


O-93103

Kloakkforurensning av to overvannledninger i Bergen karakterisert ved tarmbakterier



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Udemnr.:
O-93103	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3013	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173 Kjelsås	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Postboks 735
0411 Oslo	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9001 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:	Dato:	Trykket:
Kloakkforurensning av to overvannsledninger i Bergen karakterisert ved tarmbakterier	1.02.94	NIVA 1994
	Faggruppe:	Kommunal forurensning
Forfatter(e):	Geografisk område:	
Anders Hobæk	Bergen, Hordaland	
	Antall sider:	Opplag:
	18	60

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
Bergen kommune, Kommunalavd. teknisk utbygging, VA-seksjonen	

Ekstrakt:
Mengden kolibakterier langs to overvannsledninger som drenerer til henholdsvis Solheimsvannet og Tveitevannet er undersøkt ved lav vannføring i september, og ved høy vannføring i november 1993. Begge overvannsledninger er meget sterkt forurenset. Resultatene gir grunnlag for å peke ut problemområder der lekkasjer og/eller overløp fra kloaknettet forurenser overvannsledningene.

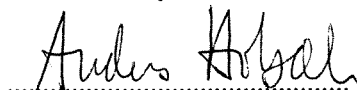
4 emneord, norske

1. Overvann
2. Forurensning
3. Tarmbakterier
4. Kloakk

4 emneord, engelske

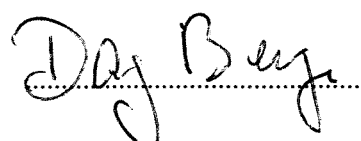
- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder



Anders Hobæk

For administrasjonen



Dag Berge

ISBN-82-577-2448-3

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
Vestlandsavdelingen

O - 93103

Kloakkforurensning av to overvannsledninger i Bergen
karakterisert ved tarmbakterier

Bergen, januar 1994

Prosjektleder: Anders Hobæk

SAMMENDRAG

To overvannsledninger er undersøkt ved lav og høy vannføring med henblikk på kloakkforurensning, ved å måle antall termotabile koliforme bakterier i avrenningsvann på strategiske punkter langs ledningene. Prøvetakingen ble utført 10. september og 17. november 1993.

Overvannsledning til Solheimsvannet er meget sterkt forurenset (forurensningsgrad 5) ved utløpet, men høye bakterietall i utløpet ble bare observert ved stor avrenning. De øverste bekkene er lite til moderat forurenset. Vannet renner delvis i åpen bekk ned til Natlandsveien. Ovenfor denne mottar den kloakktilsig fra flere områder. Ved samløp mellom to grener ved Lærerskolen er begge sterkt forurenset (forurensningsgrad 4), og bekken nedenfor holder samme nivå ned til Natlandsveien. Etter å ha krysset under denne, stiger antallet tarmbakterier kraftig, og forurensningsgraden er meget sterk (grad 5) i hele resten av hovedløpet. Tilførslene ved Natlandsveien/Christieparken skyldes både lekkasje- og overløpsproblemer. Overvannstunnelen fra Brann Stadion til Solheimsvannet mottar også kloakktilførsler ved stor avrenning, slik at konsentrasjonen av tarmbakterier stiger ytterligere. Det er sannsynlig at overløpsproblemer med kloakkledning ved St. Sunnivas vei og St. Olavsvei eller Inndalsveien forårsaker dette. Avrenning fra idrettsplassen på Stemmemyren inneholder mye jern, og dette preger overvannsledningen nedenfor.

Overvannsledningen til Tveitevannet er også meget sterkt forurenset (forurensningsgrad 5). Her ble høye bakterietall i utløpet påvist både ved lav og høy vannføring. Den samme forurensningsgraden gjelder for hovedledningen helt oppe fra Kolstibotn, der en overvannsledning fra Natlandsfjellet forurenser elven. Hovedledningen nedenfor forurennes ytterligere av en lang rekke forskjellige kloakktilsig, både via lekkasje og overløp fra kloakknett. Særlig markerte kloakktilførsler er påvist ved krysset Natlandsveien/Kolstien (lekkasje); langs overvannstunnelen Mannsverk - Nordahl Rolfsens vei (lekkasje og overløp); ved et bekkeinntak ovenfor Strimmelen (lekkasje); mellom Natlandsveien og Nordahl Rolfsens vei (lekkasje); og ledningsnett mellom Kristoffer Janssons vei og Tveitevannet. I det siste området har vi mange og store tilførsler, både til en sideledning og til overvannstunnelen mellom Adolf Bergs vei og Tveitevannet.

1. INNLEDNING

Bergen kommune startet i 1992 et program for resipientundersøkelser av vassdrag innen kommunen. Som en del av dette programmet inngår også analyser av bakteriell forurensning (tarmbakterier). En egen oversikt over tilstanden i vassdragene mht. bakterietilførsler er utarbeidet (Bjørklund og Johnsen 1993). Det ble her spesielt fokusert på eventuelle lekkasjer fra det kommunale kloakkledningsnettet.

Resultatene fra 1992 viste at flere vassdrag ble tilført betydelige mengder bakterier via elver og overvannsnettet. Her rapporteres en oppfølgende, mer omfattende undersøkelse i to av overvannsledningene som hadde høye bakterietall i 1992. Målsettingen med undersøkelsen var å lokalisere kildene til forurensning mer nøyaktig.

For oppfølgende undersøkelser i 1993 valgte oppdragsgiver to overvannsledninger tilhørende Fjøsanger-vassdraget. Den ene ledningen drenerer til Tveitevannet, den andre til Solheimsvannet.

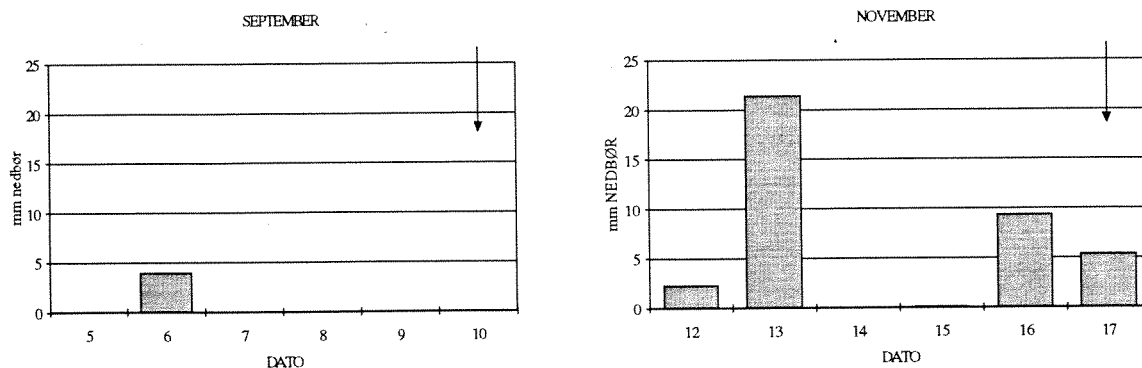
Prosjektet er gjennomført i godt samarbeid med oppdragsgiver, ved Kjell Rypdal og Hogne Hjelle (VA-seksjonen). Takk rettes også til personale ved Driftsavdelingen, som var til stor hjelp med å finne adgang til enkelte vanskelige punkter langs ledningen til Tveitevannet.

