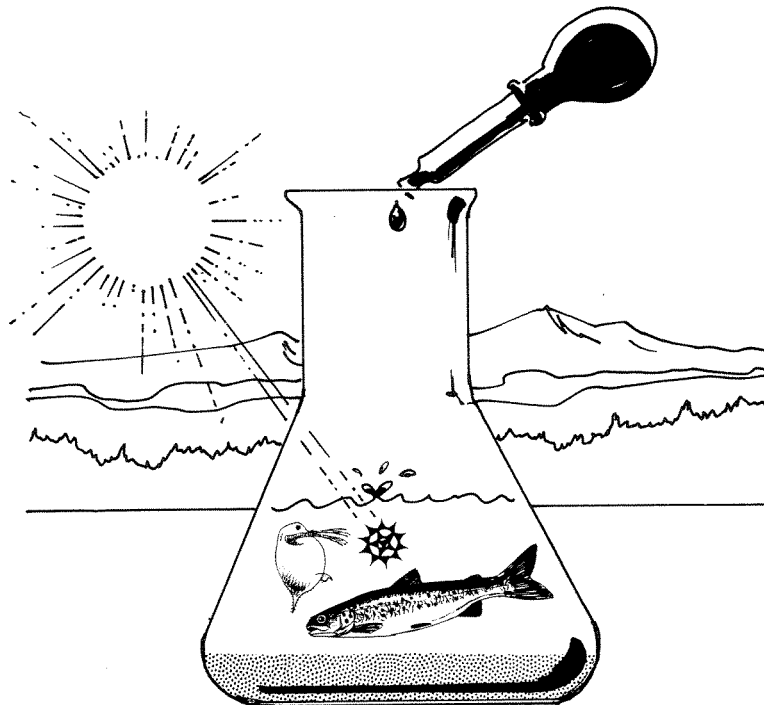




O-91165

Utslipp av toluen og koppper fra vanilin-produksjon til Glomma

Miljøkonsekvensvurdering for Borregaard Industries Ltd



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

| | |
|-------------------------|---------------------------------|
| Prosjektnr.: O-91165 | Undernr.: |
| Løpenr.: 2652 | Begr. distrib.: Til 01.01.94 |

| | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 23 52 80 Telefax (47 2) 39 41 89 | Serlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513 | Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 78 402 | Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (47 5) 95 17 00 Telefax (47 5) 25 78 90 | Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| Rapportens tittel: Utslipp av toluen og kopper fra vanillin-produksjon til Glomma. Miljøkonsekvensvurdering for Borregaard Industries Ltd. | Dato: 29.10.91 | Trykket: NIVA 1991 |
| | Faggruppe: Miljøtoksikologi | |
| Forfatter(e): Morten Laake | Geografisk område: Østfold | |
| | Antall sider: 14 | Opplag: 50 |

| | |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Oppdragsgiver: Borregaard Industries Ltd., Sarpsborg | Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.): |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|

| |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ekstrakt: Rapporten vurderer miljøkonsekvenser av nåværende og fremtidig utslipp til Glomma av toluen og kopper fra produksjon av vanillin ved Borregaard, Sarpsborg. Vurderingen bygger på utslippsdata angitt i konsesjonssøknad til SFT for dagens produksjon og etter planlagt utvidelse. Dagens produksjon kan gi konsentrasjoner av begge utslippskomponenter i Glomma som ligger nær opp til nivåer hvor det er dokumentert effekter overfor organismer i ferskvann. Foreslått vannkvalitetskriterium for toluen vil ikke med sikkerhet kunne oppnås etter utvidelsen av produksjonen. Utvidelsen antas derimot ikke å være vesentlig for effektene av kopper. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

4 emneord, norske

1. kopper
2. toluen
3. konsekvensvurdering
4. økotoksikologi

4 emneord, engelske

1. copper
2. toluene
3. hazardassessment
4. ecotoxicology

Prosjektleder

Morten Laake

Forskn. leder

For administrasjonen

Rainer G. Lichtenthaler

Forskn. sjef

ISBN 82-577-2001-1

| | |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 1. BAKGRUNN..... | 2 |
| 2. MÅLSETNING | 2 |
| 3. UTSLIPP AV TOLUEN OG KOPPER FRA VANILLINPRODUKSJON | 2 |
| 3.1. Dagens utslipp | 2 |
| 3.2. Utslipp etter utvidelse av produksjonen..... | 3 |
| 3.3. Vurdering av utslippsmengdene | 3 |
| 4. RESIPIENTFORHOLDENE I GLOMMA..... | 4 |
| 4.1. Vannføring og sedimentasjon | 4 |
| 4.2. Utslipp etter fortykning..... | 5 |
| 4.3. Andre kilder..... | 5 |
| 5. SKJEBNE OG EFFEKTER I RESIPIENTEN..... | 6 |
| 5.1. Toluen..... | 6 |
| 5.2. Kopper | 8 |
| 6. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER..... | 11 |
| 6.1. Toluen..... | 11 |
| 6.2. Kopper | 11 |
| 6.3. Videre undersøkelser og tiltak..... | 12 |
| 7. LITTERATURHENVISNINGER..... | 13 |

