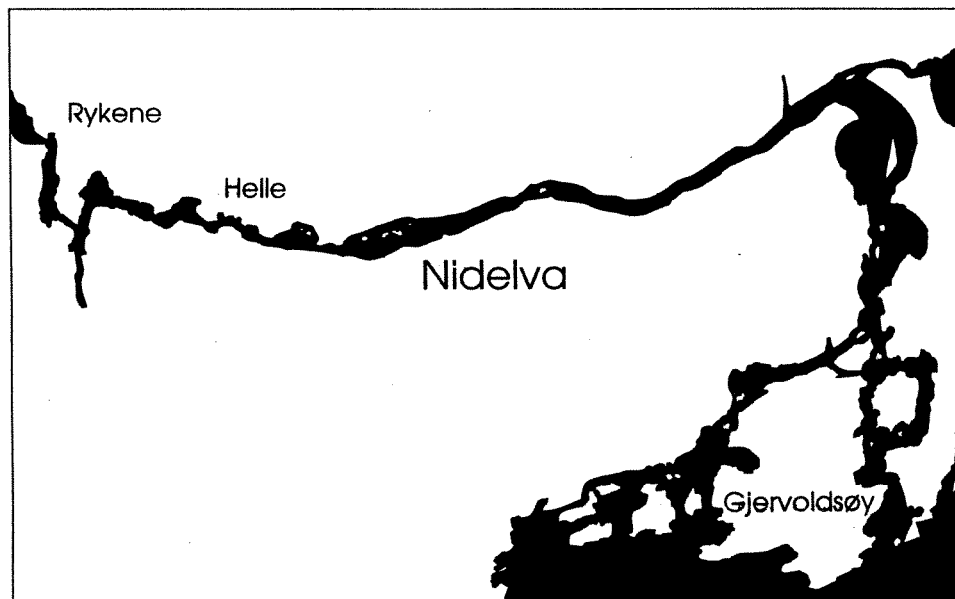


O-93171

Bakteriologisk undersøkelse i Nidelva, Aust-Agder 1993



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-93 171	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3029	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0411 Oslo	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Bakteriologisk undersøkelse i Nidelva Aust-Agder 1993	Dato: 7/3/94	Trykket: NIVA 1994
	Faggruppe: Gen. vassdragsundersøk.	
Forfatter(e): Tone Jacobsen	Geografisk område: Aust-Agder	
	Antall sider: 20	Opplag: 70

Oppdragsgiver: Arendal kommune, Rygene-Smith & Thommesen A/S	Oppdragsg. ref.:
--	-------------------------

Ekstrakt: Undersøkelsen viste svært høye konsentrasjoner av termotabile koliforme bakterier (TCB) og *Klebsiella* i nedre del av Nidelva sommeren 1993. De høye bakteriekonsentrasjonene ble også funnet i prosessvannet til tremassebedriften Rygene-Smith & Thommesen, som har utslipp til elva. Resultatene tyder på at det var kraftig vekst av *Klebsiella*-bakterier i et sedimenteringsbasseng hos tremassebedriften og at de forårsaket høye bakterietall i nedre del av Nidelva. *Klebsiella*-bakterier er naturlige nedbrytere av plantemateriale og det er kjent at de kan opptre i svært høye konsentrasjoner i prosessvann til treforedlingsbedrifter. Termotabile stammer av *Klebsiella* kan dessuten komme frem i analyser av termotabile koliforme bakterier (TCB), og er trolig årsaken til høye bakterietall av også TCB.

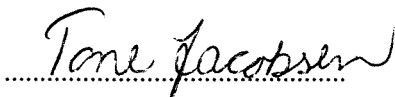
4 emneord, norske

1. Nidelva
2. *Klebsiella*
3. Tremassebedrift
4. Badevannskvalitet

4 emneord, engelske

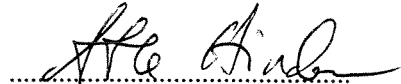
1. Nidelva
2. *Klebsiella*
3. Pulp mill
4. Bathing water

Prosjektleder



Tone Jacobsen

For administrasjonen



Atle Hindar

ISBN-82-577-2489-0

NIVA - SØRLANDSAVDELINGEN

O-93171

**BAKTERIOLOGISK UNDERSØKELSE I NIDELVA
AUST-AGDER
1993**

Grimstad, 7. mars 1994
Prosjektleder: Tone Jacobsen
Medarbeidere: Øyvind Solberg

FORORD

Denne undersøkelsen er utført av NIVA Sørlandsavdelingen på oppdrag fra Arendal kommune og Rygene-Smith & Thommesen A/S. Undersøkelsen ble gjennomført for å kartlegge bakterieforholdene i nedre del av Nidelva (nedenfor Rykene) og for å finne kilden til bakteriene.

Øyvind Solberg har stått for innsamling av vannprøvene.

Prøvene ble analysert ved NIVA's laboratorium i Oslo og ved Næringsmiddeltilsynet i Aust-Agder. Begge laboratoriene samt Kari Ormerod ved SIFF takkes for opplysninger og hjelp i prosjektperioden.

Vi takker også Erik Andreassen ved Arendal kommune og Odd Sandtveit ved Rygene-Smith & Thommesen for velvillig samarbeid.

Tone Jacobsen
Prosjektleder

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. Sammendrag og konklusjoner	4
2. Innledning	6
2.1 Bakgrunn for undersøkelsen	6
2.2. Undersøkellesområdet	7
2.3. Forurensningstilførsler	7
2.4 "Problem-bakterier" i vannmasser.	7
2.2.1. Termostabile koliforme bakterier (TCB)	8
2.2.2. Fekale streptococcer	8
2.2.3. Klebsiella	8
3. Metoder	9
3.1. Prøvetakingsstasjoner	9
3.2 Innsamling og analysering	10
4. Resultater	12
4.1. Bakteriemengder sommeren 1993	12
4.2. Temperatur	14
4.3. Badevannskvaliteten	14
5. Vurderinger	16
6. Referanser	20

1. Sammendrag og konklusjoner

Sommeren 1993 ble avløpsvann fra tremassefabrikken Rygene-Smith & Thommesen og vannmassene i Nidelva analysert for "termostabile koliforme bakterier" (TCB), *Klebsiella* sp. og "fekale streptococcer". Undersøkelsen ble gjennomført for å finne årsaken til de høye bakterietallene (TCB) som tidligere er registrert i nedre del av Nidelva, både før og etter sanering av kloakkutslipp.

Analysen av termostabile koliforme bakterier (TCB) brukes for å påvise kloakkforurensning i en vannresipient. Antall bakterier tolkes normalt som tarmbakterien *Escherichia coli*, som er en indikator-bakterie for kloakkforurensning. Det er imidlertid kjent at i enkelte tilfeller kan analysen for TCB omfatte også andre bakterier enn *E. coli* og gi inntrykk av høy kloakkpåvirkning. En av disse bakteriene er *Klebsiella pneumoniae*, som kan forekomme i høye konsentrasjoner i treforedlingsindustrien. For å se nærmere på kilden til bakteriene i Nidelva ble det derfor i denne undersøkelsen analysert både for TCB og *Klebsiella*. I tillegg er det gjort analyser av fekale streptococcer, som også er indikator på kloakkforurensning.

