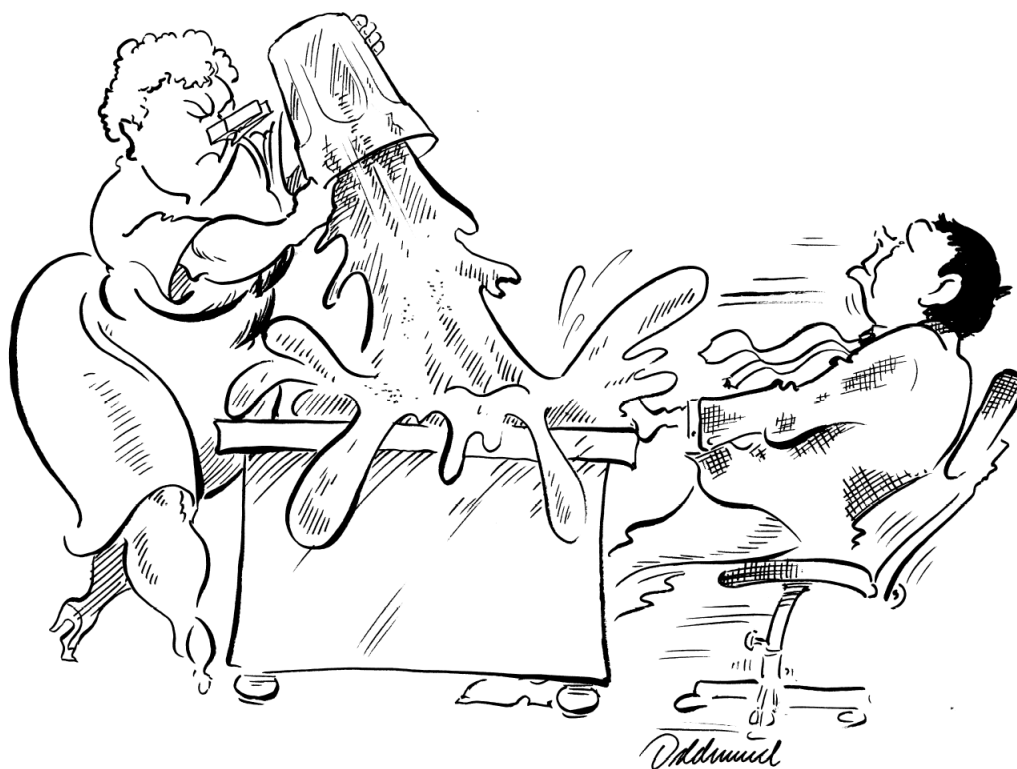


## Prosjektrapport

### Hygieniske barrierer og kritiske punkter i vannforsyningen: Hva har gått galt?



AL Norsk vann og avløp BA

## NORVAR-RAPPORTER

NORVAR – AL Norsk vann og avløp BA – har som formål å organisere samarbeid mellom norske VA-verk i tekniske, økonomiske og administrative spørsmål og ivareta verkenes felles interesser.

Et ledd i arbeidet er utgivelsen av NORVAR-rapporter.

Dette kan være:

- Rapportering av prosjekter/utredninger som er gjennomført og rapportert av en av medlemsbedriftene for eget bruk. NORVAR-rapporten vil i slike tilfeller kunne være en ren kopi av originalrapporten eller noe bearbeidet.
- Rapportering av prosjekter/utredninger som NORVAR har fått gjennomført.
- Rapportering av såkalte «spleiseprosjekter». Dette er prosjekter som to eller flere av NORVAR-medlemmene med felles problemstillinger har samarbeidet om for å få bedre utnyttelse av ressursene.

# NORVAR-rapport

## AL Norsk vann og avløp BA

Postadresse: Vangsvegen 143, 2317 Hamar

Webadresse: [www.norvar.no](http://www.norvar.no)

Besøksadresse: Vangsvegen 143, Hamar

Telefon: 62 55 30 30

Rapportnummer:  
136 - 2004

Dato:  
19. april 2004

Antall sider (inkl. bilag):  
46 (54)

Tilgjengelighet:  
Åpen: x  
Begrenset:

Rapportens tittel:

Hygieniske barrierer og kritiske punkter i vannforsyningen: Hva har gått galt?

