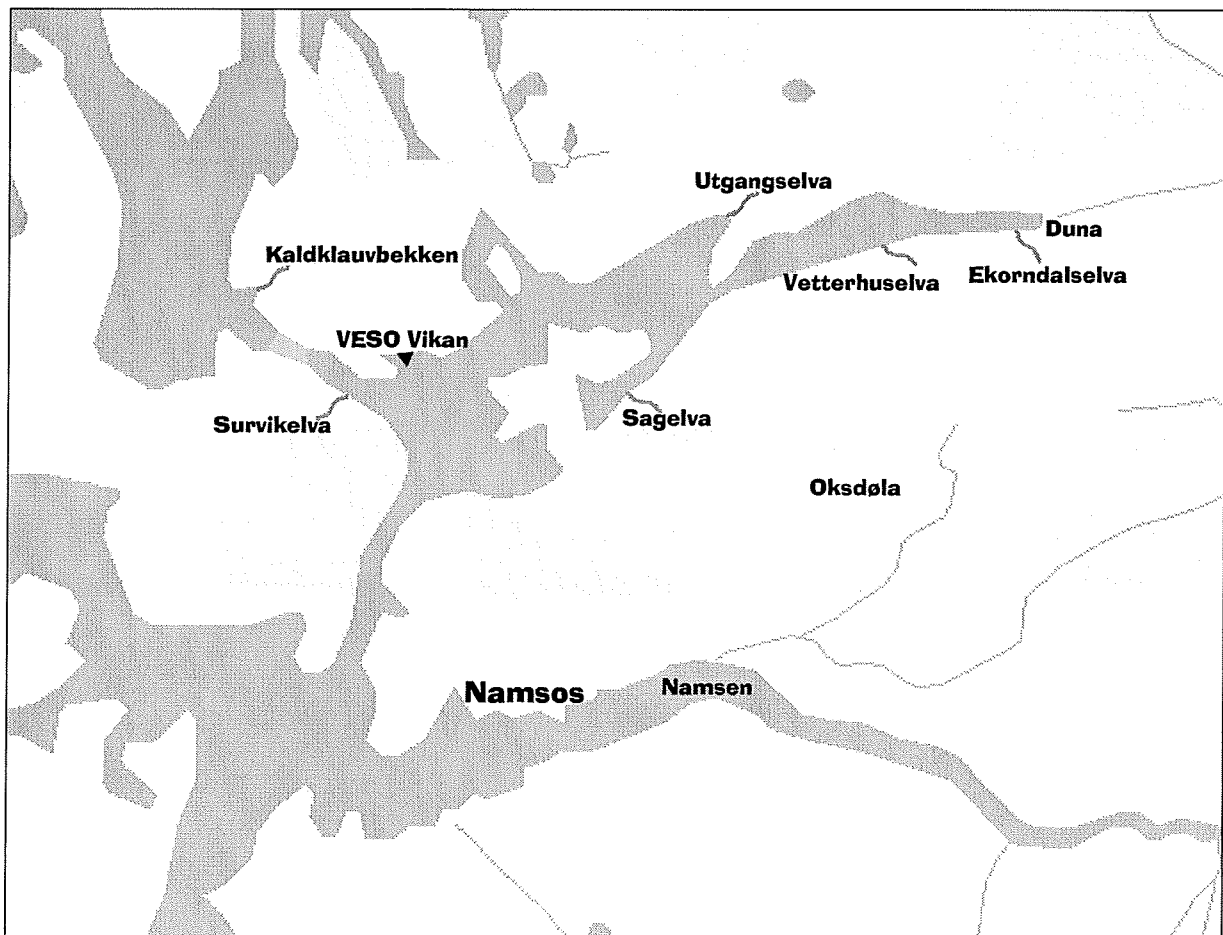
1. Den vertikale lagdelingen av vannmassen mellom overflatelaget og 40 m dyp da utslippet skjedde er ikke kjent, men NVEs målinger av vannføringen i Namsen forut og under utslippet gjør at man med rimelig sikkerhet kan anta det forelå en tydelig vertikal lagdeling da utslippet skjedde. Tatt i betraktning at avløpsvannet inneholdt 20% sjøvann fra 50 m dyp, kan man konkludere at avløpsvannet ble innlagret under overflata. Derimot kan vi ikke avgjøre om innlagringsdyppet var 30 m eller 10 m. Hvis avløpsvannet imidlertid inneholdt partikler som var lettere enn sjøvann, ville disse flyte opp til overflata. Etterhvert har skyen med fortynnet avløpsvann blitt spredd og fortynnet som resultat av strømmønsteret og den naturlige turbulensen i vannmassene. Det meste av spredningen skjedde sannsynligvis horisontalt, men avhengig av den vertikale sjiktningen vil det også være noe blanding oppover mot overflata. Hvis avløpsvannet ble innlagret omkring 10 m dyp og sjiktningen i 0-10 m dyp ikke var spesielt sterk, kan sterkt fortynnet avløpsvann i løpet av timer ha blitt blandet opp mot overflata
2. En tidligere undersøkelse av strømforholdene i området viste at vannmassene i hovedsak beveget seg mot øst eller mot vest, avhengig av tidevannsfasen. Det er rimelig å anta at dette også gjaldt da utslippet skjedde, noe som betyr at spredningen av Gyro i hovedsak skjedde i øst-vestlig retning. Videre betyr dette at spredningen mot sør, i retning munningen av Namsen, sannsynligvis var liten.
3. Strømhastigheten i utslippsområdet varierer mye, spesielt som følge av skiftende tidevannsfaser. Virkningen av vind kan også redusere eller øke strømhastigheten. De nærmeste lakseførende vassdrag ligger omkring 15 km fra VESO Vikan AkvaVet, og hvis rester av avløpsvannet overhodet nådde fram til elvemunningene ville det være etter flere døgn og fortynnet mange 10-talls tusen ganger.
4. Gyro har meget begrenset levetid i sjøvann (Arnulf Soleng, pers. komm.), og overlevelse over flere døgn er meget lite sannsynlig. Sett i forhold til disse hydrofysiske vurderingene er det usannsynlig at Gyro direkte har spredt seg til munningen av nærliggende lakseførende vassdrag. Det er mest relevant å vurdere risikoen for at Gyro i nærområdet for utslippet kunne infisere fisk – mens utslippet foregikk og i de første timene etterpå - som deretter har kunnet finne veien til nærliggende vassdrag. Dette vil bli nærmere omtalt av Soleng i hans vurdering av smitterisikoen ved utslippet.