I fellesferien (uke 30) var bakterietallene lave ved alle prøvetakingsstasjonene (under 10 bakterier pr. 100 ml), for å øke raskt umiddelbart etter fellesferien. I løpet av en uke hadde samtlige stasjoner i avløpsvannet og elvevannet nedenfor Rykene over 30 000 TCB og *Klebsiella* pr. 100 ml. Kravet til godt badevann er bakteriekonsentrasjoner på under 50 TCB pr 100 ml, og elva måtte karakteriseres som betydelig forurensset i siste del av måleperioden. Antall "fekale streptococcer" var lavt i forhold til mengden termostabile koliforme og *Klebsiella*, og varierte mellom 2 og 430 pr. 100 ml i avløpsvannet til bedriften og 0 - 6 pr. 100 ml i elvevannet.

Resultatene fra den rutinemessige badevannsundersøkelsen viste samme trenden for Nidelva med lave bakterietall i slutten av fellesferien og økning etter fellesferien.

De høye bakterietallene kom frem både ved testing av TCB og ved testing av termostabile *Klebsiella*. De høye bakterietallene ble funnet både i prosessvannet og i elvevannet, men ikke i elva ovenfor Rykene. Dette tyder på at det høye antallet TCB som ble målt i Nidelva sommeren 1993 ikke primært skyldes kloakkutslipp, men vekst av andre termostabile bakterier i avløpsvannet til tremassebedriften Rygene-Smith & Thommesen. Mange av de termostabile bakteriene var av *Klebsiella* typen. *Klebsiella*-bakterier er en naturlig nedbryter av plantemateriale og kommer vanligvis inn i treforedlingsbedriftene med jord og tremateriale. Under gunstige forhold kan disse bakteriene formere seg i prosessvannet. Også andre bakterier kan ha vært tilstede i prosessvannet og elvevannet og bidratt til de høye bakterieverdiene.

Årsaken til den kraftige bakterieøkningen i Nidelva i 1993 i forhold til tidligere år er trolig knyttet til et nytt sedimenteringsbasseng for flis som ble tatt i bruk hos Rygene-Smith & Thommesen i 1993. Sedimenteringsbassenget inneholdt organisk stoff og temperaturer opp mot 37-40°C, som sannsynligvis gir et godt vekstgrunnlag for termostabile *Klebsiella*-bakterier.

Det kan ikke utelukkes at også kloakkutslipp kan medvirke til noe forhøyde bakteriekonsentrasjoner i elva. Overløp i kloakkpumpestasjoner langs elva vil som regel medføre overkonsentrasjoner av TCB nær utslippet. I årets undersøkelse har imidlertid tilstedeværelsen av store mengder *Klebsiella* kamuflert eventuelle bakterier fra kloakk.

Badevannskvaliteten vurderes etter antall TCB, og tar ikke hensyn til at i enkelte tilfeller kan bakteriene komme fra andre kilder enn kloakk. Badevannskvaliteten i nedre del av Nidelva sommeren 1993 blir derfor klassifisert som **ikke egnet** i SFT's klassifisering av egnethet for friluftsbad og rekreasjon. De to siste ukene av fellesferien var imidlertid bakterietallene lave, og i denne perioden var vannet stort sett **godt egnet** som badevann. I de foregående årene har badevannskvaliteten i badesesongen vært **egnet** og **mindre egnet**. Også disse årene var badevannskvaliteten best i fellesferien når det ikke var produksjon hos Rygene-Smith & Thommesen A/S. Badevannskvaliteten i Nidelva ser derfor ut til å variere med produksjonsperioden til tremassebedriften.

I forbindelse med tiltak som nå settes igang for å redusere bakteriemengden i Nidelva bør det gjøres oppfølgende undersøkelser for å dokumentere effektene av tiltakene. Undersøkelsene bør omfatte bakteriologiske analyser av TCB og *Klebsiella* for å ha sammenligningsgrunnlag med tidligere undersøkelser. Videre bør det kartlegges nærmere hvilke bakterietyper som dominerer vannmassene i bedriften og i elva.

2. Innledning

2.1 Bakgrunn for undersøkelsen

Gjennom flere år er det målt relativt høye konsentrasjoner av termostabile koliforme bakterier (TCB) ved standard analysetester i nedre del av Nidelva ved Arendal. Også etter sanering av kloakkutslippene til elva ble det målt overkonsentrasjoner av bakterier, med opptil 1000 TCB pr. 100 ml vannprøve (badevannsundersøkelsene, Fylkesmannen i Aust-Agder). Ifølge SFT's klassifisering av egnethet for friluftsbad og rekreasjon er nedre del av Nidelva til tider **mindre egnet** som badevann. Dette skaper konflikter med friluftssider siden denne delen av Nidelva er et mye brukt rekreasjonsområde, både av fastboende og av turister. To campingplasser ligger ved elvebredden, og de tre utløpene til sjøen brukes av mange båtturister. Ved andre badeplasser i kommunen er badevannskvaliteten god.

Det har lenge vært spekulert på hva som er kilden til bakteriene, ettersom nedre del av Nidelva ikke mottar kjente, større kloakkutslipp. Høsten 1991 ble det gjort en tilleggsundersøkelse til de rutinemessige badevannsundersøkelsene for å sjekke mistanken til miljøvernrådgiver Erik Andreassen i Arendal kommune om at de høye bakterietallene skyldes *Klebsiella* bakterier som kan opptre i tilknytning til flis- og tremateriale. Undersøkelsen viste bare små konsentrasjoner av termostabile *Klebsiella* i forhold til TCB. NIVA ble deretter engasjert for å se nærmere på mulige kilder til bakteriene i nedre del av Nidelva, og gjennomførte en bakteriologisk undersøkelse sommeren 1992 (Jacobsen 1993). Prøvetakingsstasjonene ble plassert slik at de dekket mulige tilførselskilder som elvetilløp, pumpestasjoner og avløp fra tremassebedrift og kraftverk. Det ble kun analysert for TCB i denne undersøkelsen. Flere forhold pekte mot avløpsvannet fra tremassebedriften Rygene-Smith & Thommesen A/S som en mulig kilde til bakteriene. Perioder med høye bakteriemengder sammenfalt med produksjonsperioden til bedriften, mens ved produksjonsstans var bakterietallene lave.

Det ble besluttet å gå videre med en ny undersøkelse i 1993 og konsentrere prøvetakingen rundt avløpsvannet til tremassebedriften og området ved tunnel-utløpet ved Helle. Undersøkelsen skulle omfatte analyserer for både *Klebsiella* og TCB for å skille mellom bakterier fra kloakkutslipp og bakterier knyttet til trematerialer. Den foreliggende rapporten er resultatet av dette arbeidet.