Forfatter(e):

Karl Olav Gjerstad, M-Lab

Ekstrakt:

Kravet om 2 hygieniske barrierer for godkjenningspliktige vannverk er et hovedfundament for å sikre et hygienisk betryggende drikkevann. For å oppnå gode løsninger er det viktig at man har mest mulig inngående kunnskap om kritiske faktorer. Gjennom en landsdekkende spørreundersøkelse til norske vannverk har man fått innrapportert 87 forskjellige eksempler på svikt i vannforsyningen, som er nærmere beskrevet og behandlet i denne rapporten, innenfor kategoriene:

- Prøvetaking
- Vannforsyningssystemet før vannbehandling
- Klor-desinfeksjon
- UV-desinfeksjon
- Membranfiltrering
- Kjemisk felling
- Annen vannbehandling
- Vannforsyningssystemet etter vannbehandling
- Stopp i vannforsyningen

I spørreundersøkelsen ble det også stilt en rekke spørsmål knyttet til robusthet i vannbehandlingen, som er nærmere presentert og diskutert i rapporten.

Basert på innrapporterte episoder med svikt samt svar vedrørende robusthet, har forfatteren gitt en rekke anbefalinger for å oppnå økt driftsstabilitet og sikkerhet ved norske vannverk.

Emneord, norske:

Vannforsyning  
Hygieniske barrierer  
Kritiske punkter  
Svikt

Emneord, engelske:

Water supply  
Barriers against pollution  
Critical control points  
Failure

Andre utgaver:

ISBN 82-414-0256-2

## FORORD

Kravet om to hygieniske barrierer for godkjenningspliktige vannverk er et hovedfundament for å sikre et hygienisk trygt drikkevann. Målet med prosjektet ”Hygieniske barrierer og kritiske punkter i vannforsyningen: Hva har gått galt?” har vært å samle inn, gjennomgå og systematisere tilfeller av svikt i hygieniske barrierer ved norske vannverk. Basert på dette erfaringsmateriellet har man fått økt kunnskap om kritiske faktorer, og det er på den bakgrunn også gitt forslag til tiltak for å redusere sannsynligheten for svikt.

Prosjektet ble initiert på bakgrunn av et forslag fra Karl Olav Gjerstad ved M-Lab og gjennomført som et NORVAR-spleiselag. I og med at man ikke oppnådde full finansiering gjennom spleiselag, er det også gitt finansiell støtte fra Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) til prosjektet, og NORVAR har bidratt med egeninnsats og midler til trykking.

Karl Olav Gjerstad har vært engasjert til å gjennomføre undersøkelsen og er forfatter av selve rapporten. Anbefalingene i rapporten står for forfatterens regning og er ikke prinsipielt behandlet i NORVARs organer. Vannverkssektoren kan likevel slutte seg til de fleste anbefalingene.

Det er gitt faglige innspill til arbeidet fra Morten Nicholls, SNT (Mattilsynet etter 01.01.04) og Truls Krogh, Nasjonalt folkehelseinstitutt. Sistnevnte har også fremskaffet opplysninger fra Folkehelseinstituttets Vannverksregister til bruk i bl.a. vedlegg 3. Prosjektleder fra NORVARs side har vært Toril Hofshagen.

Deltakerne i NORVAR-spleiselaget har utgjort prosjektets styringsgruppe:

- Svein P. Bakken, Gjøvik kommune
- Jarle Eirik Skaret, Glitrevannverket IKS
- Målfrid Storfjell, Hias IKS
- Ernst Hovland, IVAR IKS
- Einar Mathiesen, Larvik kommune
- Arne Blomli, Narvik kommune
- Torstein Backer-Owe, Odde kommune
- Gunnar Mosevoll, Skien kommune
- Tor Inge Kjeldsen, Tromsø kommune
- Vidar Kristiansen, Trondheim bydrift
- Svein-Arne Kværner, Ullensaker kommune
- Nils Saltveit, VAV
- Sverre Mollatt, VIV IKS
- Bjørn Skulstad, Ålesund kommune

Vi vil få takke alle bidragsyterne for innsatsen! Vi håper rapporten kan være et nyttig erfaringsgrunnlag i arbeidet for en trygg vannforsyning!

