

O-85124

# Sakkyndig uttalelse om forurensing av borebrønner

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor  
Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02)23 52 80

Sørlandsavdelingen  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065)76 752

Vestlandsavdelingen  
Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05)25 53 20

Prosjektnr.:	0-85124
Undernummer:	
Løpenummer:	1739
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel:  SAKKYNDIG UTTAELSE OM FORURENSNING AV BOREBRØNNER	Dato: 15.8.1985
	Prosjektnummer: 0-85124
Forfatter (e):  Siv.ing. Kari Ormerod Cand.real. Hans Kristiansen	Faggruppe: Bakteriologi/ Kjemi
	Geografisk område: Askøy /Hordaland
	Antall sider (inkl. bilag):

Oppdragsgiver: Gulating Lagmannsrett ved lagdommer Ole Johan Helle	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:

Sakkyndig redegjørelse om en ankesak for Gulating Lagmannsrett. Saken gjelder krav om erstatning for påstått ødelagt vannkilde på grunn av forurensning fra bossgrup. Hele området viste bakteriologisk forurenset grunnvann, og dette kan ikke primært stamme fra bossgruppen. Biologisk betinget utløsning av jern fra bergarter i området er den mest sannsynlige årsak til misfargingen av vannet.

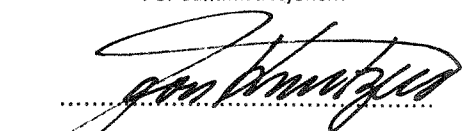
4 emneord, norske:
1. Forurensning
2. Borebrønner
3. Rettssak
4. Utredning

4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.

Prosjektleder:



For administrasjonen:





ISBN 82-577-0929-8

0 - 85124

SAKKYNDIG UTTALELSE OM  
FORURENSNING AV BOREBRØNNER

Oslo, 15. august 1985

Saksbehandlere: Kari Ormerod  
Hans Kristiansen

For administra-  
sjonen : Jon Knutzen

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
1. INNLEDNING	2
2. HYGIENISK-BAKTERIOLOGISKE UNDERSØKELSER	2
2.1 Prøver	2
2.2 Analyser	5
2.3 Resultater	5
2.4 Diskusjon	6
2.4.1 Drikkevannsprøvene	9
2.4.2 Drensvann mot øst	9
2.4.3 Sedahls grop og drensvannet mot vest	10
2.4.4 Ramsviks borebrønn	10
3. ANNEN BAKTERIOLOGISK BETINGET ENDRING AV VANNKVALITETEN	11
4. HYDROGEOLOGISKE OG KJEMISKE UNDERSØKELSER	14
4.1 Beregning av grunnvannstrøm	14
4.2 Kjemiske analyser	16
4.2.1 Diskusjon av resultatene	16
5. KONKLUSJON	18

## KART OG TABELLFORTEGNELSE

Side

---

Kart over prøvetakingssteder og nivelleringspunkter	4
Tabell 1. Kvalitetsbedømmelse av drikkevann	6
Tabell 2. Sammenligning av prøvestedene mht. fekal forurensning	7
Tabell 3. Innhold av coliforme bakterier og fekale streptococcer i fæces fra mennesker og dyr	8
Tabell 4. Kjemiske analyseresultater	17
Tabeller i tillegget	
1. Resultater for drikkevannsprøvene	20
2. Resultater fra MPN-metode for coliforme bakterier, 3 parametre	21
3. Resultater fra MPN-metode for Fekale streptococcer.	22

## FORORD

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) ble i brev av 21. mars 1985 fra Gulating lagmannsrett forespurt om å stille sakkyndig bistand i Ankesak nr. 163/1984): Gunnar Sedahl - Martin Ramsvik m.fl. I brev av 22. april 1985 ble Sivilingeniør Kari Ormerod og Cand.real. Hans Kristiansen utnevnt til rettens sakkyndige.

Saken gjelder krav om erstatning for påstått ødelagt vannkilde på grunn av forurensning. De sakkyndige skal uttale seg om såvel geologiske som bakteriologiske forhold. Ormerod har ansvaret for den bakteriologiske del og Kristiansen for den kjemisk/geologiske del.

Det er gjort to befaringer. Den 10. juni av begge sakkyndige og supplerende befarings av Kristiansen den 17. juni.

Denne redegjørelse bygger på undersøkelser utført på stedet og analyseresultater av materiale samlet inn under befaringene samt gjennomgåelse av sakens dokumenter og samtaler med de berørte parter under befaringene.

Oslo, 15. august 1985

Kari Ormerod

Hans Kristiansen

## 1. INNLEDNING

To familier på Breidablikkplatået på Askøy fikk i 1979 sin vannforsyning ødelagt ved at vannet begynte å bli misfarget. Vannet kom fra to borebrønner på egen eiendom. På naboens eiendom, ikke langt fra borebrønnene, ble det samme år anlagt en bossgrop, og forurensningen ble ansett å ha sammenheng med anleggelsen av denne gropen. Bakteriologisk analyse av vannet fra den ene borebrønnen viste at vannet var uegnet til drikkevann. Saken ble anmeldt, den kom opp i Midthordland herredsrett, og retten kom frem til at naboen var delvis erstatningspliktig. Naboen anket dommen, med den begrunnelse at det ikke kunne være mulig å finne bakteriologisk tilfredsstillende drikkevann i et område med så tynt jordsmonn og intensivt husdyrbruk.

Det er disse forhold NIVA er bedt om å utrede.

## 2. HYGIENISK-BAKTERIOLOGISKE UNDERSØKELSER

Grunnvannets belastning med fekale bakterier ble undersøkt ved å ta prøver av vann fra drikkevannsbrønner i området, dreneringsvann fra Ramsviks og Haalands eiendommer, overflatevann fra Sedahls bossgrop, og diverse prøver fra Ramsviks borebrønn.