# 1. Bakgrunn og formål

I tidsrommet 6-7.11.99 hadde VESO Vikan AkvaVet (**Figur 1**) utslipp av urensset avløpsvann fra laboratoriet. Avløpsvannet inneholdt blant annet lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* (Gyro) som kan gjøre stor skade hvis den etablerer seg i et vassdrag. Formålet med dette arbeidet er å:

*Vurdere faren for spredning av Gyro til nærliggende vassdrag ut fra de gitte forhold ved utslippet.*

Rapporten konsentrerer seg om den fysiske spredningen og inneholder ingen vurderinger av Gyroens evne til å overleve i det marine miljøet, ettersom dette inngår i en annen sakkyndig vurdering.



**Figur 1.** Oversiktskart hvor en del vassdrag nærliggende elver og vassdrag er inntegnet

## 2. Metodikk og data

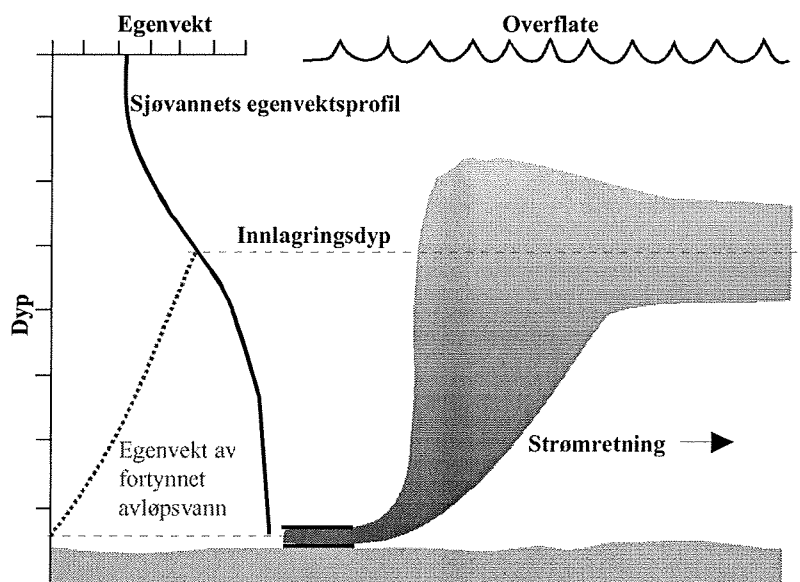
Avløpsvannet besto av en blanding av sjøvann og ferskvann, og var utvilsomt lettere enn sjøvannet i 40 m dyp. Derfor må det ha begynt å stige mot overflata. Etterhvert stopper denne oppadstigende bevegelsen og deretter vil avløpsvannet begynne å fordele seg horisontalt med de rådende strømforholdene samtidig som det fortynnes. For en bedømmelse av faren for at laks smittes med Gyro er trolig de øverste 5-10 m viktigst, og for at forurenset sjøvann skal trenge opp i vassdragene vil de øverste 5 m være viktigst. Vi vil vurdere disse to spredningsprosessene hver for seg.