Mål for undersøkelsen

Formålet med den foreliggende undersøkelsen har vært å:

- kartlegge bakterieforholdene i prosessvannet til tremassebedriften Rygene-Smith & Thommesen og i ellevannet, både m.h.p. mengder og forholdet mellom termostabile koliforme bakterier (TCB) og *Klebsiella*.
- finne kilden til bakteriene

2.2. Undersøkelsesområdet

Nidelva er en del av Arendalsvassdraget, og har sin begynnelse i Telemark. Bare de siste kilometrene av elva; strekningen fra Rykene til utløpet, omhandles av denne undersøkelsen. Utløpet deler seg i tre slik at det er tre mindre utløp i Arendalsregionen; to ved Gjervoldsøy og ett ved Strømsbru/Hølen (Figur 1).

Vanlig minstevannføring i Nidelva om sommeren er ca. 40 m³/s, mens vannføringen i flomperioder kan komme opp i 170 m³/s.

Ved Rykene er elva demmet opp, og på hver sin side av elva ligger Aust-Agder Kraftverk, avd. Rykene, og tremassebedriften Rygene-Smith & Thommesen A/S. Fra demningen på Rykene blir mesteparten av elvevannet ført gjennom kraftverkets turbiner og ledet via en tunnel til Helle på nedsiden av kraftverket og terskelområdet. Normal vannføring i tunnelen er ca. 100 m³/s mens vannføringen i selve elveleiet mellom Rykene og Helle er kun på 5 m³/s (opplysninger fra Aust-Agder kraftverk). Kraftverket har begrenset kapasitet og i flomperioder vil overskytende vann gå i terksleområdet. Avløpsvannet fra tremassebedriften Rygene-Smith & Thommesen (ca. 2.8 m³/min) blir ført til tunnelen og kommer ut i elveløpet ved Helle.

2.3. Forurensningstilførsler

Nedre del av Nidelva mottar ingen kjente, større kloakkutslipp, men enkelte hus har direkteutslipp til elva. Avløpsledninger og flere kloakkpumpestasjoner er lagt langs Nidelva og fører avløpsvann til rensanlegget på Utnes. Større lekkasjer i ledningsnettet eller overløp fra pumpestasjonene kan medføre forhøyde bakteriekonsentrasjoner i elvevannet.

Mindre kloakkutslipp som tidligere var koplet til tunnelen mellom Rykene og Helle er nå sanert og blir ført til det kommunale avløpsnettet.

Avløpsvannet fra Rygene-Smith & Thommesen A/S inneholder trefiber og mer eller mindre oppløste organiske rester. Et sedimenteringsbasseng som ble tatt i bruk sommeren 1993 har ført til betydelige reduksjoner i fiberutslippene.

Flere mindre elver og bekker har sine utløp til Nidelva, og kan representere mindre forurensningskilder.

2.4 "Problem-bakterier" i vannmasser.

Vannresipienter kan inneholde flere typer bakterier, avhengig av bl.a. tilførselskilder og naturlige forhold rundt resipienten. De viktigste bakteriene i forbindelse med badevann og drikkevann er tarmbakteriene ("koliforme bakterier") fordi de er indikatorer på kloakkforurensning og kan være sykdomsfremkallende. Forurensning med kloakk gir den største helsemessige risiko i vann.

Også industriutslipp kan medføre høye bakterietall i resipienten, og i enkelte tilfeller kan det være

vanskelig å skille ulike typer bakterier og hvor de kommer fra.

2.2.1. Termostabile koliforme bakterier (TCB)

For å påvise kloakkforurensning kan det analyseres for termostabile koliforme bakterier (TCB), hvor standard analysemetode er dyrking på m-FC medium ved 44°C. I de fleste tilfeller er TCB av typen *Escherichia coli*. Tarmbakterien *E. coli* finnes i store mengder i tarmen til både mennesker og dyr, og kan finnes i antall av flere millioner pr. g feces hos mennesker. *E. coli* dør raskt utenfor tarmen og vil forsvinne raskt etter et utslipp. Større mengder *E. coli* i en resipient indikerer derfor fersk fekal forurensning (kloakkutslipp).

I enkelte tilfeller kan andre termostabile bakterier komme frem i analysene for TCB og bli oppfattet som *E. coli*. Både *Enterobacter* og *Klebsiella* kan danne kolonier på m-FC medium som ikke skiller seg fra *E. coli* (Hendry et al. 1982, Ormerod 1987).

2.2.2. Fekale streptococcer

Fekale streptococcer er tarmbakterier som også finnes i stort antall i menneskers og varmblodige dyrs tarm. De fremkommer ved andre analysemetoder enn for de koliforme bakteriene. I mennesker er forholdstallet mellom *E. coli* og fekale streptococcer større eller lik 4:1, mens for andre pattedyr og fugler er forholdstallet mindre enn 1:1 (Berglund & Ormerod 1979). Ved å se på forholdet mellom de to bakterietypene kan man derfor få indikasjoner på om bakteriene stammer fra mennesker eller dyr.

2.2.3. Klebsiella

Klebsiella-bakterier finnes i en rekke miljøer i naturen og er bl.a. naturlige nedbrytere av plantemateriale. De kan finnes på frukt, grønnsaker, trematerialer og er ofte knyttet til akvatiske miljøer. Noen stammer av *K. pneumoniae* kan være nitrogenfikserende (N_2 til NH_3) under anaerobe betingelser.

- *Klebsiella pneumoniae* kan oppstå i store mengder i prosess- og avløpsvann fra treforedlingsindustri (Sparell et al. 1986, Caplenas et al. 1981, Hendry et al. 1982). Organisk innhold i avløpsvannet samt høye temperaturer gir gode vekstforhold for denne bakterien og ved temperaturer på 27-45,5°C kan bakteriene bli termostabile. Bakteriemengdene kan komme opp i en million termostabile *Klebsiella* pr. 100 ml avløpsvann (Caplenas et al. 1981).

-Termostabile stammer fra treforedlingsindustrien kan fremkomme ved analysering for TCB (dvs. vanlige bakterietester for tarmbakterien *E. coli*) og gi uriktige konklusjoner om potensiell fra for fekal forurensning (Ormerod 1985, Stenström & Kühn 1988, Caplenas et al. 1981, Niemälä & Väätänen 1982).

- *K. pneumoniae* finnes også i avføringen til varmblodige dyr. Hos mennesker finnes den hos ca. 30-40 % av befolkningen, og kan hos enkelte komme opp i antall av millioner bakterier pr. gram avføring (Ormerod 1987, Stenström & Kühn 1988).

- Man finner *Klebsiella pneumoniae* i sykehus- miljøer, hvor de kan være sykdomsfremkallende og forårsake alvorlige infeksjoner som luftveis- og urinveisinfeksjoner (Woodward et al. 1979, Grimes

1991).