### 2.1 Prøver

Ved første befarings den 10. juni 1985 ble det tatt en prøve fra vannspeilet i Sedahls bossgrop. Gress vokste helt ned til gropen, det kom ingen lukt fra den, men vannet inneholdt store mengder svart slam, og det kom gassbobler til overflaten da vi tok prøven. Gassboblene tyder på at det foregår anaerob nedbrytning av organisk stoff i gropen. Filtrering av prøven gikk så langsomt at prøven måtte tas som den var - med innhold av det svarte slammet. Den ble også analysert for bakterier uten at slammet ble fraskilt.

Den 10. juni skulle vi også ha tatt vannprøver fra borebrønnene til Ramsvik og Haaland, men dette viste seg umulig da den pumpen som sto til disposisjon ikke virket. Det ble gjort et forsøk ved å avdekke hullet til Ramsviks borebrønn. Under arbeidet med å få pumpet opp vann raste det jord ned i borebrønnen. Da det til slutt lyktes å få suget opp litt vann, bar dette preg av forurensning med jord - det var

brunlig av farge og grumset. Det lå ingen dyreekskrementer i nærheten av borebrønnen da dette arbeidet ble utført.

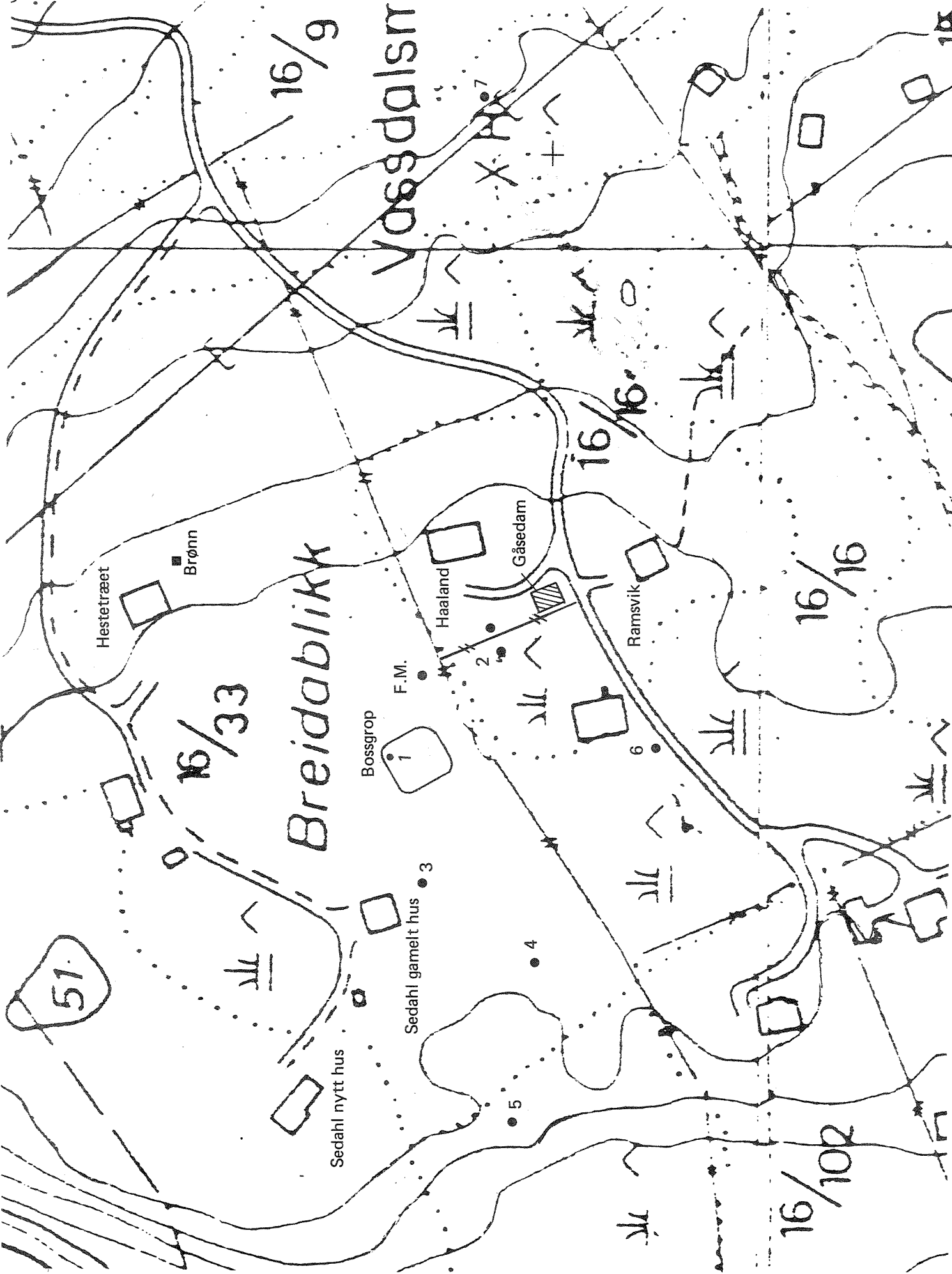
Den 10. juni ble det også tatt en drikkevannsprøve fra kranen på kjøkkenet i Sedahls nåværende bolig (gamle hus).

Under den andre befaringen, den 17. juni, ble det tatt følgende prøver:

- av drikkevannet i Sedahls nye hus.
- av vann fra en brønn som ikke lenger er i bruk, hos Hestetretet (se kartet). Brønnen var tildekket med tett trelokk med luke.
- av vannet fra dreneringsområdet mot øst, fra Ramsviks, Haalands og andre naboers eiendommer, ovenfor Vassdalsmyri, punkt 7 på forstørret kartkopi side 4.
- av grunnvannet fra dreneringsområdet mot vest, fra Sedahls eiendom inkludert bossgruppen, pkt. 5 på kartet.

Det ble gjort forsøk på å ta vann fra Haalands borebrønn gjennom røret i Haalands kjeller. Dette lyktes ikke, da plastrøret tilsynelatende var gått tett. Da det før, ved fargestofftilsetning, var vist at det var nær forbindelse mellom Haalands og Ramsviks borebrønner, ble prøven isteden tatt fra sistnevnte. Et plastrør ble da ført forsiktig ned i Ramsviks borebrønn, pkt. 2. Mellom 50 og 100 liter vann ble pumpet ut før to prøver ble tatt på sterile prøveflasker. Vannet var tydelig rustbrunt og ved henstand dannet det seg raskt slam på bunnen. Prøvene ble analysert uten å fraskille slammet.