2. STASJONSVALG OG METODER

Prøvestasjoner ble valgt ut fra Bergen kommunes kart (1:5000 og 1:500) over kloakk- og overvannsnett. Punkter der kloakkledning krysser eller løper parallelt med overvannsledning var særlig aktuelle. Det var i praksis ikke mulig å finne adgang til alle ønskelige punkter. Under innsamlingen av prøvene ble det også tatt hensyn til uventede observasjoner, idet terrenget ikke alltid stemte helt med kartet. I utgangspunktet var det satt en ramme på ca 10 prøver pr ledning hver undersøkelsesdag, dvs. 20 prøver totalt fra hver ledning. Denne rammen ble økt noe i løpet av arbeidet. I alt 39 prøver er analysert fra ledningen til Tveitevannet, som er lang og har mange sidegrener. Ledningen til Solheimsvannet er noe enklere, og her ble det analysert ialt 26 prøver. Siden begge ledningene går gjennom bystrøk med et tett nett av kloakkledninger, har det ikke latt seg gjøre med en fullstendig dekning av nettet, men det er søkt å snevre inn mot sannsynlige forurensningspunkter. Stasjonene er vist i Figur 3.1 og 3.2, og kort beskrevet i Tabell 3.1 og 3.2. Alle stasjoner er kartfestet på kommunens kart i målestokk 1:500.

Prøvetakingen ble utsatt i det lengste i påvente av utbedring av en feilkobling på Natlandsfjellet. Dette lot imidlertid vente på seg, og vi ble nødt til å foreta undersøkelsen uten at utbedringen var foretatt. Innsamling av prøver ble utført under en tørkeperiode den 10. september, og etter en regnværsperiode den 17. november. Nedbørforholdene i de aktuelle tidsrom er vist i Figur 2.1. Ved den første innsamlingen hadde det falt 4,0 mm nedbør i løpet av 5 dager før prøvetaking, og vannføringen i nettet var svært lav. Tilsvarende mengde ved innsamlingen i november var 38,6 mm (inntil kl. 900 på prøvetakingsdagen den 17.). Vannføringen var da langt større, selv om det neppe kan kalles noen flomsituasjon.

Prøvene ble tatt på 250 ml sterile plastflasker, og umiddelbart plassert i kjølebagg. Innen 18 timer etter avsluttet innsamling ble prøvene levert til analyse hos Chemlab Services AS. Her ble det talt termotolerante kolibakterier (presumptive *Escherichia coli*) etter Norsk Standard NS 4751. Denne metoden gir antall tarmbakterier pr. 100 ml vann. Bakterier fra andre varmblodige dyr (f. eks. fra fugleskitt eller hundelort) vil også bli inkludert med denne metoden, og man må være oppmerksom på muligheten for slike kilder.



Figur 2.1. Nedbørmengder ved målestasjonen Florida, Bergen. For prøvetakingsdagene (markert med pil) gjelder målingen til kl 900. Data fra 5 dager forut for prøvetaking er også tatt med. Data fra Værvarslinga på Vestlandet.

Prøvetakingen i november ble noe utvidet i forhold til september, basert på erfaringer fra den første prøvetakingen. Med hjelp fra Driftsavdelingen fant vi da fram til enkelte vanskelig punkter der vi ikke lyktes første gang. Resultatene fra september ga også grunnlag for å legge inn enkelte nye stasjoner ved strategiske punkt.

I vurderingene er det også tatt hensyn til analysene fra de samme ledninger i 1992 (Bjørklund og Johnsen 1993). De enkelte stasjoner er ikke klassifisert etter SFT's forurensningskriterier. Hovedvekten er derimot lagt på å lokalisere kildene for tilførsler så presist som mulig. En klassifisering etter forurensningsgrad er imidlertid gjort på de ulike grenene av overvannsledningene, og på utløpet til innsjøen.

Forurensningsgraden mht. virkning av tarmbakterier er identisk med klasseinndelingen av tilstand, siden forventet naturtilstand er ingen tarmbakterier. I revidert utgave av SFT's system fra 1989 opereres det med 5 tilstandsklasser (SFT 1989; 1992):

Antall termotolerante kolibakterier pr. 100 ml	TILSTANDSKLASSE		FORURENSNINGSGRAD	
	<5	I	God	1
5 - 50	II	Mindre god	2	Moderat forurenset
50 - 200	III	Nokså dårlig	3	Markert forurenset
200 - 1000	IV	Dårlig	4	Sterkt forurenset
>1000	V	Meget dårlig	5	Meget sterkt forurenset

Tilordning av tilstandsklasse/forurensningsgrad bør normalt baseres på minst månedlige prøver over ett år. Når prøvetallet er lavere enn 10, benyttes høyeste målte verdi ved karakterisering av forurensningsgrad. Dette er gjort i denne undersøkelsen. Realistisk sett kan man ikke vente at et overvannsnett i tettbygd strøk kan holde lavere tilstandsklasse enn II, da overflateavrenning fra veier, parker etc. ofte vil inneholde noe tarmbakterier fra forskjellige varmblodige dyr og fugler. Normal variasjon i tilførslene til overvannsnettet vil trolig også omfatte bakteriemengder > 50 pr 100 ml (dvs tilstandsklasse III), uten at dette skyldes lekkasjer. I denne rapporten søkes det derfor å rette oppmerk-somheten mot tilfeller av høyere konsentrasjoner av tarmbakterier, og mot å lokalisere punkter eller områder der overvannsnettet synes å få markerte tilførsler av kloakk.

Undersøkelsene er gjennomført ved to tidspunkter, og gir derfor øyeblikksbilder ved disse to anledninger. Høye bakteriekonsentrasjoner påvist ved lav vannføring må antas å skyldes vedvarende lekkasje-problemer, mens tilførsler som bare kunne påvises ved stor avrenning ikke behøver å være permanente. Disse kan like gjerne skyldes akutte tilstoppinger i kloaknettet. I slike tilfeller gir resultatene presentert her grunnlag for å undersøke situasjonen nærmere for å slå fast om problemet er permanent eller hyppig, men bør ikke brukes som grunnlag for saneringstiltak uten supplerende kartlegging.