Det er som regel ulike stammer av *K. pneumoniae* i sykehusmiljø og i treforedlingsindustrien, og det er ikke bevist at sykdomsfremkallende stammer har formert seg i treforedlingsindustrien. Den sykdomsfremkallende betydningen av *Klebsiella*-stammer i akvatiske miljøer er sannsynligvis liten, men er fremdeles uklar (Woodward et al. 1979, Stenström & Kühn 1988, Hendry et al. 1982, Grimes 1991, Niemelä & Väätänen 1982).

3. Metoder

3.1. Prøvetakingsstasjoner

Prøvestasjonene omfatter både prosessvann fra treforedlingsbedriften Rykene -Smith & Thommesen og vannmassene i Nidelva som er resipient for utløpsvannet til bedriften. Se Figur 1 for plassering av stasjonene.

Stasjon 1. Prosessvann/avløpsvann: renseri (avbarking).

I "renseriet" blir tømmeret avbarket og vann fra denne prosessen inneholder derfor både bark og jordrester. Vannet fra renseri-prosessen overføres til et stort sedimenteringsbasseng (stasjon 2).

Stasjon 2. Prosessvann/avløpsvann: sedimenteringsbasseng.

Sedimenteringsbassenget rommer ca. 900 m³ og mottar prosessvann og overskuddsvann fra alle stadier i fremstillingen av tremasse. Bassenget har derfor både høyt innhold av flis/mindre trepartikler og høy temperatur. Om sommeren er temperaturen i sedimenteringsbassenget rundt 30 - 38 °C. Også om vinteren er temperaturen i sedimenteringsbassenget over 20 °C. I sedimenteringsbassenget synker større partikler til bunns og tappes ut, mens flytende partikler skimmes fra overflaten. Alt vann i sedimenteringsbassenget blir ført til tunnelen. Vannets oppholdstid i bassenget er gjennomsnittlig 6t.

Stasjon 3. Prosessvann/avløpsvann: utløpet til tunnel

Denne stasjonen dekker hovedsaklig vann fra sedimenteringsbassenget, men også eventuelt annet avløpsvann som går til tunnelen.

Stasjon 4 og 5. Sjakt ved Strubru og Helle (i tunnel)

To stasjoner ble lagt til selve tunnelen mellom Rykene dam og Helle for å omfatte vann fra både tremassebedriften og kraftverket. Begge stasjonene ble senere tatt ut av prøvetakingsprogrammet av vanskeligheter med selve prøvetakingen.

Stasjon 6. Oppstrøms tunnelens utløp ved Helle

Vannet her har ikke vært gjennom tunnelen, men kommer fra Rykene dam via det opprinnelige elveleiet. Temsevannet har sitt utløp til Nidelva på denne strekningen.

Stasjon 7. Nedstrøms tunnelens utløp ved Helle

Omfatter vannmasser både fra tunnellen og det naturlige elveleiet mellom Rykene og Helle.

Stasjon 8. Vippra bru.

Stasjonen ligger godt nedstrøms utslippet, ved et mye brukt badested. I tillegg til tunnellen har stasjonen andre mulige tilførselskilder til bakterier som overløp fra pumpestasjoner og bekker.

3.2 Innsamling og analysering

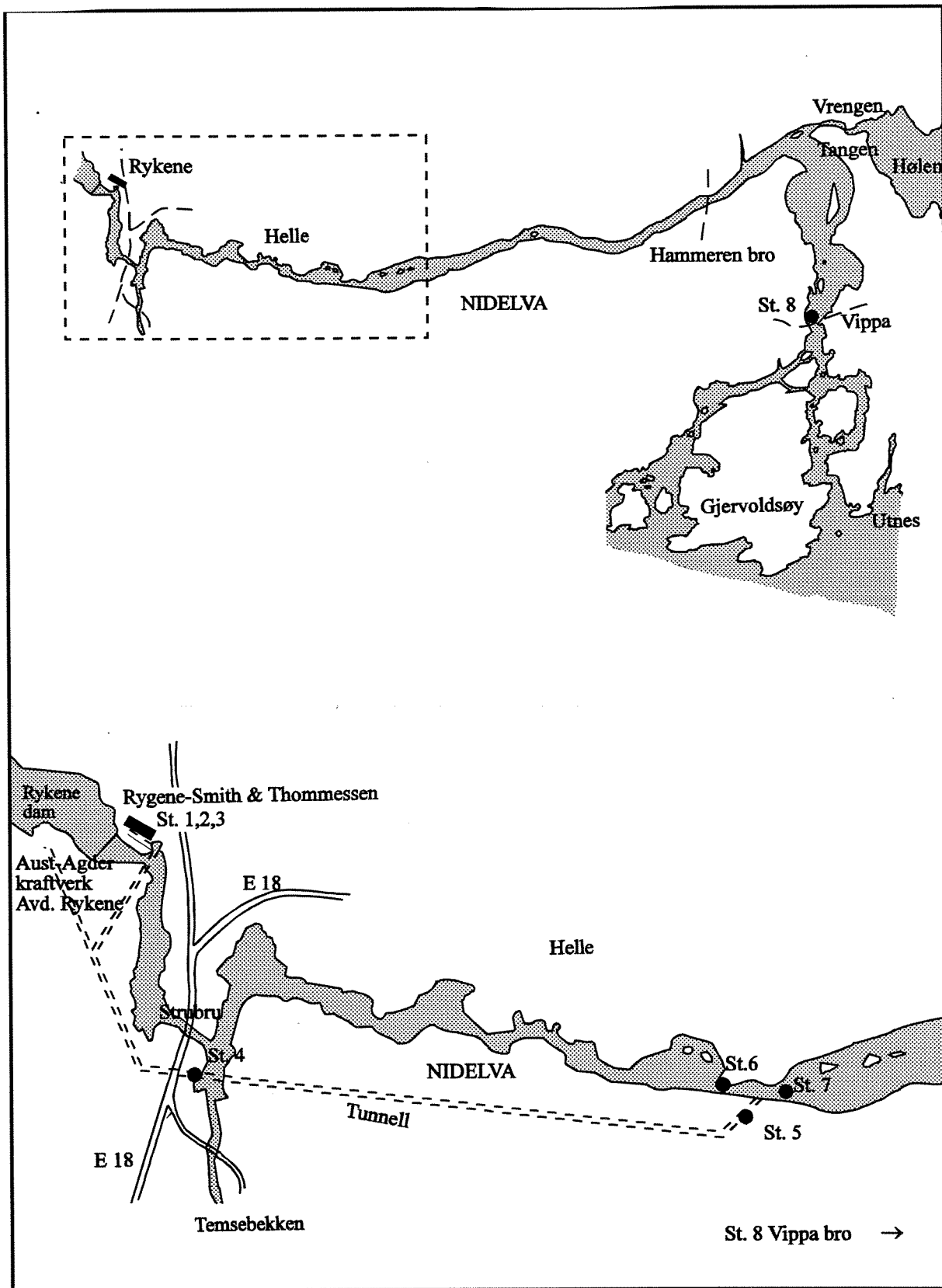
Vannprøver ble tatt to ganger i uken i perioden 28. juli - 18. august 1993 og analysert for tre bakterietyper:

- Termotabile koliforme bakterier (TCB)
- Termotabile *Klebsiella* sp.
- Fekale streptococcer.