## 2.2 Analyser

Alle prøvene ble analysert for totalantall og termotolerante coliforme bakterier i følge Norsk Standard for bakteriologisk analyse av drikkevann, NS 4751, 1. utg. 1976 (se også merknad i tillegget).

Drikkevannsprøven fra Sedahls gamle hus, prøvene av dreneringsvann, av vann fra Ramsviks borebrønn og fra Sedahls grop ble også analysert for innhold av fekale streptococcer. Metode: MPN-metode med glucose azid buljong og ethylviolett-azid-buljong, ifølge WHO/Pergamon Press 1982: Examination of water for Pollution Control. Volume 3: Biological, Bacteriological and Virological Examination.

Drikkevannsprøvene ble også analysert for heterotroft kimtall, 20 °C i 3 døgn, ifølge NS 4751.

## 2.3 Resultater

Drikkevannsprøvene ble analysert med membranfiltermetoden beskrevet i NS 4751. Resultatene er presentert i tabell 1 i tillegget. Membranfilteranalyse (MF) gir mer eksakte resultater enn MPN-analyse, men flere bakteriearter kan interferere og danne coliform-lignende kolonier. Derfor ble enten alle, eller et utvalg av de forskjellige kolonityper, undersøkt med MPN-metodens vekstmedier for bekreftelse av coliform-type bakterie. Drikkevannsprøven fra Sedahls gamle hus ble også analysert ved MPN-metoden i NS 4751. Disse resultatene er inkludert i tabell 2 i tillegget.

Kopi av gjeldende retningslinjer for bakteriologisk bedømming av drikkevann, fra NS 4751 og Sosialdepartementets "KRAV TIL VANN" 1976, er gjengitt som tabell 1 i teksten.

Resultatene fra coliformanalysene av de øvrige prøvene er presentert i tabell 2 i tillegget. Resultatene blir diskutert under punkt 2.4 sammen med resultatene for fekale streptococcer, som er presentert i tabell 3 i tillegget.

Resultatene for alle tarmbakterieanalysene er kombinert i tabell 2 i teksten. Også resultatet for prøven tatt fra Haalands brønn den 17. juni 1980 av helserådsinspektør Dahle, og analysert ved Dr. Svanøes laboratorium i Bergen, er inkludert i tabellen.

Tabell 1. Kvalitetsbedømmelse av drikkevann.

Norsk Standard 4751 angir følgende retningslinjer for den bakteriologiske bedømmning av drikkevann:

Vannkilde	Coliforme bakterier pr. 100 mL vann	Termostabile coliforme bakterier pr. 100 mL vann	Kimtall/mL 20 <sup>0</sup> C i 72 h
Overflatevann (innsjø, dam, elv, bekk e.l.) uten desinfeksjon	Godt < 1 Tvilsoomt: 2 til 30 Ikke brukbart: > 30	Må ikke påvises	Godt: < 100 Tvilsoomt: 100 til 500 Ikke brukbart uten nærmere undersøkelse > 500
Overflatevann, etter desinfeksjon, og grunnvann	Godt: < 1 Tvilsoomt: 1 til 2 Ikke brukbart: > 2	Må ikke påvises	Godt: < 10 Tvilsoomt: 10 til 100 ikke brukbart uten nærmere undersøkelse: > 100

#### 2.4 Diskusjon

E.coli er den coliforme bakterie som finnes i størst mengde i tarmen til mennesker. Den finnes også i tarmen til alle varmblodige dyr og regnes som et sikkert tegn på fersk tarmforurensning. Andre coliforme bakterier finnes også i tarmen, hovedsaklig Enterobacter, men i små mengder i forhold til E.coli. E.coli svekkes og dør forttere ut i naturen enn Enterobacter, som kan overleve lenge og noen ganger også formere seg i jord og forurenset vann. Enterobacter og E. coli utgjør hovedmengden av totalantall coliforme bakterier. I fersk fekal forurensning dominerer E. coli i antall, i gammel forurensning eller avrenning fra kultiverte jordområder som ikke nylig er tilført husdyrgjødsel, kan Enterobacter dominere i antall.

Tabell 2. Sammenligning av prøvestedene mht. fekal forurensning

Prøve	Antall bakterier pr. 100 mL			
	Totalantall coliforme	Termotolerante coliforme	Presumpt. <u>E. coli</u>	Fekale streptococcer
Sedahls gamle hus 10.6.	MPN: 13 MF 6	13 6	13 6	< 5
Sedahls nye hus 17.6.	MF 13	13	13	-
Hestetræet A brønn B 17.6.	MF >270 MF >220	87 93	87 93	- -
Ramsviks borehull 10.6.	1.300	23	23	30
Ramsviks borehull 17.6.	A 500 B 500	< 1 < 1	< 1 < 1	130
Drenering fra Ramsvik 17.6.	5 000	5 000	5 000	70
Drenering fra Sedahls 17.6.	11 000	2 000	2 000	220
Sedahls grop 10.6.	30 000	5 000	5 000	17.000
Prøve Hålands brønn 17.6.1980	130	3	(3)	-
MPN = Most probable number - rør metode MF = Membranfiltermetode				

Fekale streptococcer finnes også i fæces fra varmblodige dyr. Hos mennesket forekommer de i mye mindre mengder enn E. coli. De overlever imidlertid mye lenger enn E. coli i jord og vann, og enkelte arter kan også formere seg på planterester. Gammel forurensning fra mennesker vil derfor kunne ha høyt innhold av fekale streptococcer og totalantall coliforme bakterier, men lavt innhold av E. coli. I fæces fra ku, sau og høns forekommer fekale streptococcer i større mengder enn E. coli, se tabell 3 i teksten. Noen av artene som forekommer i

Tabell 3. Innhold av coliforme bakterier og fekale streptococcer i fæces fra husdyr og mennesker.