1. BAKGRUNN

Borregaard Industries Ltd. har anmodet NIVA om å utføre en miljøkonsekvensanalyse av toluen og kopper i utslipp til Glomma fra vanillin-produksjon i Sarpsborg. Vårt opplegg av 4. oktober ble akseptert av bedriften 5. oktober med frist for levering av foreløpig utgave av rapport pr. 21. oktober 1991. I den endelige utgaven av rapporten er enkelte avsnitt i diskusjonen av effektene i miljøet utbygget.

2. MÅLSETNING

Målsetningen med analysen er å gi en vurdering av miljøkonsekvensene ved utslipp av toluen og kopper fra eksisterende fabrikk og planlagt ny fabrikk for produksjon av vanillin fra lignin og guaiacol, som er avfallsprodukter fra fremstillingen av cellulose ved Borregaard.

Analysen skal ta utgangspunkt i de opplysninger om mengder og tilstandsform som bedriften legger frem og omfatter ikke egne undersøkelser eller analyser av utslipp eller resipient. Den skal bygge på tilgjengelige opplysninger fra tidligere undersøkelser og i litteraturen, og skal peke på et eventuelt behov for videre undersøkelser.

3. UTSLIPP AV TOLUEN OG KOPPER FRA VANILLINPRODUKSJON

3.1 Dagens utslipp

Lignin i avluten fra produksjonen av cellulose utsettes for "cracking" ved høyt trykk og høy temperatur til lavmolekylære bestanddeler. I neste trinn tilsettes CuSO_4 og det foretas en luftoksydasjon hvor kopper går over til CuO , som fungerer som katalysator for dannelsen av vanillin. Derneft ekstraheres vanillin med toluen og isopropanol, som for størstedelen gjenvinnes. En del av den oksyderte lignin-løsningen går til ligninfabrikken på Borregaard.

Utslipet til Glomma fra vanillinfabrikken består av en vandig løsning fra ejektorsystemer for vakuu, vaskesystem og spylinger, normalt ca. $130 \text{ m}^3/\text{h}$ (pH ca. 7, temperatur ca. 20°C). Avløpsvannet inneholder restlignin fra prosessen og rester av hjelpestoffene toluen, isopropanol, kopper, skumdemper etc. Utslipet samles i et lukket, syrefast rør og løper ca. 30 m til en målekum med V-overløp. Her måles vannmengden og det tas proporsjonalprøver for analyse av COD og kopper som

ukentlige verdier. Fra målekummen går avløpet til hovedkloakken, som slippes ut neddykket i Glomma like nedenfor fabrikken.

Utslippet av kopper er i konsesjonssøknaden satt til 0.25 kg Cu/h fra vanillinfabrikken, i hovedsak som oksyd, og 0.75 kg Cu/h fra ligninfabrikken, ialt 1.0 kg Cu/h. Etter korreksjon for driftsstopp er årlig utslipp beregnet til 7.5 tonn Cu/år. Utslippet av toluen er antatt lik det registrerte tapet på 250 tonn/år i prosessen. Basert på prosesserfaring antas det at 20 % av toluentapet utgjøres av fordampning, mens 80 % går til avløpsvannet, som er beregnet å motta 200 tonn/år.

En må alt i alt gå utfra at hele utslippet til vann når Glomma gjennom neddykket utløp og gjennom rask fortykning løses inn i vannmassene eller sedimenterer (gjelder CuO).

3.2. Utslipp etter utvidelse av produksjonen

Borregaard planlegger å bygge en ny vanillinfabrikk med en ny prosess basert på guaiacol i stedet for lignin direkte. Prosessutslippet fra denne fabrikken blir i følge bedriften en vandig løsning som inneholder natriumsulfat og organiske rester, bl.a. toluen, ialt 5 m³/h (temperatur 50°C, pH 5). I tillegg vil det også fra denne fabrikken bli samlet forurenset vann fra vakuum-systemer, vask og spyling. Alt utslipp vil gå til en målestasjon og derfra inn på en hovedkloakk og via neddykket rør til Glomma (ca. 100 m avstand).