Generelt kan man skille mellom flere typer tilførsel av forurenset avrenning til overvannsnettet. Feilkoblinger av kloakkrør til overvannsledningen eller lekkasjer fra kloakkrør kalles her **lekkasje**. I slike tilfeller vil man forvente høyere bakterietall ved lav vannføring, fordi fortynningseffekten i avrenningen blir mindre, mens avløpet fra kloakk er mer konstant. Mange steder drenerer overvann til kloaknettet. Dersom dette systemet har begrenset kapasitet, kan tilfeller med stor avrenning føre til at ledningen ikke klarer å ta unna, og vi får overløp som finner veien til rene overvannsledninger. Dette kalles her **overløp**. Endelig kan overvannsnettet motta forurenset arealavrenning fra hager, parker, utmark etc. Dette kalles her **arealavrenning**. Denne inndelingen er i samsvar med det arbeid som er gjort tidligere i dette programmet (Bjørklund og Johnsen 1993).

Under feltarbeidet ble det notert enkelte observasjoner knyttet til vannets utseende, lukt etc., og til forhold som syntes å avvike fra hva som skulle forventes ut fra kartet. Disse forhold gjennomgås sammen med resultatene av selve bakterietellingen.

3. RESULTATER OG DISKUSJON

3.1. Overvannsledning til Solheimsvannet

Denne overvannsledningen er relativt ukomplisert med få grener. Øverst mottar den flere bekker fra fjellsiden (Landåsdalen og Lægdebotn), som drenerer området opp mot Ulrikstoppen. Disse bekkene samles ved Lærerskolen, og renner videre delvis i åpen bekk helt ned til Brann Stadion. Her tas bekken inn i overvannstunnel, som fortsetter helt ut i Solheimsvannet. Langs tunnelen finnes enkelte små tilløp av overvann. Antakelig finnes det fler enn de som er tegnet inn på VA-seksjonens kart. Et eksempel på dette er vist ved St. 4 nedenfor.

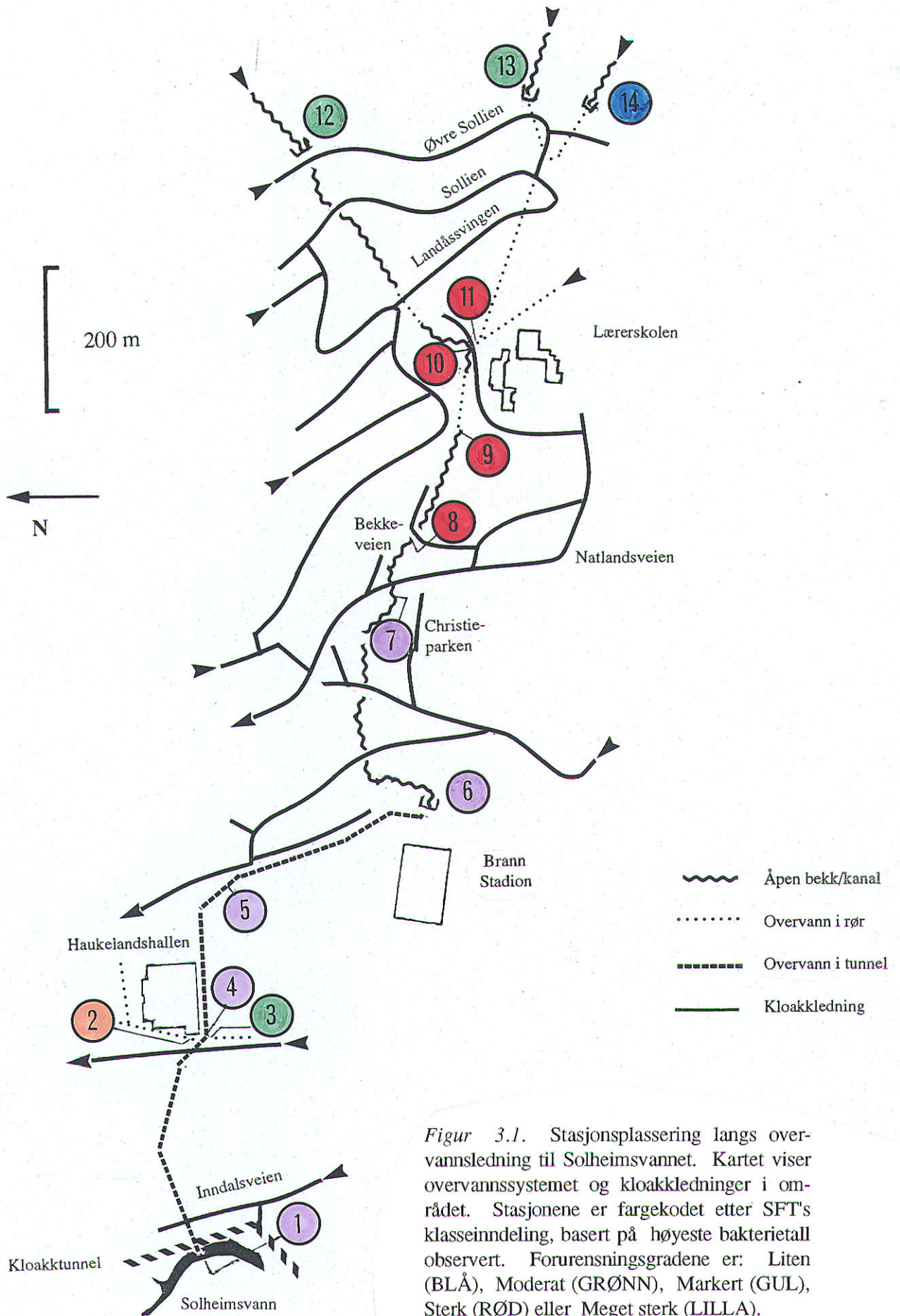
Stasjoner for prøvetaking er vist i Figur 2.1, og kartfestet i Tabell 3.1. Kartfesting baserer seg på kart fra VA-seksjonen i målestokk 1:500, der koordinatsystemet benevnes "Bergen lokal". Koordinatene er avlest til nærmeste 5 fra kartene. Måledata er gitt i Tabell 3.1.