Opplysninger om nærliggende sjørrer- og laksevassdrag finnes i en rapport fra Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Nord-Trøndelag (Hope, Evjen og Rikstad, 1994). I notat av 3.1.2000 har Rikstad påpekt at det i Namsenfjorden med tilstøtende sidefjorder er en rekke større og mindre sjøarevassdrag (**Figur 1**):

- Innen en radius på ca. 10 km fra Vikan er det registrert et 10-talls sjøarebekker
- Innen en radius på ca. 20 km fra Vikan er registrert følgende laksevassdrag: Namsen, Duna, Vetterhuselva, Sagelva, Moelva og Okسدøla. Av disse ligger Namsen ca. 16 km mot sør og Vetterhuselva ca. 14 km mot øst.

### 2.1 Avløpsvannets fordeling i vannmassen

Avløpsvannet besto av en blanding av sjøvann og ferskvann i forhold ca. 20/80. Sjøvannet tas inn i 50 m dyp og avløpsvannet slippes ut i 40 m dyp. Avløpsvannet vil dermed være noe tyngre enn rent ferskvann, men betydelig lettere enn sjøvannet i 40 m dyp, og vil dermed stige mot overflata mens det fortynnes med omkringliggende sjøvann. I fjorder og kystområder er det oftest slik at sjøvannets egenvekt øker mot dypet, og i et gitt dyp kan derfor den oppstigende blandingen av avløpsvann og sjøvann få samme egenvekt som det omkringliggende sjøvannet. Omkring dette nivået stopper den oppadrettede bevegelsen og man sier at avløpsvannet innlagres. Dypet hvor dette skjer omtales som innlagingsdypet og fortynningen omtales som primærfortynningen (**Figur 2**).



**Figur 2.** Prinsippskisse av et dyputslipp med innlagring av avløpsvannet. Merk at sjøvannets tetthet (egenvekten) øker mot dypet.



Hvor høyt opp det fortynnede avløpsvannet stiger og primærfortynningen avhenger i første rekke av

1. Sjøvannets egenvektsprofil mellom overflata og utslippsdypet
2. Avløpsvannets egenvekt
3. Hastigheten av avløpsvann ut avløpsledningen.

Egenvektsprofilen vil variere med tiden, i første rekke som følge av en varierende ferskvannstilførsel til kystvannet og til fjordområdet. Gitt at de to andre hovedfaktorene er noenlunde konstant, betyr dette at innlagingsdypet vil variere mye gjennom året. Egenvektsprofilen i utslippsområdet da uhellet skjedde er imidlertid ikke kjent. Ved to tidligere anledninger er imidlertid temperatur og saltholdighet i utslippsområdet målt. Målinger som Akvaplan-niva utførte 16.9.97 viste en vertikalprofil med flere vannlag der saltholdigheten økte fra ca. 17 i overflata til mer enn 34 i bunnvannet (**Figur 3**). Man ser klart 3 vannmasser:

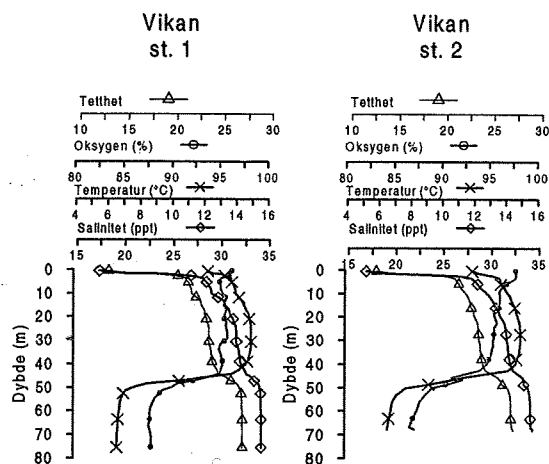
- Et overflatelag med en betydelig andel ferskvann
- Et relativt varmt og salt sjøvannslag som lå under overflatelaget og ned til 40-45 m dyp
- Et kaldt og salt bunnlag dypere enn ca. 55 m.

Den 10.12 1999 utførte Geografisk institutt, NTNU, en kartlegging av spredning og fortynning av avløpsvannet (Vatne og Bakkeli, 2000). I den anledning ble også temperatur og saltholdighet målt fra overflata og ned til 10 m dyp, men målenøyaktigheten er for dårlig til at resultatene kan brukes til å bedømme den vertikale sjiktningen.