Fersk fæces fra	Antall pr. gram		Forholdstall C/S
	Termotolerante coliforme (C)	Fekale streptococcker (S)	
Menneske	13 000 000	3 000 000	4,4
Ku	230 000	1 300 000	0,2
Sau	16 000 000	38 000 000	0,4
Høns	1 300 000	3 400 000	0,4

Tabellen er et utdrag fra følgende publikasjon: Geldreich, E.E., og Kenner, B.A.: Concepts of fecal streptococci in stream pollution. J.Wat.Poll.Contr. 1969, Vol.41,336-352.

stor mengde hos dyr ( S.bovis og S.equinus ) overlever kun i kort tid utenfor tarmen, og de blir heller ikke medbestemt i analysemetoden som er benyttet i denne undersøkelsen. I dette tilfellet var den mest aktuelle dyreforurensning husdyrgjødsel eller fæces fra beitedyr, d.v.s. at det meste var gammelt fekalt materiale. Fra denne typen forurensning forventes lavere innhold av streptococcer enn det som er angitt i tabell 3.

#### 2.4.1 Drikkevannsprøvene

I de to prøvene fra husene til Sedahl var totalantall coliforme og antall E.coli likt, 6-13 pr. 100 mL. Dette vannet var derfor tilført ferskt fekalt materiale. Den ene prøven ble også analysert for fekale streptococcer, men ingen slike ble påvist. Vannet var helt klart og bar ikke preg av å være forurenset.

Vannprøven fra den nedlagte brønnen til Hestetretet var også helt klar. Den inneholdt imidlertid langt flere coliforme bakterier enn prøvene fra de to førstnevnte brønnene. Innholdet var mer enn 270 coliforme bakterier og ca. 90 E.coli pr. 100 mL. På grunn av det høye innholdet av coliforme bakterier ble prøven etter noen døgns lagring analysert for fekale streptococcer, og det ble funnet 22 pr. 100 mL. Denne brønnen var tilført mer fekalt materiale enn Sedahls brønner, men forurensningen var enten av eldre dato eller kom fra gamle fekalier, slik som forventet for avrenningsvann fra dette området. Fordi jordsmonnet er meget grunt i området, vil nedbøren medføre at bakterier som vaskes ut fra gjødsel og fekalier på bakken hurtig siger ned i grunnen og forurenser brønner i området. Antall heterotrofe kim (kimtall) var også meget høyt i alle brønnene. Kimtallet i vannet i Sedahls gamle hus var lavere enn i de andre prøvene.

Ingen av de undersøkte drikkevannsprøvene fra Breidablikkplatået tilfredsstilte kravene til godt drikkevann, ikke engang til udesinfisert overflatevann, hverken med hensyn til coliforme bakterier, E.coli eller kimtall. Dette er heller ikke å forvente på et sted med så tett bebyggelse, intensivt husdyrhold og grunt jordsmonn.

#### 2.4.2 Drensvann mot øst

Prøve av avrenningsvann tatt ovenfor Vassdalsmyri skulle representere dreneringsområdet øst for Sedahls eiendom; bl.a. fra Haalands og Ramsviks eiendommer. I dette vannet var det likt antall coliforme bakterier og E.coli, 5 000 pr. 100 mL. Innholdet av fekale streptococcer var 70 pr. 100 mL. Dette tyder på at forurensningen var fersk, og at den sannsynligvis var dominert av fekalier fra mennesker.

#### 2.4.3 Sedahls grop og drensvannet mot vest

I det svarte slammet i Sedahls grop ble det også påvist 5 000 E. coli pr. 100 ml. Antallet kan imidlertid ha vært høyere, fordi bakteriene kan ha sittet i aggregater på slammet, og hvert aggregat kan ha reagert som en enkelt bakterie i analysen. Det ble påvist 30 000 coliforme bakterier og 17 000 fekale streptococcer pr. 100 mL. Innholdet av de forskjellige typer bakterier stemmer overens med den forventede forurensningskilde, gjødsling og ekskrementer fra beitende dyr.

Sted for prøvetaking av avrenningsvannet fra dreneringsområdet mot vest ble valgt slik at drensvann fra Sedahls grop med stor sannsynlighet var inkludert. Det ble påvist 2 000 E.coli, 11 000 coliforme bakterier og 220 fekale streptococcer pr. 100 mL. Forholdstallet mellom E.coli og fekale streptococcer var her 9,1. Tilsvarende forholdstall for vannet i Sedahls grop var 0,3. Dette tyder på at avrenningsvannet nedenfor Sedahls eiendom er mindre preget av husdyrgjødsel enn vannet i gropen, det kan ha vært tilført fekalier fra mennesker.

#### 2.4.4 Ramsviks borebrønn

Ved prøvetakingen den 10. juni 1985 hadde Ramsviks borebrønn vært ute av bruk i flere år. borebrønnen ble tilført jord under avdekkingen, og vann fra Haalands kjøkkenkran ble tilført for å få pumpen til å fungere. Ca. 1/2 time etter dette ble det suget opp vann fra borebrønn et ved hjelp av et plastrør som tidligere var ført ned i hullet. Denne vannprøven ble analysert for å anslå aktuelt forurensningsnivå. Det viste seg å være 10 ganger høyere enn i prøven tatt i 1980, da det i 1985 ble funnet 23 E.coli, 1 300 coliforme bakterier og 30 fekale streptococcer pr. 100 mL.

Ved prøvetakingen den 17. juni ble det pumpet ut mellom 50 og 100 l vann før prøvene ble tatt. Under denne utpumpingen sank vannstanden i borebrønnen med 20 cm, men etter 1/2 time var den nådd tilbake til halvparten av opprinnelig nivå. Vannet var så partikkelholdig at de funne analyseresultater må anses som minimumstall, slik som forklart for resultatene fra Sedahls grop. Det ble denne gang påvist 500 coliforme bakterier og 130 fekale streptococcer pr. 100 mL, mens E.coli ikke ble påvist i de 55 mL vann som ble brukt i analysen.