Hamar, 19. april 2004

Toril Hofshagen

# INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD.....	1
SAMMENDRAG.....	3
<b>1 INNLEDNING .....</b>	<b>6</b>
<b>2 ARBEIDSMETODIKK OG RESPONS PÅ SPØRREUNDERSØKELSEN.....</b>	<b>7</b>
<b>3 RAPPORTERTE EPISODER MED SVIKT. DISKUSJON OG ANBEFALINGER.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 PRØVETAKING .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2 VANNFORSYNINGSSYSTEMET FØR VANNBEHANDLING.....</b>	<b>9</b>
3.2.1 <i>Oppsummering av episodene.....</i>	<i>9</i>
3.2.2 <i>Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene.....</i>	<i>11</i>
3.2.3 <i>Diskusjon og anbefalinger.....</i>	<i>15</i>
<b>3.3 VANNBEHANDLING MED KLOR.....</b>	<b>15</b>
3.3.1 <i>Oppsummering av episodene.....</i>	<i>15</i>
3.3.2 <i>Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene.....</i>	<i>16</i>
3.3.3 <i>Diskusjon og anbefalinger.....</i>	<i>22</i>
<b>3.4 VANNBEHANDLING MED UV.....</b>	<b>23</b>
3.4.1 <i>Oppsummering av episodene.....</i>	<i>23</i>
3.4.2 <i>Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene.....</i>	<i>23</i>
3.4.3 <i>Diskusjon og anbefalinger.....</i>	<i>30</i>
<b>3.5 VANNBEHANDLING MED MEMBRANFILTRERING .....</b>	<b>31</b>
3.5.1 <i>Oppsummering av episodene.....</i>	<i>31</i>
3.5.2 <i>Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene.....</i>	<i>31</i>
3.5.3 <i>Diskusjon og anbefalinger.....</i>	<i>33</i>
<b>3.6 VANNBEHANDLING MED KJEMISK FELLING.....</b>	<b>33</b>
3.6.1 <i>Oppsummering av episodene.....</i>	<i>33</i>
3.6.2 <i>Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene.....</i>	<i>33</i>
3.6.3 <i>Diskusjon og anbefalinger.....</i>	<i>33</i>
<b>3.7 ANNEN VANNBEHANDLING .....</b>	<b>34</b>
3.7.1 <i>Oppsummering av episodene.....</i>	<i>34</i>
3.7.2 <i>Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene.....</i>	<i>34</i>
3.7.3 <i>Diskusjon og anbefalinger.....</i>	<i>35</i>
<b>3.8 ETTER VANNBEHANDLING, FORDELINGSNETT .....</b>	<b>35</b>
3.8.1 <i>Oppsummering av episodene.....</i>	<i>35</i>
3.8.2 <i>Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene.....</i>	<i>36</i>
3.8.3 <i>Diskusjon og anbefalinger.....</i>	<i>38</i>
<b>3.9 STOPP I VANNFORSYNINGEN.....</b>	<b>39</b>
3.9.1 <i>Oppsummering av episodene.....</i>	<i>39</i>
3.9.2 <i>Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene.....</i>	<i>39</i>
3.9.3 <i>Diskusjon og anbefalinger.....</i>	<i>40</i>
<b>3.10 STATISTISK OPPSUMMERING AV EPISODENE .....</b>	<b>41</b>
<b>4 ROBUSTHET I VANNBEHANDLINGEN. RESULTATER OG ANBEFALINGER.....</b>	<b>42</b>
<b>4.1 BESØKSFREKVENNS PÅ ANLEGGET .....</b>	<b>42</b>
<b>4.2 SIKKERHET I STRØMTILFØRSEL.....</b>	<b>42</b>
<b>4.3 VANNBEHANDLING .....</b>	<b>43</b>
<b>4.4 ÅRSAK OG ANSVARSFORHOLD I FORHOLD TIL DEN REGISTRERTE SVIKT .....</b>	<b>46</b>
Vedlegg 1	Spørreskjema med veiledning
Vedlegg 2	Anbefalinger for valg av prøvested, etablering av prøvested og prøvetaking
Vedlegg 3	Utdrag av foreløpig rapport fra Vannverksregisteret. Data fra 2002

## SAMMENDRAG

Den 17. juni ble det sendt ut spørreskjema til 424 kommuner, 17 interkommunale vannverk og 668 private vannverk. Vannverkene ble bedt om å rapportere inn episoder med svikt i de hygieniske barrierer som hadde funnet sted de siste 5 år og å besvare spørsmål som gjaldt robusthet i vannbehandlingen. Det er totalt fylt ut 121 spørreskjema og gitt beskrivelse av 87 episoder. Enkelte av episodene omfatter svikt i mer enn én barriere.