Dermed mangler vi konkrete data som beskriver den vertikale lagdelingen av vannmassen mellom overflatelaget og 40 m dyp da utslippet skjedde for bruk i beregninger av hvor høyt opp i vannsøylen avløpsvannet beveget seg den 6-7.11.99. Vi kan imidlertid gjøre en mer generell vurdering. Norges Vassdrags- og Energidirektorat har oppgitt at vannføringen i Namsen var ca. 200 m<sup>3</sup>/s da utslippet foregikk (6-7.11.99), og at vannføringen 2-3 dager tidligere var 600-800 m<sup>3</sup>/s. Årsnormalen er 250 m<sup>3</sup>/s. Vannføringen i de andre (mindre) vassdragene i området er ikke kjent, men det er rimelig å anta at da utslippet skjedde var det en god del ferskvann i fjordområdet. Fordi ferskvannet innblandes i overflatelaget og et stykke nedover betyr dette at man med rimelig sikkerhet kan anta det forelå en tydelig vertikal lagdeling da utslippet skjedde. Forholdene lå dermed til rette for innlagring av avløpsvannet.

Avløpsvannet besto av en blanding av ferskvann og sjøvann og var dermed noe tyngre enn rent ferskvann. Ved utslipp på 40 m dyp fører det til at avløpsvannet innlagres noe dypere enn tilfellet ville være om det var ferskvann som ble sluppet ut. Vi kjenner ikke temperatur eller saltholdighet i det dypet som sjøvannet ble hentet fra, men antas 20% sjøvann med temperatur 6 °C og saltholdighet 34 blir egenvekten av avløpsvannet 1005-1006 kg/m<sup>3</sup>. Til sammenligning kan man med rimelig sikkerhet anta at sjøvannets egenvekt i 40 m dyp var omkring 1026-1027 kg/m<sup>3</sup>.

Vannforbruket i utslippsperioden var 38.6 m<sup>3</sup>/time eller ca. 11 l/s. Diameteren på avløpsledningen er 0.355 m som gir en utstrømningshastighet på 0.11 m/s.



Figur 3. Hydrografiprofiler utenfor VESO Vikan AkvaVet 16.9.67 (fra Johnsen, 1997).

## 2.2 Horisontal spredning og fortykning

Den horisontale spredningen og fortykningen vil hovedsakelig være bestemt av to forhold:

- strømmens retning og hastighet, som avgjør hvilken retning og med hvilken hastighet skyen med fortyntet avløpsvann forflytter seg. Og dermed hvor gammelt avløpsvannet er når det evt. kommer i nærheten av en elvemunning
- turbulente blandingen, som bestemmer i hvor stor grad avløpsvannet fortynnes

Strømforholdene i området er beskrevet av Bjerke (1988) på grunnlag av strømmålinger over 12 døgn i selve utslippsområdet, vestenfor mellom Hoøy og Stranden og østenfor mellom Bukkø og fastlandet. Målingene viste at tidevannet dominerte strømbildet i området, med strømrøtning mot nordøst ved innstrømmende tidevann og mot sørvest ved utstrømmende tidevann. Strøm mot sør ble langt sjeldnere observert. Ved innstrømmende tidevann ble det nær overflata målt hastigheter opp til 60 cm/s, men sett over hele måleperioden kan gjennomsnittshastigheten beregnes til 6-8 cm/s. Og ved utslippspunktet forflyttet vannet seg hele tiden mot nordøst. Disse størrelsene vil være grunnlag for å bedømme spredning av avløpsvannet på en tidsskala 2-3 døgn.

For å bedømme fortykningen i relativt korte avstander fra utslippet anvendes datamodellen PLUMES (Baumgartner et al. 1994) som er utgitt av det amerikanske miljøvernndirektoratet (EPA). Denne modellen beregner både innlagringsdyp og primærfortynning, samt den videre fortykningen når avløpsvannet spres med de rådende strømforhold. Fortynningen beregnes ved bruk av vannmengden som slippes ut, den turbulente diffusjonskoeffisienten, sjiktningen i vannmassen og strømhastigheten. Modellen er anvendt for å beregne konsentrasjonen over distanser på inntil 2000 m fra utslippspunktet. Denne distansen er valgt fordi strømmålinger tyder på at ved halvdaglig tidevann og stigende vannstand kan en typisk strømhastighet i brakkvannslaget være 10-15 cm/s. Er gjennomsnittshastigheten lik 10 cm/s, vil en "vannpakke" forflytte seg ca. 2000 m i løpet av 6 timer med innstrømmende tidevann, og ca. 3000 m hvis gjennomsnittshastigheten er 15 cm/s.