Utløpet i Solheimsvannet (St. 1) hadde 370 tarmbakterier pr 100 ml i september, og 3050 i november. Denne kanalen klassifiseres derfor til grad 5 (meget sterkt forurenset). Overvannsledningen er altså betydelig mer forurenset enn det ble registrert i 1992 (Bjørklund og Johnsen 1993). Ved utløpet i Solheimsvannet krysser overvannskanalen over en større kloakktunnel, men får neppe noen tilførsler herfra. Hele utløpet var brunfarget, etter alt å dømme som følge av okerutfelling (Foto 3.1). I november luktet vannet vondt, og det fløt skumdatter med vannstrømmen ut i Solheimsvannet.

På stasjonen ovenfor i selve hovedtunnelen (St. 4) var bakterietallet høyere enn på St. 1 i september, mens forholdet var motsatt i november (Tabell 3.1). Dette viser at tunnelen får tilsig på strekningen mellom disse stasjonene ved høy vannføring, og at vi i dette området har et overløpsproblem. Ifølge



Foto 3.1. Solheim St. 1. Utløpet av overvannstunnelen i Solheimsvannet, 17.11.93



Figur 3.1. Stasjonsplassering langs overvannsledning til Solheimsvannet. Kartet viser overvannssystemet og kloakkledninger i området. Stasjonene er fargekodet etter SFT's klasseinndeling, basert på høyeste bakterietall observert. Forurensningsgradene er: Liten (BLÅ), Moderat (GRØNN), Markert (GUL), Sterk (RØD) eller Meget sterk (LILLA).

Tabell 3.1. Oversikt over stasjoner og termostabile kolibakterier langs overvannsledning til Solheimsvannet. Koordinater (til nærmeste 5) refererer til kartserie 1:500, koordinatsystem Bergen lokal. Målingene er gitt som antall presumptive *E. coli* pr 100 ml.

STASJON NR.	BESKRIVELSE	KOORDINATER		KOLI pr. 100 ml	
		X	Y	10. sept.	17. nov.
1	Utløp overvannstunnel i Solheimsvann	3300	6970	370	3050
2	Tilløp fra N, St. Olavsvei	3310	7265	-	60
3	Tilløp fra idrettsplassen ved St. 4	3295	7275	-	25
4	Tunnel ved Haukelandshallen	3295	7275	680	1070
5	Tunnel ved helikopterlandingsplass	3260	7470	490	2600
6	Bekkeinntak ved Brann stadion	2985	7600	1000	2160
7	Bekken øverst i Christieparken	3070	7860	3750	1250
8	Bekken nedenfor Bekkeveien	3025	7990	-	360
9	Bekken nedenfor Vognstølen	2970	8130	210	285
10	Bekken ved Lærerskolen	2950	8245	330	80
11	Tilløp ved St. 10	2950	8245	75	400
12	Bekk fra Lægdebotn og skiveien	2870	8575	4	15
13	Bekk fra Øvre Landåsdalen	3180	8505	4	5
13A	Tilsig fra boligfelt, ved bekkeinntak St. 13	3180	8505	4	4
14	Bekkeinntak i Sollien	2795	8575	tørr	4



Foto 3.2. Solheim St. 3: Innløpsrør til St. 4 ved Haukelandshallen, 10.09.93

kartet kan dette gjelde kloakkledningene i Inndalsveien og/eller i St. Olavsvei. Området mellom disse er verksted for NSB, og på kartet er det ikke tegnet inn noen overvannsledninger her.

Ved St. 4 fant vi et tilløp (kalt St. 3) fra sør (idrettsplassen) som ikke var tegnet inn på kartet. Dette var et ca 30 cm betongrør, som var halvveis oppfylt av brun masse (Foto 3.2). I september var dette røret så godt som tørt, mens det rant en del vann i november. Bakterietallet i denne tilførselen var lavt. Hele tilførselen er imidlertid kraftig preget av oker (jernhydroksid). Sannsynligvis stammer dette fra idrettsplassen som ligger på en gammel fyllplass. Det er tatt vannprøve for eventuell senere analyse av tungmetaller. Dette anbefales kartlagt nærmere, fordi jemmengdene her må være betydelige. Okerfargen preger hele tunnelen (Foto 3.3), antagelig på hele strekket fra St. 4 til utløpet i Solheimsvannet (Foto 3.1).



Foto 3.3. Solheim St. 4. Overvannstunnelen ved Haukelandshallen, 10.09.93.

Like nedenfor St. 3 kommer en overvannsledning inn fra nord. Det ble forsøkt å rekke fram til innløpet i tunnelen i september, men dette lot seg ikke gjøre. I november oppdaget vi at denne tilførselen har en kum like utenfor Haukelandshallen, og prøven herfra (St. 2) viste 60 bakterier pr. 100 ml. Selv om denne tilførselen er noe forurenset, bidrar den neppe særlig til de høye tallene i hovedtunnelen. Det rant lite vann i denne ledningen, som vesentlig drenerer overvann fra veien.

Ved St. 5, lengre opp langs hovedtunnelen, var bakterietallet i september omtrent som på St. 4, men i november var tallet langt høyere (Tabell 3.1). Bekkeinntaket ved Brann Stadion (St. 6) viste samme tendens. Det ser ut til at vi i september har hatt en uttynning av bakteriemengden på dette strekket. De høye verdiene i november skyldes dels høye tall i bekken ovenfor, men vi har også en økning langs strekket som indikerer overløpsproblemer i kloakkledningen langs St. Sunnivas vei.

Stasjonen ovenfor (St. 7) ligger øverst i Christieparken. Bekken her luktet kloakk. Bakterietallet var her svært høyt ved begge tidspunkt: 3750 i september og 1250 i november. Dette tyder på et stort lekkasjeprosjekt. En lekkasje kan tenkes fra kryssende kloakkledning i Natlandsveien eller fra ledningen ovenfor i Bekkeveien. Bekken ble prøvetatt i Bekkeveien i november (St. 8), og resultatet peker klart

mot at tilførselen til bekken skjer under Natlandsveien (Tabell 3.1). Resultatene fra 1992 ga imidlertid et noe annet bilde nedenfor Natlandsveien, og ble tolket som et overløpsproblem (Bjørklund og Johnsen 1993). Det er sannsynlig at vi her står overfor begge deler. Ved prøvetakingen i november 1993 økte bakterietallet fra St. 7 til St. 6 nedenfor, og vi har altså et tilsig av kloakk nedenfor Natlandsveien ved stor avrenning også i denne undersøkelsen. Dette kan tenkes å komme fra kloakkledningen sør for selve Christieparken, evt. ledningen som begynner på nordsiden av parken og følger Slettebakksveien. Ved liten avrenning i september ble derimot forurensningen uttynnet på det samme strekket. En nærmere lokalisering av kildene kan oppnås med et tettere stasjonsnett.