Det ble analysert for *Klebsiella* for å undersøke om det i dette tilfellet var andre bakterier enn *E. coli* som kunne utgjøre TCB.

Prøvene ble analysert ved NIVA's laboratorium i Oslo og ved næringsmiddeltilsynet i Aust-Agder. Termotabile koliforme bakterier ble dyrket med membranfilterteknikk på m-FC medium ved 44,5°C. Dette er standard metode for bade- og drikkevann (NS 4792). *Klebsiella* ble dyrket på m-Kleb agar som beskrevet av Ormerod (1987). m-Kleb agar er et selektivt medium for *Klebsiella*. Fekale streptococcer er analysert som beskrevet i Norsk Standard.

Prøvetakingsperioden omfattet én uke av fellesferien for å omfatte situasjoner i elva når det ikke er produksjon ved bedriften Rykene-Smith & Thommesen. Prøvetaking under produksjonsstans (uke 30) omfatter derfor ikke selve prosessvannet (stasjon 1, 2 og 3).



Figur 1. Kart over nedre del av Nidelva med stasjonsplassering for de bakteriologiske undersøkelsene.

4. Resultater

4.1. Bakteriemengder sommeren 1993

Tabellene nedenfor viser resultater fra bakterieanalysene i perioden 28. juli - 18. august i Nidelva. Vannprøvene fra den første prøvetakingen (26. juli 1993) ble dessverre ødelagt på vei inn til Oslo, og det foreligger derfor ikke resultater fra denne datoen.

Den 28. juli (siste uka av fellesferien) var bakterietallene lave ved alle prøvetakingsstasjoner i Nidelva. De høyeste bakterietallene ble registrert ved Vippa med 8 termostabile koliforme bakterier, 8 *Klebsiella* og 4 fekale streptococcer pr. 100 ml. Det viser at vannkvaliteten var god m.h.p. bakterier. Det ble dessuten tatt prøver i selve tunnelen mellom Rykene og Helle ved denne datoen. Resultatene fra disse prøvene viser at det var svært få bakterier også her (Tabell 1).

I ukene etter fellesferien økte imidlertid bakterietallene og kom opp i over 30 000 pr. 100 ml ved flere stasjoner (Tabell 2). P.g.a. stor overvekst på dyrkningskålene ble ikke antallet anslått mer nøyaktig.

- Prosessvannet til Rykene-Smith & Thommesen (stasjon 1, 2 og 3) hadde over 30 000 termostabile koliforme og *Klebsiella* pr. 100 ml. i alle ukene etter fellesferien. Siste prøvetakingsdag var 18. august, og det var ikke tegn på reduksjon i bakterietallene. Antallet fekale streptococcer varierte mellom 2 og 430 bakterier pr. 100 ml.
- Også stasjonene 6, 7 og 8 i Nidelva hadde > 30 000 termostabile koliforme og *Klebsiella* i de fleste vannprøvene etter fellesferien. Mandagen etter fellesferien var bakterietallene ved de tre stasjonene forholdsvis lave, men i den etterfølgende perioden ble det målt over 30 000 bakterier ved alle tre stasjonene. Antallet fekale streptococcer i ellevannet var lavt (mellom 0 og 6 pr. 100 ml).

Tabell 1. Antall bakterier i tunnelen og ellevannet i Nidelva i **fellesferien** (28. juli 1993, uke 30).

	TUNNEL		ELVEVANN		
	St. 4 Strubru	St. 5 Helle	St. 6 Oppstrøms utløp	St. 7 Nedstrøms utløp	St. 8 Vippa
Uke 30, 28. juli 1993					
Termostabile koliforme (TCB)	2	2	1	1	8
Termostabile <i>Klebsiella</i>	2	1	0	3	8
Fekale streptococcer	0	0	0	0	4

Tabell 2. Bakterietall fra 6 stasjoner i Nidelva i august 1993 (etter fellesferien). Konsentrasjoner som overskrider 200 TCB pr. 100 ml er markert.

Uke	Dato	PROSESSVANN			ELVEVANN		
		St. 1 Renseri	St. 2 Sedimenterings- basseng	St. 3 Utførsels- vann	St. 6 Oppstrøms utløp	St. 7 Nedstrøms utløp	St. 8 Vippa
TERMOSTABILE KOLIFORME							
31	02-Aug	> 30 000	> 30 000	> 30 000	2	4	4
31	04-Aug	> 30 000	> 30 000	> 30 000	18	> 30 000	> 30 000
32	09-Aug	> 30 000	> 30 000	> 30 000	2	> 30 000	10
32	11-Aug	> 30 000	> 30 000	> 30 000	> 30 000	> 30 000	> 30 000
33	16-Aug	> 30 000	> 30 000	30*	20 000	20 000	> 30 000
33	18-Aug	> 30 000	> 30 000	> 30 000	> 30 000	> 30 000	> 30 000
KLEBSIELLA SP.							
31	02-Aug	> 30 000	> 30 000	> 30 000	2 400	1 800	400
31	04-Aug	> 30 000	> 30 000	> 30 000	4 300	33 000	> 30 000
32	09-Aug	> 30 000	> 30 000	> 30 000	10 000	10 000	10 000
32	11-Aug	> 30 000	> 30 000	> 30 000	> 30 000	> 30 000	> 30 000
33	16-Aug	> 30 000	> 30 000	> 30 000	> 30 000	> 30 000	> 30 000
33	18-Aug	> 30 000	> 30 000	> 30 000	> 30 000	> 30 000	> 30 000
FEKALE STREPTOCOCCER							
31	02-Aug	6	6	40	2	2	2
31	04-Aug	310	400	2	2	2	2
32	09-Aug	60	20	100	2	6	2
32	11-Aug	70	270	430	3	3	4
33	16-Aug	20	120	90	1	2	2
33	18-Aug	20	30	90	2	1	0

* Trolig en skrivefeil fra analyseringen. Kan regne med at det var over 30 000 TCB pr. 100 ml også her.

Ifølge fylkets badevannsundersøkelse var det høye bakterietall også før fellesferien. Målingene som startet i uke 25 (juni) viste overvekst av bakterier (> 300 bakt. /100 ml) fra Helle til utløpet i hele prøvetakingsperioden. Det var kun de to siste ukene av fellesferien at bakterietallene var lave (Tabell 3). Stasjonen på Rykene viste stort sett lave bakterietall i hele perioden, og samsvarer med resultater fra foregående år.