29 episoder omfatter unormalt dårlig mikrobiologisk eller kjemisk råvannskvalitet. Det er beskrevet en rekke tilfeller der unormale værforhold har ført til mikrobiell forurensing av løsmassebrønner som har vært regnet som 2 hygieniske barrierer og av borebrønner. I 4 av episodene er det rapportert om sykdomstilfeller. Unormal kjemisk vannkvalitet (spesielt høyt fargetall) har redusert effekten av etterfølgende vannbehandling inkl. desinfeksjon i 9 tilfeller.

21 episoder gjelder svikt i kloreringen. Årsakene er dels ulike former for teknisk svikt i desinfeksjonsanlegget, svikt i forbehandling før desinfeksjonstrinnet og endringer i råvannskvaliteten som har resultert i for lave restklorkonsentrasjoner på renvannet.

Det er rapportert om 27 episoder med svikt i UV-desinfeksjon. I tillegg til teknisk svikt på UV-aggregatet er årsakene (som for klordesinfeksjon) dels svikt i forbehandling og dels endring i kjemisk kvalitet i råvannskilden.

7 episoder skyldes svikt i membranlegg. Av disse er det rapportert om 4 episoder med gjennombrudd i membranfilteret og 3 episoder der annen teknisk svikt har ført til at råvannet måtte ledes utenom membranfilteret.

Det er videre registrert 3 episoder med meget høy pH på nettprøver, 6 episoder med inntrenging av forurenset vann på ledningsnett og 5 episoder med full stopp i vannforsyningen.

I tillegg til episodebeskrivelser ble det i spørreskjemaene stilt en rekke spørsmål om robusthet i vannbehandlingen:

### Sikkerhet i strømforsyningen

- 50 av totalt 64 vannverk hadde opplevd 1 eller flere strømbrudd de siste 2 år, mens mindre enn halvparten av disse hadde installert nødstrømsaggregat og/eller batteribackup.

### Besøksfrekvens på anlegget

- Den vanligste besøksfrekvensen på anleggene var ukentlig med et gjennomsnitt for alle vannverk på 2,3 ganger pr. uke.

### Klordesinfeksjon

- Natriumhypokloritt var den dominerende klortypen. 15 av 23 anlegg hadde automatisk måling av klorrest, og av disse igjen hadde 12 anlegg alarm til vakt. 8 av 23 anlegg hadde manuell klormåling, og ved 3 av disse ble klorrest målt daglig.

### UV-desinfeksjon

- Alle UV-aggregat var typegodkjente, og de fleste anlegg hadde rutiner for regelmessig rengjøring. 6 av totalt 47 anlegg hadde ikke reserve UV-lamper. 3 anlegg hadde ikke

opplysninger om dimensjoneringskriterer for UV-aggregatet tilgjengelig. Det mest overraskende var at bare 15 av 48 anlegg hadde intensitetsmåler tilknyttet alarm til vakt.

#### Membranfiltrering

- 4 av 8 anlegg opplyste at de hadde kontinuerlig avlesning av turbiditet eller partikkelinnhold, men bare 1 av 8 anlegg hadde tilkoblet alarm til vakt. Med bakgrunn i bl.a. opplysninger fra leverandørene av membranlegg er det grunn til å tro at bare en liten del av anleggene har kontinuerlig avlesning av turbiditet eller partikkelinnhold.

#### Kjemisk felling

- pH er en kritisk parameter i fellingsprosessen. 6 av 14 anlegg hadde ikke automatisk overstyring av pH eller overvåking med alarm til vakt. 5 av 15 anlegg hadde ikke kontinuerlig avlesning av turbiditet, farge eller partikkelinnhold på renvannet.

#### Årsak og ansvarsforhold

- På spørsmål om hvem som hadde ansvar for svikten, svarte 38 av 48 at vannverket selv i stor grad hadde ansvaret, mens 8 av 48 anga at leverandøren i stor grad hadde ansvaret. Teknisk svikt ble oppgitt som den dominerende årsak (24 av 42 svar), mens 12 av 42 svar anga manglende nedskrevne driftsrutiner eller oppfølging av driftsrutinene som viktig årsak.