Resultatene fra alle tre tidspunkter tyder på at denne borebrønnen har samme forurensningskilde som Sedahls grop og Hestetræets brønn, nemlig ekskrementer fra beitende dyr eller husdyrgjødsel. Det er ingen grunn til å anta at denne forurensningen opprinnelig bare har funnet sted i Sedahls grop, og har spredd seg derfra til brønnene, hverken i 1980 eller i 1985.

### 3. ANNEN BAKTERIOLOGISK BETINGET ENDRING AV VANNKVALITETEN

Da familien Haaland første gang klaget over vannet våren 1979, var det ikke på grunn av mistanke om for høyt bakterieinnhold, men fordi vannet var brunt. Utover høsten 1979 begynte det å gi fra seg vond lukt, som var mest merkbar for folk som kom på besøk. Vannet ble imidlertid mer og mer brunt, og etterhvert merket de også selv lukten. Tom Haaland hadde tatt vare på en vannprøve fra den gang. Den hadde samme utseende som vannprøvene tatt av NIVA den 17. juni 1985, det vil si, den inneholdt store mengder rustlignende slam. Det var da nærliggende for Haaland å sette dette i sammenheng med Sedahls bossgrop, som bl.a. inneholdt et bilvrak samt tomme fat og kanner.

Det er vanlig at dreinsvann fra f.eks. søppelfyllinger fører til rustutfelling når det kommer ut i nærliggende bekker eller dammer. Grunnen er at organisk stoff i fyllingen nedbrytes, og når nedbrytningen går så raskt at alt oksygenet blir oppbrukt, fortsetter nedbrytningen som en oksygenfri (anaerob) forråtnelsesprosess. Denne prosessen skaper et sterkt reduserende kjemisk miljø, slik at jern fra materialer går i oppløsning som toverdige, vannløselige jernforbindelser. Svovelforbindelser vil under slike forhold omdannes til dihydrogensulfid (svovelvannstoff) som lukter som råtne egg. Nitrogen fra organisk stoff blir frigitt som ammoniumforbindelser, og nitrat blir redusert til ammonium. Det organiske stoffet blir omdannet bl.a. til lavmolekylære, organiske syrer og gjør vannet surt. Disse syrene kan nedbrytes videre til metan og karbondioksid dersom metangjæringsprosessen kommer igang. Hvis syrene lekker ut med dreinsvannet, vil de lett nedbrytes når vannet kommer i kontakt med luft, og dette fører til begroingsproblemer. De oppløste, toverdige jernforbindelsene vil i kontakt med luft bli oksydert til treverdige jernoksyder som felles ut som rustslam, og utfellingen fører også til at vannet blir surt. Dette skjer ikke bare i søppelfyllinger. Vi har observert samme forhold i avrenningsvann fra deponier med rent skogsavfall, og fra veier med barkfylling som frostisolering. I tilfellet med den barkfylte veien, riksvei 8 mellom Kongsberg og Larvik, var barkfyllingen lagt på sterkt jernholdig grus, og jernet ble utløst



fra grusen.

Fjellgrunnen på Breidablikk-høyden består av bergarter med høyt jerninnhold. Enhver anaerob prosess som foregår over eller i sprekker i en slik fjellgrunn vil kunne utløse jern. Når dreinsvannet senere kommer i kontakt med luft, enten i oksygenholdig jordsmonn, i brønn eller borebrønn, vil jernet oksyderes og felles ut som rust. Vond lukt fra forråtnelsesprosessen kan følge med vannet til det blir godt luftet. Vi antar at det var en slik prosess som førte til at Haalands reagerte på vannkvaliteten.

Da vannet før denne tid tilsynelatende hadde vært bra, må det ha vært en grunn til at vannkvaliteten forandret seg. Det skjedde to ting i den aktuelle perioden. Våren 1979 ble "Gåsedammen" fylt med materiale fra grunneierens driftsbygning, som var revet. Dette var et gammelt mottingshus (gjødselhus). Ifølge opplysninger fra Sedahl ble også to gamle mottinger (gjødselhauger) og innholdet fra en utedo fylt i dammen. Dette var i månedsskiftet april/mai, og et par dager senere klaget Haalands over brunt vann, ifølge opplysninger fra Sedahl.

Uansett hva slags organisk stoff som ble fylt i dammen, kan dette ha ført til at en nedbrytningsprosess kom igang. Det vil imidlertid ta litt tid før nedbrytningen går over til å bli anaerob, slik at jern blir utløst fra bergarten og sprer seg med grunnvannet i området. Brunfarget materiale fra fyllmassen kan imidlertid ha løst seg i vannet og spredd seg til grunnvannet i løpet av noen få dager. Det er spesielt hvis fyllmassen ligger i vann at nedbrytningsprosessen lett blir anaerob. Der store mengder organisk stoff råtner på denne måten, kan illeluktende forråtnelsesprodukter også spre seg med grunnvannet.

Den jorden og gjødselen som ble tilført dette området våren 1980 før det ble satt poteter, kan ha hatt innvirkning på bakterieinnholdet i grunnvannet, men vil ha hatt liten tilleggs effekt på utløsningen av jern fra grunnen i forhold til den massen som ble tilført i 1979.

Sedahl grov opp sin bossgrop sommeren 1979, etter eget utsagn ca. 1 1/2 måned etter at de to mottingene ble fylt i "Gåsedammen" og Haaland første gang klaget over brunt vann. Denne gropen kan således ikke den gang ha vært årsaken til det brune vannet hos Haaland. Sedahls grop ble fylt med et bilvrak, plastpresenninger, tomme fat og kanner, og med bygningsrester fra et uthus (brake, einer). Ifølge Haalands og Ramsviks utsagn ble også husholdningsavfall kastet i gropen, noe som benektes av Sedahl. I Sedahls grop ble materialet liggende helt eller delvis under vann, slik at en anaerob prosess lett kunne komme igang.

Braker var organisk stoff, likeså kaffegrut som flere vitner hevdet å ha sett i gropen. Dette kan ha bidratt til at det kom igang en anaerob nedbrytning med utløsning av jern, både fra fjellgrunnen, fra bilvraket og eventuelt fra kanner og fat.