Konsesjonssøknaden for fabrikken angir et utslipp på 0.2 kg Cu/h (1.5 tonn/år), her i form av toverdige kopper-ion. Det antas et tap av toluen til vann i samme størrelsesorden som for eksisterende fabrikk, ialt 200 tonn/år.

En må anta at lukkede, syrefaste rør og lukkede kummer gjør forholdene for avdampning av toluen ugunstige, og at hovedmengden toluen og alt kopper tilføres Glomma.

3.3. Vurdering av utslippsmengdene

Det samlede utslippet av kopper ble betydelig redusert i 1990, fra opprinnelig 81 tonn Cu/år til dagens nivå på 7.5 tonn Cu/år. Gjenvinningsgraden i den nye vanillinfabrikken blir hele 99.8 % (Steinar Johansen, pers.medd.). Det har gjennom hele driftsperioden på vel 25 år foregått en gradvis økning i utslippet av kopper i takt med produksjonsøkningen, opp til det angitte nivået på 81 tonn Cu/år. Sett i lys av dette er økningen på 1.5 tonn Cu/år som følge av ny produksjonsøkning svært marginal.

Analyse av toluen på ukemiddel- og 3-døgns-prøve fra målekummen ble utført av Borregaard i uke 40. Innholdet av toluen lå under analysegrensen på 0.0005 vol % i vannprøvene, som omregnet til vektbasis tilsvarer 4.34 milli-g/l. Dersom denne konsentrasjonen var den reelle, ville det innebære et utslipp til vann på 4-5 % av det registrerte tapet fra prosessen. Årsaken til avviket er trolig at prøvetakingsmetoden ikke er adekvat til formålet fordi overflatefilmen ikke fanges opp. Det foreligger ikke analyser fra vannet i Glomma. Analysegrensen viser at metoden ikke kan anvendes til dette formålet, men ved å ta i bruk headspace-teknikk i kombinasjon med GC kan analysegrensen presses ned til nivået pico-g/l.

Løseligheten av toluen i vann er i litteraturen angitt til 470 milli-g/l ved 16°C, i en situasjon hvor toluen-fase er i likevekt med vann. I likevekt med mettet luft er det oppgitt en metnings-konsentrasjon i vann på 110 milli-g/l ved 20°C (Verschueren 1983). Det beregnede utslippet vil gi en midlere konsentrasjon i avløpsvannet fra vanillinfabrikken på 220 milli-g toluen/l. Det er imidlertid sannsynlig at vannstrømmen fra fabrikken er dekket av en toluenfilm som ikke fanges opp ved prøvetaking og kan dampe av til luft i overløpet fra vannmåleren. Utluftingsforholdene vil være avgjørende for hvor mye som forsvinner til atmosfæren, og dette bør derfor analyseres.

Etter de opplysninger bedriften har fremlagt om utslippet fra ny fabrikk må en anta at toluen-tapet teoretisk vil gi en konsentrasjon i avløpsvannet fra prosessen på 5 333 milli-g/l. Utfra de tidligere angitte data for løselighet i vann og metningskonsentrasjon i likevekt med luft, vil tendensen til filmdannelse og avdampning til luft bli betydelig større. Høyere temperatur på avløpsvannet vil også bidra sterkt til øket fordampning. Hvilke mengder toluen som tilslutt når Glomma vil derfor være svært avhengig av mulighetene for avdampning i avløpsnett.

4. RESIPIENTFORHOLDENE I GLOMMA

4.1. Vannføring og sedimentasjon

Vannføringen i Glomma er anslått å ligge på 700 m³/s på årsbasis. I perioder med lav vintervannføring er den nede i 300 m³/s (slutten av mars) og i vårflommen nærmere 3000 m³/s (juni). For nærmere detaljer om vannkjemiske forhold henvises det til tidligere rapport vedrørende resipientforholdene ved utslipp av natrium-saltsmelte fra vanillin-produksjonen til Glomma (Koniczny 1990).

I perioder med lav vannføring skjer det en betydelig sedimentasjon på strekningen Greåker-Fredrikstad som kan føre til dannelse av anoksiske forhold og fritt sulfid i bunnsedimentene (Skei 1987). I perioder med flomvannføring vil en stor del av det

sedimenterte materialet transporteres ut av elva og igjen avsettes i Øra-området, mens finere partikler kan transporteres lengre ut i Glomma-estuaret.