Bekken på nedsiden av Vognstølen (St. 9) holdt et nokså jevnt bakterietall ved begge tidspunkt i 1993 (210 og 285 pr 100 ml), og dette var litt høyere enn året før (125 pr 100 ml; Bjørklund og Johnsen 1993). Like ved Lærerskolen møtes to grener av overvannsnett (Fig 2.1). Den åpne bekken (St. 10 og 12) kommer fra Lægdebotn og krysses av Johan Blytts vei (skiveien). Den øverste stasjonen ved bekkeinntaket i Øvre Sollien var lite forurenset ved begge tidspunkt. I november var bakterietallet 15 pr 100 ml. Disse bakteriene stammer antagelig fra arealavrenning siden området ovenfor brukes flittig til å luften hunder. På St. 10 var bakterietallet 330 i september, og lavere i november. Det ser derfor ut til at der er lekkasje problemer på strekket mellom Øvre Sollien og Landåssvingen/Lærerskolen. En rekke kloakkledninger krysser eller løper nær bekken i dette området (Fig. 2.1). Denne grenen klassifiseres til forurensningsgrad 4 (sterkt forurenset).

Ved St. 10 munner også en sideledning fra området ovenfor Lærerskolen (Fig. 2.1, St. 11). Denne er egentlig et samtløp mellom en ledning fra Øvre Sollien som drenerer to bekker, og en ledning som ikke er inntegnet på kart 1:5000. Vi lyktes ikke med å finne adgang til denne ledningen, og måtte derfor prøveta etter at de to ledningene var løpt sammen (St. 11), dvs. ved munningen i bekken ved St. 10. Den ene bekken i Øvre Sollien (St. 13) kommer fra Øvre Landåsdalen. Det ble her målt 5600 tarmbakterier pr. 100 ml i 1992 ved høy avrenning (Bjørklund og Johnsen 1993). Tallene i 1993 var imidlertid lave: 4 i september og 5 i november. Dette kan tyde på at bakteriene i 1992 stammer fra ekskrementer fra turområdet ovenfor (arealavrenning), og det er neppe tale om noen konstant kloakkforurensning fra områdene ovenfor.

Ved St. 13 renner også en liten sidebekk inn i bekkeinntaket fra boligområdet på nordsiden. P.g.a. det høye bakterietallet som ble observert på St. 13 i 1992, ble denne sidebekken prøvetatt (St. 13A). Bakterietallene her var lave ved begge tidspunkt (Tabell 3.1). St. 14 var tørr i september, og hadde lavt bakterietall i november.

Bakterietallet på St. 11 var 75 i september og 400 i november (Tabell 3.1). I november luktet vannet vondt. Det ser derfor ut til at vi har et overløps- eller arealavrenningsproblem også her, og denne grenen må også klassifiseres som forurensningsgrad 4 (sterkt forurenset). Overvannsledningen like ovenfor Lærerskolen består av to relativt nye (1987-1990) ledninger, anlagt i forbindelse med framføring av drikkevannsforsyning fra Gullfjellet. Om det er en av disse ledningene, eller ledningen fra Øvre Sollien som blir forurenset av bakterier vet vi ikke. Siden overvannsledningen fra St. 13 og 14 er mye eldre og krysser flere kloakkledninger, er det imidlertid nærliggende å mistenke denne først.

Selv om de øverste tilførselsbekkene tidvis kan ha høyere bakterietall enn registrert i 1993, synes det som disse tilførselene har liten betydning for situasjonen lenger ned. I 1992 var bakterietallet ved Vognstølen lavere enn registret i 1993, selv med det ekstreme bakterietallet som da ble funnet på St. 13. Overvannsledningen lengre ned er imidlertid sterkt forurenset av kloakktilsig hele veien. I området ovenfor Natlandsveien skyldes dette dels lekkasje og dels overløpsproblemer. Ved og nedenfor Natlandsveien er tilførselene enda større, og hovedkildene til dette ligger primært i området Natlandsveien - Brann Stadion. Ved stor avrenning finner vi også en betydelig tilførsel mellom St. Olavsvei og utløpet i Solheimsvannet.

3.2. Overvannsledning til Tveitevannet

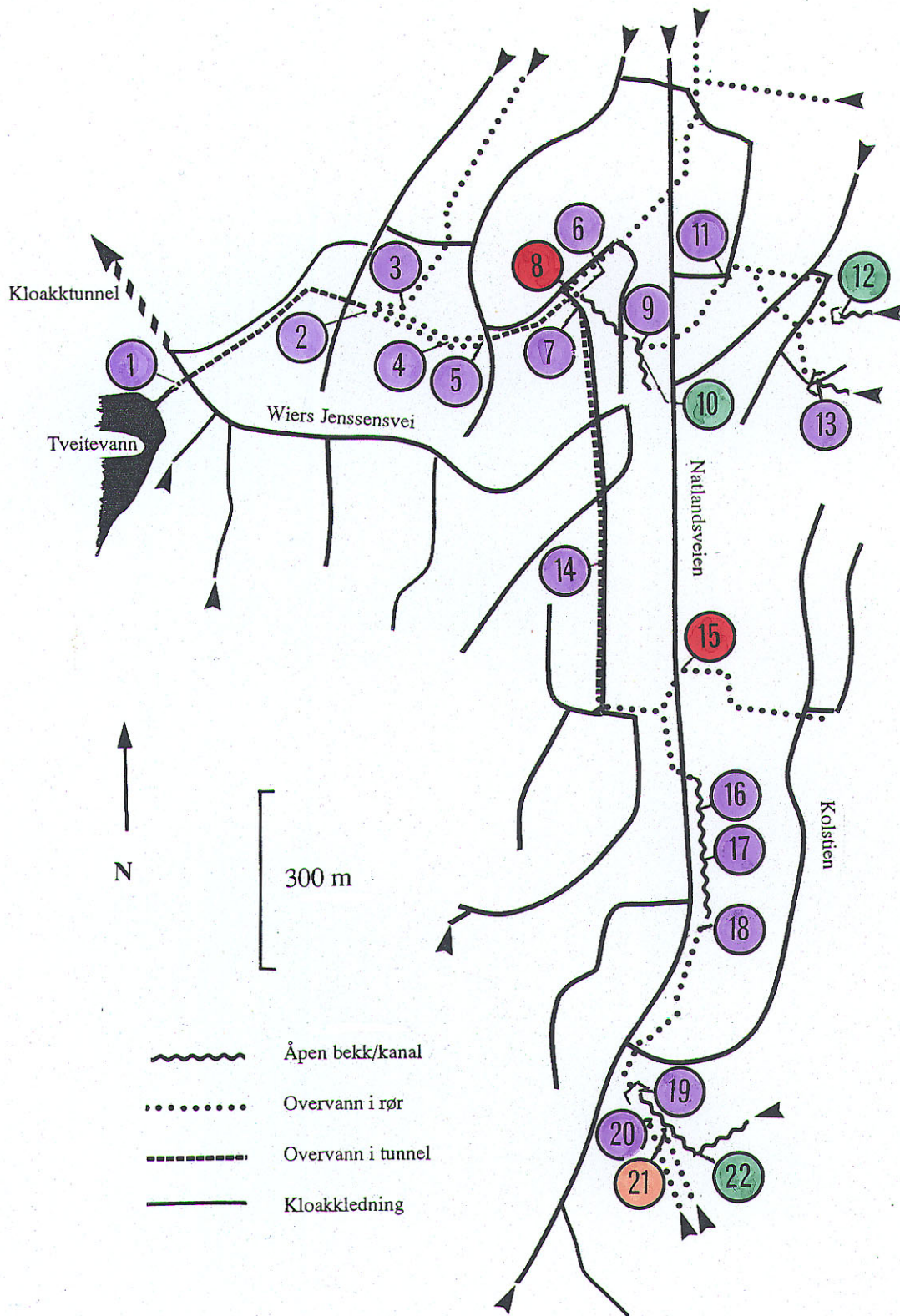
Denne overvannsledningen er lenger enn den forrige, og er langt mer komplisert og uoversiktlig. Selv med et noe utvidet prøveantall i forhold til rammen, var det umulig å dekke hele ledningen skikkelig. Noen tilløp er bare prøvetatt ved innløp til hovedkanalen, og innsatsen ble konsentrert i området fra nedenfor Natlandsfjellet til Tveitevann. Området ovenfor er ikke dekket. Fra Natlandsfjellet kommer en elv som mottar to overvannsledninger ved Kolstibotn før vannet tas inn i et bekkeinntak. Vannet fortsetter dels i rør, og dels i åpen kanal langs Natlandsveien. Avrenningen fra hele Natlandsområdet samles i en stor overvannstunnel som løper parallelt med Natlandsveien nordover fra Mannsverk. Ved Nordahl Rolfsens vei svinger tunnelen kraftig mot vest, og mottar to sideledninger fra Landås. Vannet renner så videre i to parallelle rør til nok en tunnel, som leder vannet fra Adolf Bergs vei og ut i Tveitevannet. Her munner en større sidetilførsel fra nord. Stasjonsnettet er vist i Figur 3.2 og Tabell 3.2. Også bakterietallene er gitt i tabellen.