Også avrenningsvannet fra det gjødslede området rundt gropen, et område som beferdes av beitende dyr, vil føre med seg organisk stoff som nedbrytes i gropen. Da det ble tatt prøve av vannet/slammet i gropen den 10. juni 1985, steg det gassbobler opp av gropen. Dette tyder på at en anaerob nedbrytningsprosess fremdeles er igang, selv om det ikke lå husholdningssjøppel i gropen. I bunnen av denne gropen kan det derfor fremdeles løses ut jern fra fjellgrunnen. Det svarte slammet i gropen er sannsynligvis jernsulfid, dannet av frigitt svovelvannstoff og jern.

Alle tilgjengelige opplysninger tyder på at årsaken til dannelsen av brunt og illeluktende vann hos Haaland høsten 1979 var anaerob nedbrytning av større mengder organisk stoff i en forsenkning der det organiske stoffet lå under vann, og at vannet fra denne forsenkningen spredde seg til det øvrige grunnvann i området. Utover høsten 1979 kunne både den forhenværende "Gåsedammen" og Sedahls bossgrop ha vært forurensningskilden. "Gåsedammen" lå i samme område som Haalands og Ramsviks borebrønner, mens vann fra Sedahls grop måtte trenge gjennom en fjellrygg med sprekkdannelse som i det vesentligste gikk på tvers av retningen mot de to nevnte borebrønner. Sannsynligheten for at dette kan skje er diskutert i kapittel 3.

Vannet i Ramsviks borebrønn er fremdeles brunt, men de prøvene vi tok hadde ikke vond lukt. Det er lite sannsynlig at det organiske stoffet som ble fylt i "Gåsedammen" i 1979 fremdeles kan være årsaken til at vannet er brunt. I Sedahls bossgrop foregår det fremdeles slik nedbrytning, slik at denne gropen kan være forurensningskilden også idag. Det finnes imidlertid en tredje mulighet. Vannet i Ramsviks borebrønn inneholder høyere konsentrasjoner av organisk stoff enn det som er vanlig å finne i godt drikkevann (se tabell 4 i teksten). Dette organiske stoffet kan komme fra Sedahls grop, men det kan også komme fra husdyrgjødsel, fekalier fra beitende dyr eller utvasking av annet organisk materiale fra jordsmonnet under regnværsperioder eller ved vanning. Disse relativt små mengder organisk stoff kan føre til anaerobe tilstander i bergsprekker med utløsning av jern fra bergartene, dersom vannet blir stillestående eller renner sakte gjennom sprekkene. Når dette vannet igjen kommer i kontakt med luft, felles jernet i form av brunt slam. Dette kan også ha vært årsaken til at det måtte pumpes en tid før vannet ble brukbart straks etterat

borebrønnene ble tatt i bruk (opplysninger fra Sedahl), og det kan være forklaringen på hvorfor vannet i Ramsviks borebrønn fremdeles er brunt. Den gang de to borebrønnene var i bruk som drikkevann, var vannets oppholdstid i bergsprekkene antakelig ikke lang nok til at anaerobe tilstander oppsto.

#### 4. HYDROGEOLOGISKE OG KJEMISKE UNDERSØKELSER

Under befaringen den 17. juni ble det utført nivelleringer av noen relevante punkter i terrenget. Punktene er nummerert fra 1 til 6 og avmerket på forstørret kartkopi, side 4. Høyeste punkt på fjell ved gjerdet mellom Ramsvik og Sedahl ble valgt som fast merke (avmerket F.M.) og høyden satt til  $H = 10.00$  m.

1. Vannstand i bossgrup	H = 7,18 m
2. Bakkenivå ved Ramsviks borebrønn	H = 8,26 "
Vannstand i Ramsviks borebrønn	H = 5,87 "
3. Bakkenivå ved målepunktet	H = 8,06 "
4. Vannstand i lukket grøft	H = 6,82 "
5. Vannstand i utløpet av grøften	H = 3,18 "
6. Bakkenivå ved Ramsviks uthus	H = 7,06 "

Det er ikke naturlig fall fra bossgruppen og ned til Storevatnet (se målepunkt 3). Gropen er derfor drenert ved hjelp av en lukket grøft. Vannstanden i grøften var synlig gjennom et hull i bakken ved målepunkt 4.

##### 4.1 Beregning av grunnvannstrøm

Det fremgår av nivelleringene at høydeforskjellen mellom vannstand i bossgruppen og Ramsviks borebrønn er 1,31 m. Avstanden mellom disse stedene er ca. 30 m.

Dersom det er kommunikasjon mellom bossgruppen og brønnen, kan grunnvannstrømmens hastighet ( $v$ ) beregnes av formelen

$$(1) \quad v = k \frac{h}{l}$$

hvor  $k$  er en konstant avhengig av jordsmonnets gjennomtrengelighet for vann, permeabiliteten.

$h$  er høydeforskjellen

og  $l$  er avstanden mellom de to stedene.

Grunnvannstrømmens hastighet kan også beregnes av likningen

$$(2) \quad v = \frac{l}{t}$$

hvor  $t$  er tiden vannet bruker fra det ene stedet til det andre, forutsatt at fjellgrunnen er jevnt oppsprukket i retningen.

Svanøes kjemiske laboratorium fant at Uranin tilsatt gropen ble påvist i brønnen 4 døgn etter. Benyttes dette tallet for bestemmelse av permeabiliteten fås ved kombinasjon av likning 1 og 2:

$$k = \frac{l^2}{h \times t} = \frac{900}{1.31 \times 4 \times 3600 \times 24} \approx \underline{2.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}}$$

Denne verdi for permeabiliteten innsatt i likning 1 gir:

$$v = 2.0 \times 10^{-3} \frac{1.31}{30} \approx 8.7 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

eller omregnet 7.5 m/døgn.