4.2. Utslipp etter fortynning

Beregnet nivå av toluen og kopper i Glomma som stammer fra produksjonen av vanillin ved Borregaard, før og etter planlagt utvidelse, er gjengitt i Tabell 1.

| Forurensning | Utslipp tonn/år | Vannføring: lav | | |
|--------------|--------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------|
| | | m ³ /s | middels m ³ /s | høy m ³ /s |
| TOLUEN | 200 | 28 mikro-g/l | 11.3 mikro-g/l | 2.80 mikro-g/l |
| | 400 | 56 mikro-g/l | 22.6 mikro-g/l | 5.60 mikro-g/l |
| KOPPER | 7.5 | 1.0 mikro-g/l | 0.40 mikro-g/l | 0.10 mikro-g/l |
| | 9.0 | 1.2 mikro-g/l | 0.50 mikro-g/l | 0.12 mikro-g/l |

Tabell 1 Konsentrasjon (mikro-g/l) av toluen og kopper (som Cu) i Glomma etter innblanding nedstrøms utslippet fra vanillin-produksjon ved Borregaard før (lavt utslipp) og etter (høyt utslipp) utvidelse med bygging av ny fabrikk.

Det er her antatt at det skjer en fullstendig innblanding og oppløsning både av toluen og kopper (som Cu⁺⁺) i vannmassene umiddelbart nedenfor neddykket utslipp via hovedkloakken fra fabrikkene. Verdiene er korrigert for perioder med driftsstans, slik at konsentrasjonene gjelder for perioder med normal produksjon.

4.3. Andre kilder

Toluen er et lite vannløselig løsningsmiddel som har flere spesielle anvendelser i industrien, f.eks. i produksjonen av plast-tekstiler, lakkering og malingprodukter (se f.eks. Wathne og Haugsbakk 1986, som har undersøkt luftutslippet fra Helly-Hansen AS, Moss). Tilførslene til miljøet er imidlertid dominert av avdampning fra bensin, som er viktigste kilde til de atmosfæriske nivåer som registreres i byluft (Wathne 1983). Typiske nivåer i forurenset Oslo-luft i den norske undersøkelsen er 60-150 mikro-g/m³. Et døgnmiddel på 30 mikro-g/m³ ble registrert i Sarpsborg i oktober-

november 1982 (Hagen et al. 1983). Det antas at toluen har høy reaktivitet og relativt kort levetid i luft, men en har få data å bygge på (Verschueren 1983). Levetid under fotokjemiske smog-forhold i sørøst-England er blitt estimert til 5.8 timer. Nedbrytning skyldes trolig fotokjemiske reaksjoner.

Kilder til vannforurensing er først og fremst bensin og råolje, foruten industriutslipp til vann. Bidraget fra utvasking fra luft med nedbør er trolig lite, untatt under episoder med kraftig regnbygeaktivitet. Bidraget av toluen fra andre kilder i nærområdet bør vurderes nøyer, da tilførslene fra disse kan være av betydning.

Andre kilder for kopper er korrosjon av metaller og vannledningsnett i området. Disse kildene antas å være små og diffuse i forhold til utslippet fra Borregaard.

5. SKJEBNE OG EFFEKTER I RESIPIENTEN

5.1. Toluene

Toluene er langsomt biologisk nedbrytbart når oksygen er tilgjengelig. I BOD-tester omsettes stoffet langsomt etter en tilpasningsperiode for mikroorganismene på ett døgn (Verschueren 1983), men selv etter 35 døgn var oksygenforbruket på under 50 % av det teoretiske. Dette skyldes dels stoffets toksisitet overfor mikroorganismene ved de testkonsentrasjoner (10 milli-g/l) som er anvendt (Vestal et al. 1984), dels at den initiale nedbrytningen er avhengig av reaksjon med molekylært oksygen til 3-methyl-catechol, alternativt til benzyl-alkohol. Enzym-systemer som kreves for dette, er bare tilstede hos spesialiserte hydrokarbon-nedbrytende mikroorganismer. (I anoksisk miljø vil det følgelig ikke kunne skje noen målbar nedbrytning, men det er neppe av praktisk betydning).

En amerikansk undersøkelse fra Skidaway River, Georgia, har påvist en levetid på 90-130 døgn ved konsentrasjoner på 6-20 mikro-g/l, uten vesentlig forskjell mellom mye og lite påvirkede stasjoner (R.F. Lee, ref. i Verschueren 1983). Begrensningene ligger trolig i tilgjengelighet av spesialiserte hydrokarbon-nedbrytere ved de lave konsentrasjons-nivåene som finnes i ellevann etter fortynning. En antar at det under de rådende temperatur-forholdene i Glomma kan ta enda lengre tid å få toluene fullstendig nedbrudt til CO₂ og vann, som er sluttproduktene.