For å beskrive den turbulente blandingen mht. stoff er brukt koeffisienten  $0.000453 \text{ cm}^{2/3}/\text{s}$  som Baumgartner et al. (1994) anbefaler for kystområder med relativt god fortynning. Den turbulente blandingskoeffisienten er her proporsjonal med radius av skyen av fortynnet avløpsvann opphøyd i  $4/3$ , og vil altså øke ettersom tiden går.

### 3. Beregninger og vurderinger

Beregningene av innlagringsdyp og senere fortynning ut til 3000 m ut er utført for tre scenarier:

1. Markert lagdeling og moderat strømhastighet (0.1 m/s)
2. Svak lagdeling og moderat strømhastighet (0.1 m/s)
3. Svak lagdeling og sterk strømhastighet (0.3 m/s)

Resultatene av beregningene er gjengitt i Vedlegg A, men kan sammenfattes som følger:

- Både ved svak og markert lagdeling ble avløpsvannet innlagret i mer enn 30 m dyp. Dette viser at bare en meget svak lagdeling i vannmassen er tilstrekkelig for å hindre at avløpsvannet når overflata.
- Ved innlagring var avløpsvannet fortynnet mer enn hundre ganger, og fortynningen økte raskt med økende avstand fra utslippet. I 3000 m avstand fra utslippet tyder beregningene på en fortynning på 10000-30000 ganger i sentrum av skyen med fortynnet avløpsvann.

Som tidligere nevnt har vi ikke data som beskriver den vertikale lagdelingen da utslippet skjedde, men beregningene tyder klart på at avløpsvannet ble innlagret uten å bryte gjennom til overflata. Derimot er det mer usikkert i hvilket dyp avløpsvannet ble innlagret. Igjen antyder beregningene at det kan ha skjedd dypere enn 15-20 m, men uten data er en nøyaktig bestemmelse umulig.

At modellen gir 10000-30000xfortynning i 3000 m avstand skal ikke tas bokstavelig, men heller som en illustrasjon av at fortynningen er meget stor. Med gjennomsnittlige strømhastigheter på 8-15 cm/s, vil forurenset avløpsvann trenge ca. 6-10 timer på en slik distanse.

Avstanden til munningen av lakseelver som Namsen og av Vetterhuselva henholdsvis ca. 16 km og ca. 14 km. Vi har imidlertid ikke grunnlag for noen rimelig sikker bedømmelse av sannsynligheten for at avløpsvannet "fant veien" til disse områdene og hvilken fortynning som gjaldt. Strømmålingene som i 1988 ble utført (Bjerke 1988) tyder imidlertid på at spredning av avløpsvannet mest sannsynlig skjedde i øst-vestlig retning, og ikke sørover. I så fall er spredning mot munningen av Vetterhuselva mer aktuelt enn spredning mot Namsen. På den annen side vil de trange passasjene inn til Blikkengfjorden og derifra til Vetterhusbotnet gjøre det "vanskelig" for avløpsvannet å finne veien inn mot Vetterhuselva.

Hvis "skyer" av fortynnet avløpsvann fant veien mot elvemunningene, kan man ikke se bort fra at avløpsvannet ble blandet oppover mot 5-10 m dyp, dvs. i de vandyp der laks svømmer og der sjøvann f.eks. trenger inn munningen av Namsen. Fordi Gyro har begrenset levetid i sjøvann er imidlertid tidsfaktoren viktig, og antatt 8-15 cm/s som gjennomsnittlig hastighet og at vannet hele tiden beveget seg fra utslippet og mot elvemunningen vil det ta 30-50 timer før avløpsvannet når fram til elvemunningen. Fordi retningen sannsynligvis varierte med skiftende tidevannsfase og strømbanen ikke er "rettlinjet" vil det i virkeligheten kreves betydelig lenger tid.

## 4. Oppsummering og konklusjoner

Selv om man mangler data som beskriver strømforhold og den vertikale sjiktningen i utslippsområdet da utslippet fra VESO Vikan AkvaVet skjedde, kan man likevel sette noen sannsynlige rammer for den fysiske spredningen av Gyro:

1. Den vertikale lagdelingen av vannmassen mellom overflatelaget og 40 m dyp da utslippet skjedde er ikke kjent, men NVEs målinger av vannføringen i Namsen forut og under utslippet gjør at man med rimelig sikkerhet kan anta det forelå en tydelig vertikal lagdeling da utslippet skjedde. Tatt i betraktning at avløpsvannet inneholdt 20% sjøvann fra 50 m dyp, kan man konkludere at avløpsvannet ble innlagret og ikke direkte nådde overflata. Derimot kan vi ikke avgjøre om innlagringsdypet var 30 m eller 10 m. Dette er ikke ensbetydende med at avløpsvann ikke etterhvert ble blandet høyere opp i vannmassen, men det vil ha tatt relativt lang tid og under stor fortykning. Hvis avløpsvannet imidlertid inneholdt partikler som var lettere enn sjøvann, ville disse flyte opp til overflata.
2. En tidligere undersøkelse av strømforholdene i området viste at vannmassene i hovedsak beveget seg mot øst eller mot vest, avhengig av tidevannsfasen. Det er rimelig å anta at dette også gjaldt da utslippet skjedde, noe som betyr at spredningen av Gyro i hovedsak skjedde i øst-vestlig retning. Videre betyr dette at spredningen mot sør, i retning munningen av Namsen, sannsynligvis var liten.
3. Strømhastigheten i utslippsområdet varierer mye, spesielt som følge av skiftende tidevannsfaser. Virkningen av vind kan også redusere eller øke strømhastigheten. De nærmeste lakseførende vassdrag ligger omkring 15 km fra VESO Vikan AkvaVet, og hvis rester av avløpsvannet overhode nådde fram til elvemunningene ville det være etter flere døgn og fortyknet mange 10-talls tusen ganger.
4. Gyro har meget begrenset levetid i sjøvann (Arnulf Soleng, pers. komm.), og overlevelse over flere døgn er meget lite sannsynlig. Sett i forhold til disse hydrofysiske vurderingene, er det viktigst å vurdere risikoen for at Gyro i nærområdet for utslippet kunne infisere fisk som deretter fant veien til nærliggende vassdrag. Dette vil bli nærmere omtalt av Soleng i hans vurdering av smitterisikoen ved utslippet.

## 5. Litteratur

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

Bjerke, P.L., 1988. Vikan - Strømmålinger. Rapport STF60 F88122. Norges hydrotekniske laboratorium. Trondheim. 37 s.

Hope, A.M., Evjen, T. og Rikstad, A., 1994. Sjørret- og laksevassdrag i Nord-Trøndelag. Rapport nr. 1 – 1994. Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvernavdelingen. Steinkjer. 132 s.

Johnsen, K., 1997. Resipientundersøkelse ved VESO Vikan AkvaVet, 1997. Akvaplan-niva rapport nr. APN 413.97.1277. Akvaplan-niva. Tromsø. 14 s.

Vatne, G. og Bakkeli, G., 2000. Sporstoffundersøkelser ved VESO Vikan AkvaVet 1999. Rapport Geografisk institutt, NTNU. Trondheim. 9 s.

# Vedlegg A.

```

Sep 19, 2000, 9:48: 0 WED PROGRAM PLUMES, Ed 3.1, 8/7/95 Case: 1 of 3
Title Utslipp VESO, markert sjiktning nonlinear
tot flow # ports port flow spacing effl sal effl temp far inc far dis
0.011 1 0.01100 5 25 5 200 3000
port dep port dia plume dia total vel horiz vel vertl vel asp coeff print frq
40 0.355 0.3550 0.1111 0.1111 0.000 0.10 500
port elev ver angle cont coef effl den poll conc decay Froude # Roberts F
1 0.0 1.0 19.8007 100 0 0.7284 6.931
hor angle red space p amb den p current far dif far vel K:vel/cur Stratif #
90 5.000 26.6198 0.1000 0.000453 0.1 1.111 0.008852
depth current density salinity temp amb conc N (freq) red grav.
0.0 0.1 19.8184 25 4.8 0 0.04030 0.06558
5 0.1 23.7458 30 5 0 buoy flux puff-ther
10 0.1 25.2928 32.0 5.3 0 0.0001443 0.2746
15 0.1 25.8778 32.8 5.7 0 jet-plume jet-cross
20 0.1 26.0175 33.0 5.85 0 0.2434 0.3496
25 0.1 26.1703 33.2 5.89 0 plu-cross jet-strat
30 0.1 26.3281 33.4 5.89 0 0.7213 0.9314
35 0.1 26.4697 33.6 6.02 0 plu-strat
40 0.1 26.6198 33.8 6.08 0 1.822
45 0.1 26.7686 34 6.15 0 hor dis =
    
```

CORMIX1 flow category algorithm is turned off.