Utløpet i Tveitevann (St. 1) var meget sterkt forurensset (grad 5) ved begge målingene, med 4100 tarmbakterier pr 100 ml i september, og 6100 i november (Tabell 3.2). Dette er vesentlig høyere enn målingen fra 1992 (710 koli pr 100 ml; Bjørklund og Johnsen 1993). Vannet renner her i en stor overvannstunnel som begynner like ovenfor Adolf Bergs vei. På tross av iherdig leting både i september og november (da med hjelp fra Driftsavdelingen) fant vi ikke nedgang til tunnelen mellom dens begynnelse og slutt. Nedgangen til den øvre enden (St. 2) ligger i en privat hage, og ble ikke oppdaget i september. Bakteriemengden i november var her 3200 pr 100 ml. Ifølge kartet skal tunnelen her ha tre tilløp: en overvannsledning fra nord og to parallelle overvannsrør fra øst. I tillegg til disse var det enda et tilløpsrør, som vi ikke vet hvor kommer fra. Det var uråd å rekke fram til disse innløpene uten vadebukse. Tilførselene ble derfor prøvetatt i kummer lengre opp. Det er klart at overvannstunnelen mottar store tilførsler av kloakk mellom St. 2 og St. 1. Disse kan stamme fra kryssende kloakkledning i Adolf Bergsvei, eller fra kloakkledningen som løper langs overvannstunnelen i Slettebakksveien. I det siste området var det vanskelig å få terrenget til å stemme med kartet, og vi fant flere kloakkledninger som manglet på kartet. Sannsynligvis er den enkleste måte å få full oversikt over området å gå hele tunnelen.

Overvannsledningen fra nord som munner øverst i tunnelen ble prøvetatt i kum ved St. 3, og holdt høye bakteriemengder ved begge anledninger (3100 i september og 2100 i november; forurensningsgrad 5). Sannsynligvis har vi her primært et lekkasjeprosjekt, men vi kan ikke utelukke at overløp også gjør seg gjeldende siden tallet var såvidt høyt ved stor vannføring. I denne kummen rant det inn betydelige vannmengder fra grunnen i sør, uten at vi kunne identifisere kilden. Denne tilførselen ble prøvetatt i september (St. 3A), og var også kraftig forurensset (2150 bakterier pr 100 ml). Prøveflasken fra november sprakk dessverre, så vi mangler data for dette tidspunktet.

Det er mulig at tilførselen til St. 3A stammer fra ledningsbrudd eller lekkasje på et av de store rørene som munner i overvannstunnelen nedenfor, og som løper parallelt under marken (St. 4). Rørene ble prøvetatt hver for seg (St. 4A og 4B) i november, mens det i september ble tatt én prøve ved St. 5 ovenfor, før avløpet fordeler seg på de to rørene. Alle de tre prøvene var kraftig forurensset med kloakk (Tabell 3.2). I september er data for mangelfulle for å tolkes videre, mens resultatene fra november tyder på en tilførsel mellom St. 4 og St. 2. Ledningen fra nord (St. 3) kan ikke forklare denne økningen, her var bakterietallet omtrent på samme nivå som St. 4. Den enkleste forklaringen kan være at den ukjente ledningen som munner i begynnelsen av overvannstunnelen kan ha bidratt med kloakktilførsel. Dette området trenger i alle fall oppfølgende undersøkelser og kartlegging for å finne fram til kildene for kloakktilførsler.

Ovenfor St. 5, i Nordahl Rolfsens vei, kommer en lang overvannstunnel fra Mannsverk som er koplet til St. 5 med to store rør. I den krappe svingen ved slutten av overvannstunnelen munner to tilløp: en bekk fra Nordahl Rolfsensvei ovenfor, og en overvannsledning fra nordøst. Den siste kommer fra Landåslien, Rugdeveien og Landåsveien, og ble bare prøvetatt ved utløpet i tunnelen (St. 8). Her var bakterietallet



Figur 3.2. Stasjonsplassering langs overvannsledning til Tveitevannet. Kartet viser overvanns- og kloakkledninger i området. Stasjonene er fargekodet etter SFT's klasseinndeling, basert på høyeste bakterietall observert. Forurensningsgradene er: Liten (BLÅ), Moderat (GRØNN), Markert (GUL), Sterk (RØD) eller Meget sterk (LILLA).