Avdampning til atmosfæren kan imidlertid foregå raskt fra vann i turbulent strømming og bidra til en viss reduksjon av nivået nedstrøms Borregaard før vannet etter kort tid når Glomma-estualet. Dette lar seg beregne teoretisk, men vil kreve matematiske modellberegninger som det ikke har vært mulig å utføre i denne sammenhengen.

Toluen har en middels høy fordelingskoeffisient vann/n-oktanol, $\log P_{O/W} = 2.8$ (Verschuere 1983), som ved korrelasjon gir en biokonsentrasjons-faktor ved direkte opptak i fisk, $BCF = 45$. I gjennomsnitt må en følgelig regne med ca. 50 ganger høyere konsentrasjon i hel fisk enn i vann.

Toluen vil, som andre aromatiske hydrokarboner, akkumuleres i fettvev, nervesystem og lever og undergår der en langsom metabolisering ved enzymatisk oksydasjon (Cyt. P-450-enzymet) til vannløselige metabolitter, som utskilles og nedbrytes mikrobielt. Ved konsentrasjonsendringer i omgivelsene utveksles toluen effektivt over gjellene inntil ny likevektsmengde i fisken er innstilt.

Data for toksisitet overfor vannlevende organismer er relativt sparsomme og sprikende (Tabell 2). Alger og krepsdyr synes å tåle toluen på nivåer godt over de aktuelle konsentrasjonene i Glomma. Men giftigheten overfor encellede dyr (*Tetrahymena pyriformis*), en røyeart (*Salvelinus malma*) og annen fisk er i følge nyere undersøkelser meget høy. Konsentrasjoner som fører til død eller kroniske skader, ligger i området 20 - 107 mikro-g/l. Mest følsom er røye (4-døgns $LC_{50} = 20$ mikro-g/l, Black et al. 1982), som også er vist å ta opp og skille ut toluen effektivt over gjellene i likevekt med vannkonsentrasjonen (Thomas og Rice 1986).

Hos fisk må høy giftighet antas å ha sammenheng med tendensen til bioakkumulering i fettvev og evne til metabolisering, som medfører at fisken kontinuerlig vil ta opp toluen fra vannet og gjennom kronisk påvirkning utsettes for en stor mengde over tid.

Eldre undersøkelser opererer med giftighetsterskler (no effect concentrations) ved langtids-eksponering av fisk i området 1.6 - 7.7 milli-g/l (referert av WHO 1985). Årsaken til denne forskjellen (faktor 50-100) kan skyldes at man i eldre forsøk ikke har hatt god nok kontroll med de aktuelle oppløste konsentrasjonene i vann, men baserte beregningene på tilsatte mengder av toluen. (Vi har ikke hatt anledning til å få tak i original-litteraturen for å undersøke dette nærmere innen den aktuelle fristen for oppdraget.)

Undersøkelser hos pattedyr har vist en meget rask fordeling i organismen etter opptak og primær-effekter på sentralnervesystemet (WHO 1985). Symptomer ved høye doser (8 - 11 milli-g/l) i korttidforsøk med akvatiske organismer viser også en narkose-lignende effekt som antas å ha samme årsak (Bakke og Skjoldal 1979, Thomas og Rice 1979).

Det er ikke foreslått vannkvalitetskriterier for toluen, liksom for de fleste andre organiske miljøgifter (Knutzen og Skei 1990). Kriterier for tillatte restmengder av toluen i fisk og skaldyr er heller ikke foreslått, men på grunn av metabolisering og utskillelse antas mulige restmengder i fisk ikke å være noe aktuelt problem. Nivået vil ligge betydelig under det som vil kunne medføre skadelig nivå etter opptak hos mennesker (WHO 1985).

5.2. Kopper

Kopper i toverdig, ionisk form er velkjent som et meget giftig metall overfor akvatiske organismer. Det finnes følgelig vel utviklede kvalitetskriterier for løst fraksjon eller totalinnholdet av kopper i ferskvann og saltvann i flere land, bl.a. USA, Canada og Storbritannia, og retningslinjer utgitt av EIFAC (for oversikt se Knutzen og Skei 1990). I følge et svensk klassifiseringssystem (Lithner 1989) er et naturlig bakgrunnsnivå i bløtt, mineralfattig ferskvann 0.7 mikro-g total-Cu/l. Laveste kjente effektnivå er av forfatteren angitt til 3 - 5 mikro-g total-Cu/l.