For å nå frem til Ramsviks borebrønn i løpet av 4 døgn, må vannet fra bossgropen sige ned gjennom grunnen med en hastighet på 7,5 m/døgn. Området som drenerer til bossgropen er omkring 5 mål og selve gropen omkring 100 m<sup>2</sup>. Det betyr at for å opprettholde konstant vannstand i bossgropen må det falle 150 mm nedbør pr. døgn. Dette er en umulighet. Fra 10. juni til 17. juni var vannstanden i bossgropen den samme og det hadde ikke falt nedbør i tidsrommet, bortsett fra kunstig vanning. Det viser at vannet ikke strømmer fra det ene til det andre stedet gjennom et homogent sprekkesystem.

At det er dårlig kommunikasjon mellom bossgropen og borebrønnen bekreftes også av de geologiske forhold, utredet av universitetslektor Helge Askvik. Sprekkesystemet i fjellgrunnen går på tvers av avstanden mellom disse stedene.

## 4.2 Kjemiske analyser

Det ble tatt vannprøver for kjemisk analyse fra de samme stedene som det ble tatt prøver for bakteriologiske analyser. Alle prøvene ble ikke gjenstand for like omfattende analyse. Resultatet av analysen er ført opp i tabell 4 i teksten. Av tabellen fremgår hvor og når prøvene ble tatt.

### 4.2.1 Diskusjon av resultatene

Resultatet fra analysene viser at vannet i Sedahls brønn og Ramsviks borebrønn har noe forskjellig innhold av kalsium og magnesium. Det viser at berggrunnen i området er noe forskjellig, og at de to vann-typerne kommer fra hvert sitt område. Natriuminholdet er det samme og kaliuminnholdet nær det samme i de to tilfellene og kan settes som naturlig innhold i avrenningsvann fra området. Man kan videre konstatere at vannet som drenerer mot Vassdalsmyri stort sett er surere enn vannet som drenerer direkte til Storevatnet mot vest. De forskjellige innhold av jern skyldes biokjemiske forhold i kombinasjon med jernholdige bergarter som forklart under avsnitt 3. Også forskjellig ammonium- og permanganattall har med biologiske forhold å gjøre.

Vannet fra bossgruppen skiller seg fra de øvrige vannprøver først og fremst ved sin høye farge. Fargen kan ha sammenheng med høyt innhold av jern og organiske stoffer. (Permanganattallet skyldes biologisk nedbrytbare organiske stoffer). Av uorganiske stoffer dominerer natrium- og kaliuminnholdet. Høyt innhold av disse stoffene er karakteristisk for avløpsvann fra søppeldeponier og avrenning fra gjødslet mark. Lavt nitrat/nitritinnhold i forhold til ammonium skyldes anaerob biologisk aktivitet.

Natrium og kalium er stoffer som ikke bindes til grunnen, men vil følge grunnvannet. Sammenliknes disse stoffene i bossgruppen med de samme stoffene i Ramsviks borebrønn, ser man at det neppe kan være noen vanntransport fra gropen til brønnen. Drensvannet fra gropen følger etter all sannsynlighet grøften mot vest.

Dersom det antas at det er forbindelse mellom bossgruppen og Ramsviks brønn gjennom et fåtall sprekker i fjellgrunnen, må tilsiget fra gropen være så lite at den tilførte mengde natrium og kalium ligger innenfor målefeilene for bestemmelse av disse stoffene. Vannet i brønnen må i såfall inneholde omkring 1 % av vann fra bossgruppen.

Tabell 4. KJEMISKE ANALYSERESULTATER

Parameter	10.6.85 Sedals kjøkken Dr.vann	17.6.85 Sedals nye hus, dr.vann	17.6.85 Sedals drenering	10.6.85 Sedals grop	Ramsvik borebrønn	17.6.85 Ramsvik drenering	17.6.85 Hestetraet brønn Ikke i bruk
pH	6,3	6,8	6,3	6,1	5,8	5,8	6,8
Kond. 250C mS/m	9,3			21,7	13		
Farge, mg Pt/L	43		137	1040	34	21	
Kalsium, mg Ca/L	3,3			4,4	5,5		
Magnesium, mg Mg/L	1,6			1,1	2,6		
Natrium, mg Na/L	22,3			176	22,3		
Kalium, mg K/L	2,7			43	3,1		
Jern, mg Fe/L	0,24			4,94	1,26		
Mangan, mg Mn/L	0,031			0,06	0,09		
Nitrat mg N/L	0,48			0,082	0,415		
Ammonium, mg N/L	0,09			8,32	0,79		
Permanganattall mg O/L	6,48			155	8,8		
Organisk stoff mg C/L			28	214	44	10	

Det har fremkommet at giftstoffer kan være blitt dumpet i bossgropen, og det ble overveiet å grave opp gropen for om mulig å påvise det. Vekst av høyere vegetasjon rundt gropen og bakterievekst i gropen (se avsnitt 1.4.3) tyder ikke på dumping av stoffer som er giftige for planter eller bakterier. Disse forhold gjorde at det ikke ble funnet nødvendig å grave opp bossgropen.

## 5. KONKLUSJON

På grunn av tynn matjordsoverdekning og oppsprukken fjellgrunn, vil det ikke være mulig å finne grunnvann med drikkevannskvalitet på Breidablikk-platået. Generelt regnes tarmbakterier fra varmblodige dyr og mennesker, å være utdødd i naturen etter omkring to måneder. Man regner at vannet ikke inneholder slike bakterier dersom det bruker minst denne tid på å sige fra overflaten og til inntaket i et borebrønn. Dette kravet tilfredstilles ikke på Breidablikkplatået.

Det er lite sannsynlig at Sedahls bossgrop inneholder giftige kjemikalier. Gropen må hovedsakelig drenere til Storevatnet mot vest.

Resultatene av de utførte analyser viser at vanntransport mellom bossgropen og Ramsviks borebrønn er lite sannsynlig.

Det organiske stoffet som tilføres grunnvannet ved borebrønnen og fører til jernutløsning fra berggrunnen, kommer idag mest sannsynlig fra avrenningsvannet i området. I 1979 var gjenfyllingen av "Gåsedammen" den mest sannsynlige årsaken til at brønnvannet ble brunt.