Tabell 3. *Termostabile koliforme bakterier (TCB) i Nidelva sommeren 1993. Alle målingene fra Rykene og Hammeren, og fra de øvrige stasjonene i ukene 25 - 29 er tatt fra den rutinemessige badevannsundersøkelsen i fylket (Fylkesmannen i Aust-Agder, MVA).*

Uke	Mnd.	Rykene	Prosessvann	Helle	Hammeren	Vippa	
25	juni	-	-	-	>300	> 300	
26	juni/juli	3	-	>300	>300	1	
27	juli	-	-	>300	>300	>300	
28	juli	0	-	>3 000	>3 000	>3 000	
29	juli	<10	-	<10	<10	220	Fellesferie
30	juli	6	-	5	6	12	
31	august	15	>30 000	4 - 30 000	2	4 - 30 000	
32	august	7	>30 000	>30 000	>3 000	10 - 30 000	
33	august	4	>30 000	20 000	> 300	> 30 000	
34	august	> 300	-	> 300	> 300	> 300	

4.2. Temperatur

Temperaturen i elvevannet (overflaten) varierte mellom 15°C og 17,5°C i prøvetakingsperioden. Temperaturen var høyest i juli og sank gradvis til 15°C mot midten av august.

Hos Rykene-Smith & Thommesen var temperaturen i sedimenteringsbassenget og i avløpsvannet til tunnelen ca. 34,0 - 36,5°C.

4.3. Badevannskvaliteten

Badevannskvaliteten vurderes blant annet etter innholdet av tarmbakterier i vannet, d.v.s. innholdet av termostabile koliforme bakterier. Forekomst av slike tarmbakterier indikerer fersk fekal forurensning og kan representere en helserisiko ettersom sykdomsfremkallende tarmbakterier også kan følge med forurensningen.

Kravet til **godt badevann** fra Statens Institutt for Folkehelse (SIF) er et geometrisk middeltall på under 50 *E.coli* pr. 100 ml for minst 5 prøver tatt i en 30 dagers periode (i badesesongen). Bakterieinnholdet kan bare overskrides med inntil 100% for høyst 10% av prøvene. I de foregående rapportene fra Nidelva er badevannskvaliteten vurdert etter dette kravet.

Et nytt system for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann er nå utarbeidet av Statens forurensningstilsyn. Klassifiseringssystemet setter kriterier både for bestemmelse av vannforekomstens tilstand, forurensningsgrad og egnethet for ulike bruksmål (SFT 1992). Ved klassifisering av vannets egnethet for friluftsbad og rekreasjon inngår bl.a. tarmbakterier (termostabile koliforme) som en av parametrene. Klassifiseringen omfatter en gradering av badevannskvaliteten, men grensen for **godt badevann** er også her satt til < 50 TCB pr. 100 ml.

Egnethet for friluftsbad og rekreasjon (SFT 1992):

Antall TCB /100 ml	Klasse:
< 50	Klasse 1: Godt egnet
50 - 200	Klasse 2: Egnen
200 - 1000	Klasse 3: Mindre egnet
> 1000	Klasse 4: Ikke egnet

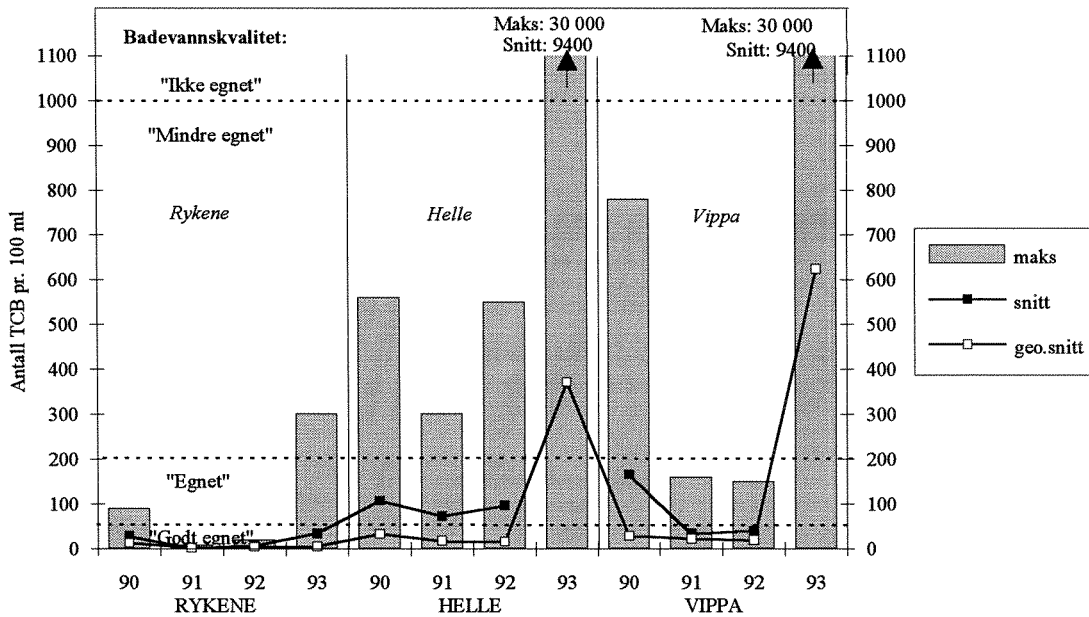
Bruk av SFT's klassifiseringssystem på målingene av termotabile koliforme bakterier i Nidelva sommeren 1993 tilsier at vannet nedenfor Rykene var "ikke egnet" som badevann sommeren 1993 (Tabell 3). Bakteriemengdene var imidlertid noe varierende, og de to siste ukene av fellesferien var vannet "godt egnet" som badevann.

Sammenlignes resultatene med de tre foregående årene ser man en forverring av badevannskvaliteten i 1993. I både 1991 og 1992 var vannet ved Vippa "egnet" som badevann. Også ved Helle var elvevannet stort sett egnet som badevann i 1991 og 1992, men enkelte høye målinger medfører en badevannskvalitet av klasse 3 for badesesongen generelt (Tabell 3). Badevannskvaliteten i 1990 var noe dårligere enn i 1991 og 1992.

Gjennomsnittsverdiene og høyeste målte maksimumsverdi for de fire årene viser den kraftige økningen i bakteriemengden fra 1992 til 1993 (Figur 2). Bakteriemengdene ved Rykene har imidlertid vært lave alle årene. Store forskjeller mellom gjennomsnittsverdier og høyeste maksimumsverdier viser at bakteriemengden varierer sterkt over sommeren.

Tabell 3. Klassifisering av badevannet i nedre del av Nidelva i 1990 - 1993. Klasse 1 = godt egnet, klasse 2 = egnet, klasse 3 = mindre egnet, klasse 4 = ikke egnet.

	1990	1991	1992	1993
Rykene	2	1	1	2
Helle	3	3	3	4
Vippa	3	2	2	4



Figur 2. Bakteriekonsentrasjonen på tre stasjoner i Nidelva i sommerhalvårene 1990 - 1993. Kolonnene viser den høyeste enkeltverdien målt ved stasjonene, mens punktene viser det aritmetiske og geometriske gjennomsnittet. De stiplede, horisontale linjene viser grenseverdiene mellom "godt egnet", "egnet" og "mindre egnet" badevann (SFT 1992).