Tabell 3.2. Oversikt over stasjoner og termostabile kolibakterier langs overvannsledning til Tveitevannet. Koordinatene refererer til Bergen lokal, som er brukt på kart i målestokk 1:500. Målingene er gitt som antall presumptive *E. coli* pr 100 ml.

STASJON NR.	BESKRIVELSE	KOORDINATER		KOLI pr. 100 ml	
		X	Y	10. sept.	17. nov.
1	Utløp Tveitevann	1945	7510	4100	6100
2	Overvannstunnel, begynnelse	2035	7725	—	3200
3	Overvannsledning fra nord	2025	7770	3100	2100
3A	Innsig i kum ved St 3	2025	7770	2150	—
4A	To overvannsledninger, A	1995	7825	—	1870
4B	To overvannsledninger, B	1995	7825	—	2350
5	Kum nedef. enden av overvannstunnel	1995	7865	1220	—
6	Bekkeinntak like ovenf. overvannstunnel	2045	7965	2950	980
7	Overvannstunnel, før tilløp	2030	7975	2180	4200
8	Overvannsledning fra nordøst	2040	7950	690	510
9	Innløp overvannsledning i bekk (St. 10)	1990	8045	95	1320
10	Bekk i Nordahl Rolfsensvei	1990	8045	tørr	20
11	Inngjerdet, åpen bekk Erleveien	2075	8160	15	1600
12	Bekkeinntak i Strimmelen nedenfor Ø Kolstien	2020	8280	20	15
13	Bekkeinntak i Strimmelen nedenfor Ø Kolstien	1950	8250	15000	27000
14	Overvannstunnel under Bergen Sporvei	1705	8000	—	3100
14A	Sidetilløp til St. 14	1705	8000	—	105
15	Overvannsledning fra Kolstien/Natlandsveien	1595	8100	100	430
16	Åpen kanal i Natlandsveien	1445	8115	800	2700
17	Åpen kanal i Natlandsveien	1380	8120	tørr	2430
18	Overvannsledn. Sofus Madsensvei/Natlandsv.	1315	8130	4000	2000
19	Bekkeinntak ovf. Medisinaldepotet	1100	8045	800	1950
20	Overvannsledning fra Natlandsfjellet	1060	8090	—	5200
21	Overvannsledning fra Natlandsfjellet	1060	8090	—	50
22	Åpen bekk fra Natlandsfjellet	1015	8125	15	4

690 pr 100 ml i september, og 510 i november. Dette tilløpet er altså sterkt forurenset (grad 4), men bidrar likevel beskjedent til de høyere bakteriemengdene målt nedenfor. Bekketilløpet (St. 6) var meget sterkt forurenset (grad 5), og ble fulgt opp litt nøyere.

I september holdt vannet her 2950 bakterier pr 100 ml, mens tallet var like under 1000 i november (Tabell 3.2). Tilløpet kommer fra to bekkeinntak mellom Erleveien og Kolstien. Det ene av disse (St. 12) var moderat forurenset, mens det andre (St. 13) var svært kraftig belastet og luktet kloakk ved begge prøvetakinger. Bakterietallene var her 15 000 i september og 27 000 i november. Vi har altså en alvorlig lekkasje ved St. 13, sannsynligvis der en kloakkledning fra Kolstien bekken krysser like ovenfor bekkeinntaket. Ved lav vannføring i september fant vi likevel nesten ingenting igjen av dette på St. 11 nedenfor (etter samløp av bekkene fra St. 12 og St. 13). Bakteriemengden økte imidlertid på dette tidspunktet til 95 pr 100 ml på St 9 nedenfor Natlandsveien, og deretter kraftig til 2950 ved utløpet i tunnelen (St. 6). I tillegg til lekkasjen ved St. 13, har derfor også en tydelig lekkasje mellom St. 9 og 6, sannsynligvis der kloakkledningen i Natlandsveien krysser overvannsledningen, evt. ved feilkoblinger i dette området.

Forurensningsbildet ser noe annerledes ut ved høyere avrenning i november. Da fikk vi en uttynning av den store bakteriemengden fra St. 13 helt ned til utløpet i tunnelen ved St. 6, og lekkasjen mellom St. 9 og 6 har betydd lite (se Tabell 3.2). Tilførselen til St. 13 var imidlertid store nok til å prege hele ledningen ned til utløpet i tunnelen.

St. 9 er et rør som munner i en åpen kanal i Nordahl Rolfsens vei (Foto 3.4). I september var selve bekken ovenfor så godt som tørr. I november holdt bekken ovenfor (St. 10) 10 bakterier pr 100 ml (forurensningsgrad 2). Røret (St. 9) førte da en tynn oljehinne med seg ut i bekken. Opphavet til denne oljen fant vi ikke.



Foto 3.4. Overvannsledning til Tveitevann, St. 9 (betongrør) og St. 10 (bekken til høyre ovenfor samløp) 17.11.93.

St. 7 ligger i overvannstunnelen fra Mannsverk like ovenfor tilløpene beskrevet over. Vannet her inneholdt i september 2180, og i november 4200 kolibakterier pr 100 ml, og tunnelen er altså meget sterkt forurenset av kloakk. Mellom St. 7 og St 5 (4) nedenfor har vi ved begge tidspunkt en fortynning. På tross av at de to sidetilløpene på denne strekningen begge er sterkt forurenset, er altså hovedtunnelen ovenfor så belastet at disse tilførslene fortynner kloakkmengden noe.

I september lyktes vi ikke i å finne adgang til overvannstunnelen under Sporveiens område på Mannsverk. Det lot seg heller ikke gjøre å komme til i kummen til overvannsledningen ovenfor (krysset Mannsverk/Natlandsveien), da lokket her var asfaltert igjen. I november fikk vi hjelp av Driftsavdelingen, og fikk tatt en prøve på St. 14, som ligger midt inne på Sporveiens område (Foto 3.5). Mengden tarmbakterier var her 3100 pr 100 ml. Like ved inngangen til tunnelen ved St. 14 munner det ut et sidetilløp (Foto 2.2), som ikke er med på kartene. En prøve av dette (St. 14A) viste 105 bakterier pr 100 ml, dvs. at det er markert forurenset (grad 3). Vannmengden i dette tilløpet var beskjeden.



Foto 3.5. Overvannsledning til Tveitevann; St. 14 og 14A. Tunnel mellom Mannsverk og Nordahl Rolfsens vei, under området til Bergen Sporvei.