0.1 m/s, 0.3281 ft/s >=0.0 to 2.0 m/s range

Help: F1. Quit: <esc>. Configuration:ATNO0. FILE: PLMSTUFF.VAR;

UM INITIAL DILUTION CALCULATION (nonlinear mode)

```

plume dep plume dia poll conc dilution hor dis
      m      m
40.00 0.3550 100.0 1.000 0.000

38.20 1.993 3.125 31.79 2.591
35.96 4.890 0.5680 174.9 9.387 -> trap level
35.86 5.034 0.5373 184.9 9.871 -> merging
34.98 6.810 0.3545 280.2 18.70
    
```

-> local maximum rise or fall

FARFIELD CALCULATION (based on Brooks, 1960, see guide)

Farfield dispersion based on wastefield width of 6.810m

```

--4/3 Power Law--      --Const Eddy Diff--
conc dilution width conc dilution width distance time
      m      m      m      m      m      sec      hrs
0.103 965 32.4 0.192 519 17.3 200 1810 0.50
0.0462 2160 72.6 0.139 719 24.1 400 3810 1.1
0.0274 3640 122 0.114 875 29.4 600 5810 1.6
0.0186 5370 180 0.0991 1010 33.8 800 7810 2.2
0.0137 7300 245 0.0888 1120 37.7 1000 9810 2.7
0.0106 9410 316 0.0812 1230 41.3 1200 11800 3.3
0.00854 11700 393 0.0753 1330 44.6 1400 13800 3.8
0.00707 14200 475 0.0705 1420 47.6 1600 15800 4.4
0.00597 16800 563 0.0665 1500 50.5 1800 17800 4.9
0.00513 19500 655 0.0631 1580 53.2 2000 19800 5.5
0.00447 22400 751 0.0602 1660 55.7 2200 21800 6.1
0.00394 25400 852 0.0576 1730 58.2 2400 23800 6.6
0.00351 28500 957 0.0554 1800 60.6 2600 25800 7.2
0.00315 31800 1070 0.0534 1870 62.8 2800 27800 7.7
0.00285 35100 1180 0.0516 1940 65.0 3000 29800 8.3
    
```

```

Sep 19, 2000, 9:48:10 WED PROGRAM PLUMES, Ed 3.1, 8/7/95 Case: 2 of 3
Title Utslipp VESO, svak sjiktning nonlinear
tot flow # ports port flow spacing effl sal effl temp far inc far dis
0.011 1 0.01100 5 25 5 200 3000
port dep port dia plume dia total vel horiz vel vertl vel asp coeff print frq
40 0.355 0.3550 0.1111 0.1111 0.000 0.10 500
port elev ver angle cont coef effl den poll conc decay Froude # Roberts F
1 0.0 1.0 19.8007 100 0 0.7408 7.170
hor angle red space p amb den p current far dif far vel K:vel/cur Stratif #
90 5.000 26.3933 0.1000 0.000453 0.1 1.111 0.0009046
depth current density salinity temp amb conc N (freq) red grav.
0.0 0.1 25.7214 32.5 5. 0 0.01267 0.06340
5 0.1 26.1168 33 5. 0 buoy flux puff-ther
10 0.1 26.1617 33.1 5.3 0 0.0001395 0.2778
15 0.1 26.1935 33.2 5.7 0 jet-plume jet-cross
20 0.1 26.2356 33.3 6. 0 0.2476 0.3496
25 0.1 26.3145 33.4 6. 0 plu-cross jet-strat
30 0.1 26.3145 33.4 6. 0 0.6974 1.661
35 0.1 26.3933 33.5 6. 0 plu-strat
40 0.1 26.3933 33.5 6. 0 4.303
45 0.1 26.4722 33.6 6. 0 hor dis =
    
```

CORMIX1 flow category algorithm is turned off.

0.1 m/s, 0.3281 ft/s >=0.0 to 2.0 m/s range

Help: F1. Quit: <esc>. Configuration:ATNO0. FILE: PLMSTUFF.VAR;

UM INITIAL DILUTION CALCULATION (nonlinear mode)

```

plume dep plume dia poll conc dilution hor dis
      m          m          m
40.00 0.3550 100.0 1.000 0.000

38.21 1.991 3.125 31.80 2.620
35.70 5.027 0.5263 188.8 9.328 -> merging
33.62 8.552 0.2631 377.6 16.87 -> trap level
32.12 12.42 0.1797 552.8 30.43
    
```

-> local maximum rise or fall

FARFIELD CALCULATION (based on Brooks, 1960, see guide)