5. Vurderinger

Bakterietyper

Vannprøvene gav utslag for både store mengder termostabile *Klebsiella* sp. og termostabile koliforme bakterier (TCB). Man vet fra tidligere erfaringer at analyser for termostabile koliforme bakterier også kan omfatte *Klebsiella*-stammer, selv om de termostabile koliforme bakteriene vanligvis tolkes som tarmbakterien *E. coli*. Funn av store mengder termostabile *Klebsiella* i Nidelva sommeren 1993 tyder derfor på at de termostabile koliforme bakteriene helt eller delvis bestod av *Klebsiella* sp. Overvekst på bakterieskålene (for liten fortyning av prøvene) medførte at man ikke kunne si med sikkerhet hvor stor andel av bakteriene som var *Klebsiella* og hvor stor andel som var andre termostabile bakterier i denne undersøkelsen. I en tidligere undersøkelse i Nidelva fant man at *Klebsiella* utgjorde kun en liten del av de termostabile koliforme bakteriene (Badevannsundersøkelsen 1992).

I undersøkelser fra andre treforedlingsbedrifter har andelen *Klebsiella* vært høy. En undersøkelse fra en treforedlingsbedrift i USA viste at i vann fra avbarking og oppkutting av tømmeret var antallet termostabile koliforme bakterier fra 10^2 - 10^6 pr. 100 ml. Opptil 75% av de termostabile koliforme bakteriene var av typen *Klebsiella pneumoniae* (Caplenas et al. 1981). Også i andre tilfeller er det funnet kraftig vekst av *Klebsiella pneumoniae* i tilknytning til treforedlingsbedrifter, og *Klebsiella* har utgjort opptil 95% av de termostabile koliforme (Niemiälä & Väätänen 1982).

Klebsiella pneumoniae er den arten som oftest er funnet i tilknytning til treforedlingsindustrien, og det er derfor mest sannsynlig at det var denne *Klebsiella*-arten som hadde stor vekst i Nidelva

sommeren 1993. *Klebsiella pneumoniae* er en naturlig nedbryter av plantemateriale og kommer inn i treforedlingsbedriftene med trematerialene eller jord.

Eventuelle resterende termostabile bakterier som ikke er *Klebsiella* kan bl.a. være andre *Klebsiella*-arter, *E. coli* og *Enterobacter* (Ormerod 1987, Hendry et al. 1982). Av disse artene er det kun rapportert at *E. coli* har hatt vekst i treforedlingsindustri (Niemi et al. 1987). Fordelingen mellom ulike termostabile bakterier vil nok variere over tid, men undersøkelsen i Nidelva fra 1992 viser at også andre termostabile bakterier enn *Klebsiella* kan dominere elvevannet. Kilden til disse bakteriene kan både være industriutslipp og andre utslipp.

Kilde til bakteriene

Høye bakteriekonsentrasjoner ble registrert både i elvevann og i avløpsvann fra tremassebedriften Rygène-Smith & Thommesen, men ikke fra Rykene dam. Det tyder på at bakteriene stammet fra tremassebedriften.

Resultatene viste også at de høye bakteriekonsentrasjonene var knyttet til produksjonsperioden i tremassebedriften, mens i perioder uten produksjon var bakteriemengden lav. Fremstilling av tremasse omfatter mange ulike prosesser, og noen av prosessene kan gi vekst av bakterier. Andre prosesser har for høy temperatur for overlevelse og vekst av bakterier. Avbarkings- og oppkuttingsprosessen foregår ved temperaturer hvor *Klebsiella*-bakterier overlever og inneholder dessuten flis og tremateriale som er næring for bakteriene.

Resultatene tyder på at det var kraftig vekst av bakterier i sedimenteringsbassenget. Bakteriene har trolig kommet inn i bedriften med tømmeret, og blitt ført til sedimenteringsbassenget bl.a. gjennom avbarkingsprosessen. I sedimenteringsbassenget har bakteriene hatt gode forhold for vekst, med mye næring og høy temperatur fra de ulike delprosessene. Sedimenteringsbassenget hadde temperaturer rundt 30-38°C sommeren 1993. Sammen med lang oppholdstid i bassenget (6 timer) og mye næring har dette trolig gitt gode forutsetninger for kraftig oppkonsentrering av bakterier. Vekst av bakterier i sedimenteringsbassenget medførte høye bakterietall også ved de andre prøvetakingsstasjonene i Nidelva.

Sedimenteringsbassenget ble bygd og tatt i bruk i 1993. Sedimenteringsbassenget var under testing og justering i begynnelsen av juni og kom i regulær drift fra 15. juni. Alle bakterieanalysene i 1993 ble derfor tatt etter at bassenget var i drift, og kan forklare den kraftige økningen i bakterier fra tidligere år til 1993. Det er ikke grunn til å tro at bakteriekonsentrasjonene har kunnet bli like høye tidligere, selv om mange av bakterietellingene har stoppet ved 300 TCB/100 ml.

Overflatetemperaturen i elvevannet var 15-18°C i prøvetaksingsperioden. Dette tilsier at *Klebsiella*-bakteriene kunne overleve i elva og dermed bli registrert langt nedstrøms fra utslippet. Det er også en viss mulighet for formering av bakteriene i resipienten under gunstige forhold med mye næring og høye temperaturer. Siden man ikke vet de eksakte bakteriekonsentrasjonene på stasjoner med ulik avstand til kilden, kan man hverken påvise fortykning eller eventuell formering av bakteriene i resipienten. Man ville imidlertid forvente å registrere en økende fortykning med avstanden til utslippsstedet. Om vinteren vil antakelig veksten av bakterier i sedimenteringsbassenget være mindre p.g.a. lavere temperatur, og bakteriene vil ikke kunne formere seg i elvevannet siden

temperaturen er under 10°C (Ormerod 1987).

Fekale streptococcer i avløpsvannet kan i likhet med *Klebsiella* skyldes vekst av disse bakteriene i sedimenteringsbassenget. Veksten av fekale streptococcer er i tilfelle svært liten. Tilstedeværelsen av fekale streptococcer kan også skyldes avføring fra dyr, f.eks. rotter. Bedriften opplyser at det til tider har vært rotter i bedriftsområdet.

Det har ikke vært rapportert større ukontrollerte utslipp av kloakk til Nidelva i den aktuelle perioden som kan forklare de høye bakterietallene. Det er heller ikke kjente kloakkutslipp til bedriften's prosessvann eller til tunnelen. Dette støtter teorien om at bakteriene har oppstått i prosessvann fra tremassebedriften og ikke har fekal opprinnelse.