## TILLEGG

Tillegget inneholder detaljer i utførelsen av de bakteriologiske analysene, slik at det er mulig å bedømme om resultatene er gode nok til å ha rettskraftig gyldighet.

I tabellene over bakteriologiske analysedata er membranfilteranalyser markert med forkortelsen MF. De såkalte rørmeter med statistisk bedømmelse av reaksjonene, såkalt "most probable number"-beregning, er forkortet MPN. NS 4751 inneholder en slik MPN-tabell.

En ny utgave av NS 4751 er under utarbeidelse. I den nye utgaven blir det tatt hensyn til det internasjonale arbeidet på dette området. I den nye utgaven er tabellen som benyttes til statistisk beregning av bakterieantallet ved MPN-metoden skiftet ut med de Mans tabeller (J.C. de Means; The probability of most probable number, European J. appl. Microbiol. 1, 67-78, 1975). I de Mans tabeller er de kombinasjoner som forventes å inntreffe i 95 % av alle tilfeller innlemmet som "Kategori 1"- resultater. Mindre sannsynlige kombinasjoner, som forventes i 4 % av alle tilfeller, kalles "Kategori 2". Kategori 2-resultater skal ikke benyttes ved viktige avgjørelser. Kategori tilhørighet er derfor medtatt i resultat-tabellene. Alle analyse-resultatene viste seg å ligge i kategori 1.

Etter internasjonal diskusjon er man blitt enig om å kalle analyse-resultater etter dyrking ved 37 °C for totalantall coliforme bakterier. MPN- eller membranfilter-analyser etter dyrking ved 44-45 °C gir resultater for termotolerante coliforme bakterier. Sistnevnte type bakterier som også danner indol fra tryptofan etter 24 timers dyrking ved 44 °C kalles presumptive Escherichia coli. Det er meget sannsynlig at dette er E.coli, men det mangler noen tester for at dette er absolutt fastslått. I teksten blir denne parameteren for enkelhets skyld kalt E.coli.



Tabell 1. Resultater for drikkevannsprøvene

Prøve	Antall coliforme pr. 100 mL m-Endo MF medium		Bekreftet ved røremetode				Antall heterotrofe kim pr. mL 20°C i 3 døgn
	37°C Totalantall	44°C Termotolerante	Lactose 37°C	BGB Total-antall	BGB Termo-44°C tolerante	Indol. Presumpt. E. coli	
Sedahls gamle hus	6 Alle bekref- tet	Ikke anal.	+	+	+	+	160
Sedahls nye hus	13 Et utvalg bekreftet	10	+		+	+	≥ 500
Hestetræet prøve A	> 270	87 Et utvalg bekreftet	+		+	+	>1000
Hestetræet prøve B	> 220	93 Et utvalg bekreftet	+		+	+	>1000

Tabell 2. Resultater fra MPN-metode for coliforme bakterier, 3 parametre  
 Oppsett: 10.6.85 5 parallelle rør, 3-4 trinn  
 17.6.85 3 parallelle rør, 3-4 trinn

Prøvested	Positive kombinasjoner	Kategori	MPN-indeks med 95 % konfidensintervall	Antall bakterier pr. 100 mL		
				Totaltall coliforme	Termotolerante coliforme	Presumptiv <u>E. coli</u>
Sedahls gamle hus 10.6.85	4-0-0 4-0-0 4-0-0	1	0,5-1,3-3,9	13	13	13
Ramsviks borehu11 10.6.85	5-5-4-0 5-0-0 5-0-0	1 1 1	5 - 13 - 39 0,9-2,3-8,7 0,9-2,3-8,7	1 300	23	23
Sedahls grop 10.6.85	5-5-5-1 5-5-2-0 5-5-2-0	1 1 1	10 - 30 - 130 2 - 5 - 17 2 - 5 - 17	30 000	5 000	5 000
Ramsviks borehu11, A 17.6.85	3-3-1 0-0-0 0-0-0	1	20 - 50 - 240 < 0,1 < 0,1	500	< 1	< 1
Ramsviks borehu11, B 17.6.85	3-3-1 0-0-0 0-0-0	1	20 - 50 - 240 < 0,1 < 0,1	500	< 1	< 1
Drenering Ramsvik 17.6.85	3-3-3-1 3-3-3-1 3-3-3-1	1 1 1	20 - 50 - 240 20 - 50 - 240 20 - 50 - 240	5 000	5 000	5 000
Drenering Sedahl 17.6.85	3-3-3-2 3-3-3-0 3-3-3-0	1 1 1	30 - 110 - 480 10 - 20 - 140 10 - 20 - 140	11 000	2 000	2 000

Fra prøven fra sedahls grop var største analysevolum 1 mL, for de andre prøvene var den 10 mL.

Tabell 3. Resultater fra MPN-metode for Fekale streptococcer.  
Oppsett begge ganger: 5 parallelle rør, 3-4 trinn.

Prøvested	Positive kombinasjoner	Kategori	MPN-indeks med 95% konfidensintervall	Antall fekale streptococcer pr. 100 mL
Sedahls gamle hus 10.6.85	0-0-0 V= 10 F = 1	-	< 0,5	< 5
Borehull Ramsvik 10.6.85	5-1-0-0 <u>V= 10</u> F= 1	1	1-3-12	30
Sedahls grop 10.6.85	5-5-4-1 <u>V = 1</u> F = 10	1	7-17-48	17 000
Borehull Ramsvik 17.6.85 A	5-4-0 V=10 F=1	1	5-13-39	130
Borehull Ramsvik 17.6.85 B	5-4-0 V=10 F=1	1	5-13-39	130
Drenering fra Ramsvik 17.6.85	5-2-1 V=10 F=1	1	3-7-21	70
Drenering fra Sedahl 17.6.85	5-4-2 V=10 F=1	1	9-22-59	220

V = prøvevolumet i basistrinnet

F = fortynningsfaktoren for basistrinnet.

Basistrinnets respons er det første av de tre tallene som er understreket, regnet fra venstre mot høyre.