Farfield dispersion based on wastefield width of 12.42m

```

--4/3 Power Law-- --Const Eddy Diff--
conc dilution width conc dilution width distance time
      m          m          m          m          m          sec      hrs
0.0792 1260 39.0 0.117 851 26.2 200 1700 0.47
0.0382 2620 81.2 0.0853 1170 36.2 400 3700 1.0
0.0234 4270 133 0.0703 1420 44.0 600 5700 1.6
0.0162 6170 192 0.0612 1630 50.6 800 7700 2.1
0.0121 8300 258 0.0549 1820 56.5 1000 9700 2.7
0.00941 10600 330 0.0502 1990 61.8 1200 11700 3.2
0.00761 13100 408 0.0465 2150 66.6 1400 13700 3.8
0.00632 15800 491 0.0436 2290 71.2 1600 15700 4.4
0.00536 18700 579 0.0411 2430 75.4 1800 17700 4.9
0.00462 21600 672 0.0390 2560 79.5 2000 19700 5.5
0.00403 24800 770 0.0372 2680 83.3 2200 21700 6.0
0.00356 28100 871 0.0357 2800 87.0 2400 23700 6.6
0.00318 31500 977 0.0343 2910 90.5 2600 25700 7.1
0.00286 35000 1090 0.0330 3020 93.9 2800 27700 7.7
0.00259 38700 1200 0.0319 3130 97.2 3000 29700 8.2
    
```

```

Sep 19, 2000, 9:48:22 WED PROGRAM PLUMES, Ed 3.1, 8/7/95 Case: 3 of 3
Title Utslipp VESO, svak sjiktning, sterk str. nonlinear
tot flow # ports port flow spacing effl sal effl temp far inc far dis
0.011 1 0.01100 5 25 5 200 3000
port dep port dia plume dia total vel horiz vel vertl vel asp coeff print frq
40 0.355 0.3550 0.1111 0.1111 0.000 0.10 500
port elev ver angle cont coef effl den poll conc decay Froude # Roberts F
1 0.0 1.0 19.8007 100 0 0.7408 193.6
hor angle red space p amb den p current far dif far vel K:vel/cur Stratif #
90 5.000 26.3933 0.3000 0.000453 0.3 0.3704 0.0009046
depth current density salinity temp amb conc N (freq) red grav.
0.0 0.3 25.7214 32.5 5. 0 0.01267 0.06340
5 0.3 26.1168 33 5. 0 buoy flux puff-ther
10 0.3 26.1617 33.1 5.3 0 0.0001395 0.1926
15 0.3 26.1935 33.2 5.7 0 jet-plume jet-cross
20 0.3 26.2356 33.3 6. 0 0.2476 0.1165
25 0.3 26.3145 33.4 6. 0 plu-cross jet-strat
30 0.3 26.3145 33.4 6. 0 0.02583 1.661
35 0.3 26.3933 33.5 6. 0 plu-strat
40 0.3 26.3933 33.5 6. 0 4.303
45 0.3 26.4722 33.6 6. 0 hor dis =
    
```

CORMIX1 flow category algorithm is turned off.

0.3 m/s, 0.9843 ft/s

>=0.0 to 2.0 m/s range

Help: F1. Quit: <esc>. Configuration:ATNO0. FILE: PLMSTUFF.VAR;

UM INITIAL DILUTION CALCULATION (nonlinear mode)

```

plume dep plume dia poll conc dilution hor dis
      m      m      m
40.00 0.3550 100.0 1.000 0.000

39.24 1.226 3.125 31.80 4.737
36.25 5.027 0.1835 541.4 44.54 -> merging
34.52 7.930 0.09834 1010 76.36 -> trap level
34.49 7.978 0.09766 1017 76.88
33.52 10.09 0.07505 1324 115.8
    
```

-> local maximum rise or fall

FARFIELD CALCULATION (based on Brooks, 1960, see guide)

Farfield dispersion based on wastefield width of 10.09m

--4/3 Power Law-- --Const Eddy Diff--

conc	dilution	width	conc	dilution	width	distance	time	
		m			m	m	sec	hrs
0.0710	1400	13.6	0.0726	1370	13.0	200	281	0.078
0.0452	2200	23.1	0.0569	1750	18.1	400	947	0.26
0.0308	3240	34.1	0.0473	2110	22.0	600	1610	0.45
0.0226	4420	46.5	0.0412	2420	25.3	800	2280	0.63
0.0175	5710	60.1	0.0370	2690	28.3	1000	2950	0.82
0.0140	7110	74.9	0.0339	2950	31.0	1200	3610	1.0
0.0116	8610	90.7	0.0314	3180	33.4	1400	4280	1.2
0.00980	10200	107	0.0294	3390	35.7	1600	4950	1.4
0.00841	11900	125	0.0277	3600	37.8	1800	5610	1.6
0.00733	13600	144	0.0263	3790	39.9	2000	6280	1.7
0.00646	15500	163	0.0251	3970	41.8	2200	6950	1.9
0.00575	17400	183	0.0241	4150	43.7	2400	7610	2.1
0.00516	19400	204	0.0231	4320	45.4	2600	8280	2.3
0.00466	21400	226	0.0223	4480	47.1	2800	8950	2.5
0.00424	23600	248	0.0215	4640	48.8	3000	9610	2.7