En privatperson i Vrengen har opplyst at den 26/7 (uke 30) gikk pumpestasjonen i Vrengen i overløp, og kloakken var godt synlig i vannet. Badevannsundersøkelsen viste 1400 TCB pr. 100 ml i Bødkerbukt (Hølen) den aktuelle uken, mens de andre prøvetakingsstasjonene i Nidelva hadde lave bakterietall (< 15 TCB pr. 100 ml). Det tyder på at denne målingen kan skyldes overløp fra pumpestasjonen og ikke bakterier fra tremassebedriften som hadde driftsstans i uke 28 - 30. Overløp fra pumpestasjoner kan således bidra til noe forhøyde bakteriemengder i Nidelva.

Det ble ved flere anledninger registrert like høye bakteriemengder rett ovenfor tunnelutløpet ved Helle som nedenfor (stasjon 6 og 7). Det kan enten skyldes at det også er utslipp ovenfor tunnelutløpet eller at noe vann fra tunnelen føres oppstrøms elva. Det er ikke kjennskap til større kloakkutslipp mellom tunnelutløpet og Rykene som kan forklare de høye bakterietallene her.

Rygene-Smith & Thommesen er nå igang med tiltak for å redusere vekst av bakterier i avløpsvannet.

Badevannskvalitet

Badevannskvalitet kan vurderes etter mange parametre, men ifølge SFT (Statens forurensningstilsyn) skal innhold av termotabile koliforme bakterier tillegges størst vekt av hygieniske grunner. Forekomst av slike tarmbakterier indikerer fersk fekal forurensning med risiko for at sykdomsfremkallende tarmbakterier også kan følge med forurensningen.

Andre parametre som bestemmer badevannskvaliteten er vannets innhold av næringssalter, organiske stoffer, miljøgifter og partikler. Høyt innhold av disse stoffene kan resultere i bl.a. høy algevekst, lite siktedyp og farge som gjør vannet uestetisk og lite tiltalende for friluftaktiviteter (SFT 1992).

De termotabile koliforme bakteriene omfatter under normale forhold hovedsakelig tarmbakterien *Escherichia coli*. Men enkelte andre bakterier kan også slå ut i disse testene og gi falske indikasjoner på fekal forurensning. *Klebsiella* hører til denne gruppen bakterier. Stammer av *Klebsiella pneumoniae* kan også være sykdomsfremkallende, selv om det er uklart hvilken betydning slike stammer har i vannresipienter.

Badevannskvaliteten vurderes etter antall TCB, og tar ikke hensyn til at i enkelte tilfeller kan bakteriene komme fra andre kilder enn kloakk. Selv om *Klebsiella* ikke har fekal opprinnelse, vil den derfor likevel inngå i badevannskriteriene ettersom den kan komme frem ved analysering for TCB. Ifølge badevannskriteriene var nedre del av Nidelva **ikke egnet** (klasse 4) som badevann i

deler av sommeren. I de foregående årene var badevannskvaliteten i badesesongen **egnet til mindre egnet** (klasse II - III). Badevannskvaliteten i Nidelva i 1993 ble trolig i stor grad bestemt av vekst av *Klebsiella* i tremassebedriften Rygene-Smith & Thommesen.

Videre arbeid

Det videre arbeidet bør konsentreres om aktuelle tiltak for å redusere bakteriemengden i avløpsvannet til bedriften og i elvevannet. Målet er å få en tilfredstillende badevannskvalitet i nedre del av Nidelva. Effektene av de tiltak som settes igang bør dokumenteres gjennom bakteriologiske undersøkelser, og omfatte analyser av både termostabile koliforme bakterier og *Klebsiella* som er "problembakteriene" i dette tilfellet. Det vil også gi sammenligningsgrunnlag med tidligere undersøkelser.

Det bør også gjøres videre undersøkelser for å kartlegge nærmere hvilke termostabile bakterietyper som forekommer i sedimenteringsbassenget og i elvevannet. De termostabile koliforme bakteriene som registeres kan både være *E. coli*, ulike *Klebsiella* -arter og andre bakterier i familien *Enterobacteriaceae*. Undersøkelsen har vist at *Klebsiella* forekommer i både elvevannet og avløpsvannet til bedriften, men man kan ikke utelukke andre typer bakterier, også fra andre kilder.

6. Referanser

- Berglund, L. og K. Ormerod 1979. Påvisning av fekale forurensninger i vann. *NIVA-rapport F-363*. 52 pp.
- Caplenas, N.R., M.S. Kanarek and P.Dufour 1981. Source and extent of *Klebsiella pneumoniae* in the paper industry. *Appl. Environ. Microbiology*, 779-785.
- Fylkesmannen i Aust-Agder 1991. Badevannsundersøkelsen i Aust-Agder 1990. *Rapport nr. 2*. 1991. ISSN 0800.8523. 35 pp.
- Fylkesmannen i Aust-Agder 1993. Badevannsundersøkelser i Aust-Agder 1992. *Notat nr. 1*. 1993.
- Grimes, D.J. 1991. Ecology of estuarine bacteria capable of causing human disease: A review. *ESTUARIES*. 1991. vol. 14, no. 4, pp. 345-360.
- Hendry, G.S., S. Janhurst and G. Horsnell 1982. Some effects of pulp and paper wastewater on microbiological water quality of a river. *Water Research*, Vol. 16, no. 7, pp. 1291-1295. July 1982. 3 Tab, 20 Ref.
- Jacobsen, T. 1993. Undersøkelse av bakterieinnholdet i Nidelva 1992. *NIVA-notat*. O-92 126.
- Niemälä, S.I. and P. Väättänen 1982. Survival in lake water of *Klebsiella pneumoniae* discharged by paper mill. *Appl. env. microbiol.* 264-269.
- Niemi, R.M., A.S. Niemelä, J. Mentu and A. Siitonen 1987. Growth of *Escherichia coli* in a pulp and cardboard mill. *Canadian Journal of Microbiology (Ottawa)*. 1987. Vol. 33, no. 6, pp. 541-545.
- Ormerod, K.S. 1985. Bakteriologiske analysemetoder. *Klebsiella*-bakterier. *NIVA-rapport F-498*. 28s.
- Ormerod, K.S. 1987. Hygienisk vannkvalitet. Belastning med *Klebsiella*- bakterier fra treforedlingsindustri. *NIVA-rapport F-509*. 54 s.
- SFT 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Kortversjon. (forfattere: H.Holtan, D.S. Rosland). *SFT-veiledning nr. 92:06*. 1992. 32 s.
- Sparell, L., L. Karlsson and G. Linfors 1986. *Klebsiella* in paper mill recipients. *Vatten (Stockholm)*. 1986. Vol. 42, no. 3, s. 227-231.
- Stenström, T.A. and I. Kühn 1988. Phenotypic variation within *Klebsiella pneumoniae*: a tool to trace sources of contamination in surface water. *Wat.Sci.Tech.* vol 20, 11/12, s. 429-431.
- Woodward, B.W., M. Carter and R.J. Seidler 1979. Most nonclinical *Klebsiella* strains are not *K. pneumoniae* sensu stricto. *Current Microbiology (New York)*. 1979. vol. 2, no. 3, s. 181-185.

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2489-0