Steinnes et al. (1989) oppgir et intervall på 0.4 - 9.1 mikro-g total-Cu/l og middel/median-verdiene 1.5/1.1 mikro-g total-Cu/l fra 215 lokaliteter i Sør-Norge. Bakgrunnsverdi i Glomma ved Sarpsfossen er angitt til 2.57 mikro-g Cu/l som middelvei med variasjon fra 4.5 mikro-g/l ved høy til 1.4 mikro-g/l ved lav vannføring (Løvstad et al. 1988). En er da allerede innen intervallet for skadelige nivåer om man legger Lithners data for laveste effektnivå til grunn (Lithner 1989).

For norske forhold finnes det et forslag til vannkvalitetskriterier for metaller i ferskvann hos Holtan et al. (1989), og for kopper er de to laveste klassene aktuelle i Glomma:

| | |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Mindre enn 3 mikro-g total-Cu/l:</p> <p><u>Klasse 1:</u></p> | <p>Ingen skade på organismer eller begrensninger i bruk av fisk til mat.</p> |
| <p>3 - 15 mikro-g total-Cu/l:</p> <p><u>Klasse 2:</u></p> | <p>Enkelte ømfintlige organismer kan rammes, men ingen problemer for fisk.</p> <p>Liten effekt på organismsamfunn.</p> |

Når disse verdiene sammenholdes med utslippet fra vanillin-produksjon etter fortykning (Tabell 1), ser en at bidraget av kopper etter utvidelse av produksjonen høyst kan doble bakgrunns-konsentrasjonen, men bringer totalnivået permanent opp i Klasse 2. Tas det også hensyn til andre bidrag fra diffuse kilder i området, kan det konkluderes med at nivået i vann jevnt over ligger innen intervallet 3 - 15 mikro-g

total-Cu/l, hvor det kan ventes kroniske effekter på f.eks. algesamfunn og enkelte ømfindtlige arter av bunndyr langs elvebreddene.

Kopper vil ha sterk tendens til binding i sedimenter, enten direkte som utslipp av CuO i partikkelform eller ved binding til organiske og uorganiske partikler. Etter sedimentasjon kan det skje en sterk binding som CuS ved reaksjon med fritt sulfid. Periodevis utspyling av sedimenter under vårflommen vil føre akkumulert kopper ut i Glomma-estuaret. Tidligere undersøkelser har påvist anoksiske bunnsedimenter og forhøyde konsentrasjoner av kopper ute i Glomma-estuaret, som tilskrives tidligere utslipp fra Borregaard (Skei 1987, Skei og Bokn 1989). (Toluen vil ikke bindes til sedimenter.)

Det har lenge vært vel kjent at kopper i ionisk form i sjøvann er giftig for en rekke organismer på meget lave konsentrasjonsnivåer. Nivået av kopper i sedimenter har negativ innvirkning på bunnfaunaen i marine områder (Rygg og Skei 1984). Korrelasjonsstudier som omfattet 9 norske fjorder, deriblant Singlefjorden-Hvalerområdet, har vist at blant metallene er det bare kopper som viser en sterk negativ korrelasjon med artsmangfold (Rygg 1984). I samme område er det påvist en overkonsentrasjon av kopper i blæretang (SFT/SNV 1990). Det er derfor overveiende sannsynlig at kopper idag er en viktig faktor i den økologisk forringelsen av fjordområdene utenfor Glommas munning.

| Testorganisme | Effekt målt | Testens varighet | Konsentrasjon (mikro-g/l) | Litteratur-referanse |
|----------------------------------|-----------------------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------|
| KREPSDYR | | | | |
| <i>Daphnia magna</i> | EC50 immobil. | 1 døgn | 84.000 | Kuhn (1989) |
| | EC50 letalitet | 2 døgn | 11.500 | Bobra et al. (1983) |
| | EC reprod. NOEC | 21 døgn | 3 | Hermes et al. (1985) |
| FISK | | | | |
| <i>Tilapia mossambica</i> | enzymeffekt | 6 timer | 10.000-40.000 | Ravindran (1988) |
| <i>Cyprinus carpio</i> | fysiologisk eff. | | 100 | Gluth & Hanke (1985) |
| <i>Pimephales promelas</i> | maksimalt akseptabel toks. kons. (MATC) | | 107 | Call et al. (1985) |
| <i>Salvelinus sp.</i> | LC50 letalitet | 4 døgn | 20 | Black et al. (1982) |
| ALGER | | | | |
| <i>Scenedesmus subspicatus</i> | EC50 biomasse | 2 døgn | 160.000 | Kuhn & Pattard (1990) |
| | EC50 vekst | 2 døgn | 125.000 | |
| <i>Selenastrum capricornutum</i> | EC50 vekst | 14 døgn | 135.000 | Gaur (1988) |

Tabell 2. Økotoksikologiske data for toluen henholdsvis for krepsdyr, fisk og alger.