Overvannstunnelen mellom St. 14 på Mannsverk og St. 7 ved Nordahl Rolfsens vei får altså betydelige kloakktilførsler ved høy avrenning. Fra stasjonene ovenfor tunnelen foreligger også data fra september. St. 16 (åpen kanal i Natlandsveien) hadde da 800, og tilførselen fra St. 15 hadde 100 bakterier pr 100 ml. Økningen mellom disse og St. 7 i tunnelens nedre ende var altså stor også i tørkeperioden, slik at her må finnes en eller flere lekkasjer. Vi har sannsynligvis også overløpsproblemer i dette området, siden bakteriemengden øker markert også ved stor avrenning. Antagelig finnes det mange sidetilløp til overvannstunnelen som ikke er registrert på kartene, slik som St. 14A. Dessuten ligger en kloakkledning i tunnelen i hele dens lengde, og tunnelen krysses to ganger av kloakkledningen som kommer ned Wiers Jenssens vei. Det burde være mulig å gå hele denne tunnelen for å kartlegge tilførslene.

Overvannsledningen ved St. 15 er en bekkeledning fra Kolstien som krysser under Natlandsveien. Denne er markert forurenset (grad 3), men bakterietallene er for lave til at de betyr noe for de høye tallene i tunnelen nedenfor. Høyere verdi i november indikerer et overløpsproblem, men en lekkasje finnes antagelig også siden bakterietallet i september også var ganske høyt.

St. 16 og 17 er begge i en åpen kanal som renner langs Natlandsveien. Kanalen går under sideveier og innkjørsler fra Natlandsveien, og kan ikke følges langs hele strekket. Sannsynligvis er det en større lekkasje ut av denne kanalen mellom St. 17 og 16. I september var kanalen nemlig tørr mellom disse stasjonene. Like ovenfor St. 16 kom det vann inn igjen i kanalen gjennom grunnen under Natlandsveien. Dette tilsiget rant friskt i september, og kom ut under broen for innkjørsel til Natlandsveien 100/102. I november derimot rant det vann i hele kanalen, og vannføringen var for høy til at vi kunne se noe tilløp fra siden ved St. 16.

På St. 16 var bakterietallet mye høyere i november (2700 pr 100 ml) enn i september. Dette skyldes primært at større bakteriemengder fulgte med bekken ovenfra. Men vi fant også en økning fra St. 17 ovenfor (Tabell 3.2), noe som tyder på overløp fra kloakk ved høy vannføring. Det er vanskelig å trekke sikre konklusjoner her, siden vi ikke vet sikkert hvor vannet tar veien mellom disse stasjonene.

Stasjonen ovenfor (St. 18) er en kum i overvannsledningen, og ligger i en hage nedenfor Medisinaldepotet. Her var bakteriemengden svært høy, med 4000 pr 100 ml i september og 2000 i november. Neste stasjon ovenfor dette er et bekkeinntak, der elven fra Natlandsfjellet fanges opp (St. 19). Bakterietallet var her 800 pr 100 ml i september, og 1950 i november. Mellom disse stasjonene har vi altså en betydelig lekkasje. Vi fikk ingen fortykning ved stor avrenning i november (Tabell 3.2). Enten er lekkasjen så stor at uttynningen ikke er merkbar, eller så har vi et overløpsproblem i tillegg til lekkasjen. Ledningen krysser kloakkledning i krysset Kolstien/Natlandsveien. Den nederste delen fram til St. 18 består av to parallelle ledninger. Det burde være mulig å legge inn flere prøvestasjoner på



Foto 3.6. Overvannsledning til Tveitevannet, utløp av to overvannsledninger i bekken nedenfor Kolstibotn. St. 20 er utløpet av røret til venstre øverst) og St. 21 det til høyre (nederst). Vannet i det øverste røret var moderat, og i det nederste meget sterkt forurenset.

dette strekket. Det løper også en kloakkledning langs Natlandsveien som kan tenkes å forurense overvannsledningene. Området ovenfor bekkeinntaket tilfører også forurenset overvann. Elven som renner ned fra Natlandsfjellet ble prøvetatt ved St. 22 like nedenfor Kolstibotn, og var bare moderat forurenset (Tabell 3.2). Midt mellom St. 19 og 22 munner imidlertid to store overvannsledninger, også fra Natlandsfjellet. Disse ledningene er ikke tegnet ordentlig inn på 1:500 kartet, og ble ikke oppdaget i september p.g.a. tett krattvegetasjon. I november ble prøver tatt i utløpene i bekken (St. 20 og 21, Foto 3.6). St. 20 var moderat forurenset (50 tarmbakterier pr 100 ml), mens St. 21 var meget sterkt forurenset (5200). Trolig skyldes det høye tallet feilkoblinger i boligområdene på Natlandsfjellet, som VA-seksjonen allerede er klar over. Området ovenfor St. 22 ligger utenfor rammen av denne undersøkelsen.

4. SLUTTKOMMENTAR

Den viktigste praktiske erfaring vi gjorde under dette arbeidet er at det kan være vanskelig å gjennomføre et opplegg som bare er basert på kartene. Under feltarbeidet gikk det mye tid med til å lete etter tilkomst til rør og tunneler. Ofte er det mange kumløkk å velge mellom. I andre tilfeller var adkomst til kummene for vanskelig. Dette kan f. eks. skyldes at en kum ligger ute i trafikkert vei, at et lokke ikke lar seg åpne fordi det er asfaltert fast, eller at en kum ligger inne i en privat hage og kan ikke åpnes uten at beplantningen skades.

Det vil åpenbart være hensiktsmessig å planlegge feltarbeidet i samarbeid med representanter for kommunens Driftsavdeling, som har mer detaljert kjennskap til ledningsnett. Ved eventuelt videre arbeid med lekkasjesøking bør det legges til rette for dette, og det vil være en ubetinget fordel om folk fra driftsavdelingen er med ihvertfall ved første befaring/innsamling.

Trolig kan feltarbeidet gjennomføres mer effektivt og billigere av VA-seksjonen selv, forutsatt at prøvene taes på forskriftsmessig måte. Reduserte kostnader ved feltarbeid kunne gi rom for flere prøver, og dermed større presisjon i lokalisering av lekkasjeproblemer.

5 HENVISNINGER

Bjørklund, A. og G.H. Johnsen 1993. Bakteriologisk undersøkelse av vassdrag i Bergen med hensyn på forurensning fra kloakk. Rådgivende Biologer as, Rapport 79.

Statens Forurensningstilsyn 1989. Vannkvalitetskriterier for ferskvann. SFT TA/630.

Statens Forurensningstilsyn 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. (Kortversjon). SFT TA-905/92.

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

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

ISBN 82-577-2448-3