Referanser til tabellen: Black, J.A., et al. (1982) NITS PB82-224601; Bobra, A.M., et al. (1983) *Chemosphere* 12, 1121; Call, D.J., et al. (1985) *Environ. Toxicol. Chem.* 4, 335; Gaur, J.P. (1988) *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 16, 617; Gluth, G., and Hanke, W. (1985) *Ecotoxicol. Environ. Safety* 9, 179; Hermens, J., et al. (1985) *Aquat. Toxicol.* 6, 209. Kuhn, R., et al. (1989) *Water Res.* 23, 501; Kuhn, R., and Pattard, M. (1990) *Water Res.* 24, 31; Ravindran, K. (1988) *Environ. Ecol.* 6, 705.

6. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

6.1. Toluen

Med basis i de forhold som er omtalt kan en alt med dagens utslipp nå opp i terskelverdier som er påvist akutt giftige for røye. Grensen kan nås ved lav vannføring, dersom hele det angitte tapet av toluen når Glomma og forblir oppløst i vannmassene. Utvidelse av produksjonen vil medføre at skadelig nivå kan bli nådd også ved midlere vannføring.

Midlertidig vannkvalitetskriterium forslås fastsatt til 20 mikro-g/l og praktiseres som øvre grense for 4-døgns midlere konsentrasjon på en prøvestasjon umiddelbart etter innblanding i resipienten (CCC = Criterion Continuous Concentration). Kriteriet tilsvarer den laveste konsentrasjonen som er rapportert å gi akutte gifteffekter overfor fisk. Det er her ikke lagt inn vanlig sikkerhetsmargin med henvisning til at toluen på grunn av høyt damptrykk antas å fordampe lett fra vann til atmosfære også nedstrøms utslippet i Glomma, med unntak for islagte perioder, som imidlertid er meget sjeldne i dette elveavsnittet.

Kriteriet for toluen vil ikke med sikkerhet kunne oppnås etter utvidelse av produksjonen med bygging av en ny fabrikk, med det utslippet av toluen som konsesjonssøknaden angir.

6.2. Kopper

Konsentrasjonene av kopper i Glomma utgjør idag isolert sett neppe en vesentlig trussel mot miljøet i elva. Tidligere utslipp har gitt et betydelig bidrag til de forhøyde sediment-konsentrasjoner i estuar- og fjord-området utenfor munningen av Glomma. Det er overveiende sannsynlig at disse nivåene har negativ innvirkning på bunnfaunaen i området.

Utslipper er imidlertid blitt betydelig redusert de senere årene, og økningen ved utvidet produksjon blir marginal i forhold til dagens utslipp og bakgrunnsnivået ved Sarpsfossen. Utvidelse av produksjonen antas ikke å være vesentlig for effektene av kopper.

Bidraget fra Borregaard vil nå utgjøre 10 - 15 % av tilførslene til den marine resipienten. De gjennomførte reduksjonene må antas å ville få en klart positiv effekt. Effektene av restutslippet på bunnfaunaen i området kan imidlertid ikke vurderes teoretisk, men må bygge på en fremtidig overvåking av situasjonen.

6.3. Videre undersøkelser og tiltak

Det knytter seg stor usikkerhet til de virkelige verdiene av toluen i Glomma nedenfor Borregaards utslipp. Det vil derfor være av interesse å klarlegge disse nærmere ved prøvetaking og analyse med bruk av adekvat metodikk (ned til pico-g/l) innen det stilles vilkår ved konsesjonen eller krav om rensing. Omfanget av tap til atmosfæren og mikrobiell nedbrytning i elva bør klarlegges.

Belastningen av toluen bør strengt tatt ikke vurderes isolert, men ses i sammenheng med utslippet av andre aromatiske hydrokarboner med lignende virkning. Ved en eventuell videreføring bør dette tas hensyn til i opplegget av analyseprogram.

Begge utslippskomponenter er meget giftige og nivåene kan ligge nær nivåer som er dokumentert å gi effekter i ferskvann. Mulige rensetiltak eller tiltak for ytterligere å redusere tapet fra prosessene bør derfor vurderes, både for toluen og kopper.

7. LITTERATURHENVISNINGER

- Devlin, E.W., et al. (1985) "Effect of toluene on Fathead Minnow (*Pimephales promelas* Rafinesque) development." *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 14, 595.
- Bakke, T., & Skjoldal, H.R. (1979). "Effects of toluene on the survival, respiration and adenylate system of a marine isopod." *Marine Poll. Bull.* 10.
- Hagen, L.O., Grønскеi, K.E., Haugsbakk, I., Haagenrud, S.E., & Sivertsen, B. (1983). "Basisundersøkelse i Sarpsborg og Fredrikstad. Fremdriftsrapport nr. 2 pr. 1. mars 1983. NILU OR 25/83, Lillestrøm.
- Holtan, H. (ed.) (1989). "Vannkvalitetskriterier for ferskvann." Statens Forurensningstilsyn, Rapport TA-630, Oslo.
- Lithner, G. (1989). "Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag. Bakgrundsdocument 2. Metaller." Statens Naturvårdsverk, Rapport 3628, Stockholm. Pp. 80.
- Løvstad, Ø., Hauger, T., Vallner, P., & Bjørndalen, K. (1988). "Vassdrag og kystområder. Overvåkning 1987." Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernavdelingen, Rapport 6-1988, Fredrikstad.
- Konieczny, R.M. (1990). "Utslipp av natrium-saltmelte til Glomma - en resipientvurdering." NIVA-rapport nr. 2467, Oslo. Pp. 23.
- Knutzen, J., & Skei, J. (1990). "Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet." NIVA-rapport nr. 2540, Oslo. Pp. 139
- Rygg, B., & Skei, J. (1984). "Correlation between pollutant load and the diversity of marine soft-bottom fauna communities." *In: Proceedings of the International Workshop on Biological Testing of Effluents (and Related Receiving Waters).* OECD/U.S.EPA/Environ. Canada. Pp. 153-183.
- Rygg, B. (1984). "Økologiske skadevirkninger av kopperforurensing i det marine miljø." *Vann* 4, 464-474.
- Thomas, R.E., and Rice, S.D. (1986) "The effects of salinity on uptake and metabolism of toluene and naphthalene by Dolly Varden, *Salvelinus malma* (Limnephilidae)." *Mar. Environ. Res.* 18, 203.
- SFT/SNV ((1991). "Overvåkning av svensk-norske grensefarvann. Sammendragsrapport." Statens Forurensningstilsyn & Statens Naturvårdsverk, Rapport 445/9 - TA 741/91, Oslo/Stockholm. Pp. 29.
- Skei, J. (1987). "Borregaard Industries Limited. Undersøkelser av kvikksølv i bunnsedimenter ovenfor og nedenfor Sarpsfossen i Glomma, 1986." NIVA-rapport nr. 1971. Pp. 15.
- Skei, J., & Bokn, T. (1989). "Kronos Titan A/S. Overvåkning av vannkvalitet, bunnsedimenter og miljøgifter i organismer i nedre Glomma (Greåker-Løperen) 1986-87. Biologiske effekter av utslipp registrert i felt og ved eksperimenter. Oppsummering." NIVA-rapport nr. 2287. Pp. 40.
- Steinnes, E., Hovind, H., & Henriksen, A. (1989). "Heavy metals in Norwegian surface waters, with emphasis on acidification and atmospheric deposition." Pp. 36-39. *In: Vernet, J.P. (ed.). "Heavy metals in the environment."* Vol. 1, CEP Consultants Ltd., Edinburgh.

Thomas, R.E., & Rice, S.D. (1979). "The effect of exposure temperatures on oxygen consumption and opercular breathing rates of pink salmon fry exposed to toluene, naphthalene, and water-soluble fractions of Cook Inlet crude oil and No. 2 fuel oil." In: Vernberg, W.B., Thurberg, F.P., Calabrese, A., and Vernberg, F.J. (eds.). "Marine Pollution; Functional Responses." Academic Press, N.Y., p.39.

Thomas, R.E., & Rice, S.D. (1986). "The effects of salinity on uptake and metabolism of toluene and naphthalene by Dolly Varden, *Salvelinus malma*." *Mar. Environ. Rés.* 18, 203.

Verschueren, K. (1983). "Handbook of environmental data on organic chemicals." 2.nd. ed. , Van Nostrand Reinhold Co., N.Y. Pp. 1103-1108.

Vestal, R., et al. (1984). "Effects of hydrocarbons on aquatic microorganisms." In: R.M. Atlas (ed.); "Petroleum Microbiology", MacMillan Publ. Co., New York, N.Y.

Wathne, B.M. (1983). "Measurements of benzene, toluene and xylenes in urban air." *Atmosph. Environ.* 17, 1713-1722.

Wathne, B.M. (1986). "Løsemidler i utslipp og omgivelser ved Helly Hansen A/S i Moss." NILU OR 33/86, Lillestrøm. Pp. 43.

WHO (1985). "Environmental Health Criteria 52. Toluene." World Health Organization, Geneva. Pp. 146.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-2001-1