På bakgrunn av de innrapporterte episoder og generelle vurderinger av kritiske punkter i de hygieniske barrierer, er det gitt anbefalinger for å øke sikkerheten i vannforsyningssystemet:

#### Råvannskilde og nedbørfelt

- Det anbefales at vannverkene foretar en grundig risikoanalyse når det gjelder mulighet for forurensing av råvannskilden. Dette bør innbefatte en vurdering av risiko i forhold til unormale vær-situasjoner, en grundig kartlegging av forurensingskilder som ligger i nedbørfeltet (f.eks. avløpsledninger, septiktanker, tanker med fyringsolje m.m.) og sikring av grunnvannskilder mot direkte nedtrengning av forurenset overflatevann (brønntoppsikring).
- I prøvetakingsplanene bør det også innarbeides en praksis der det tas ut ekstraprøver i perioder med større mulighet for forurensing av råvannskildene (f.eks. ved store nedbørmengder).

#### Klordesinfeksjon

- Det anbefales automatisk overvåking av restklor i renvann med alarm til vakt. For å oppnå større målesikkerhet kan det være fornuftig at den automatiske klormålingen foretas på et punkt bare få minutter etter klortilsats.
- Det er også gitt eksempler der den automatiske overvåkingen har sviktet (turbiditetsmåler og klorrestmåler), og dette indikerer behov for en bedre kontroll og vedlikehold av automatisk måleutstyr.
- Ved bruk av nye forsyninger med klorkonsentrat vil det være fornuftig å kontrollere om klorrest i renvannet ligger på forventet nivå. Generelt skal klorkonsentrat oppbevares mørkt og kjølig for å øke holdbarheten. En fortykning av 15 % klorkonsentrat til 7,5 % kan øke holdbarheten med ca. 4 ganger.

## UV-desinfeksjon

- Det anbefales at vannverk som har noe eldre UV-anlegg foretar en kontroll på om dimensjoneringskriteriene er overholdt, spesielt med hensyn på vannets transmisjon, men også i forhold til vannmengde.
- I de tilfeller der UV-anlegget er dimensjonert med den forutsetning at forbehandlingen (eksempelvis kjemisk felling) fjerner mesteparten av partikler og organisk stoff, bør det være installert et reservekloranlegg der det er planlagt dosert en tilstrekkelig stor klordose i forhold til den antatt dårligste råvannskvalitet (dersom UV-anlegget skal dimensjoneres i forhold til den dårligste vannkvaliteten på råvannet vil dette kunne bli uforholdsmessig kostbart).
- For UV-anlegg anbefales det å montere alarm til vakt på intensitetsmåleren. Dette vil fange opp en rekke ulike årsaker (som inkluderer både problem med forbehandling og ulike typer svikt i UV-anlegget) til at desinfeksjonen ikke fungerer etter hensikten. Det er overraskende at hele 33 av de 48 UV-anleggene som er registrert i denne spørreundersøkelsen ikke hadde tilkoblet intensitetsmåleren til vaktalarm.

## Membranfiltrering

- For å øke sikkerheten ved membrananeleggene (spesielt der anlegget utgjør den ene hygieniske barrieren) er det et klart behov for en kontinuerlig registrering av vannkvaliteten som kan gi et tidlig varsel om gjennombrudd og med alarm til vakt. Det mest aktuelle tiltak synes her å være ettermontering av en partikkelteller.
- I tillegg bør det være oppmontert et reservekloranlegg som benyttes i de tilfeller det av ulike grunner (for eksempel svikt i forfilter) er nødvendig å kjøre i bypass, og det må da doseres tilstrekkelig klor i forhold til den dårligste råvannskvaliteten (ofte høyt humusinnhold) inn til disse anleggene. På noen av anleggene er det montert UV-aggregat etter membrananelegget som den 2. hygieniske barrieren. UV-aggregatene er dimensjonert i forhold til at membrananelegget fjerner mesteparten av humusstoffene og vil normalt ikke gi god nok desinfeksjon i en "bypass-situasjon".
- Det er viktig med gode drifts- og vedlikeholdsrutiner for utskifting av membraner og pakninger før lekkasjer inntreffer (forebyggende vedlikehold).

## Kjemisk felling

- Vannbehandling med kjemiske fellingsanlegg er en relativt komplisert prosess som krever omfattende opplæring av operatør i kombinasjon med praktisk erfaring ved det enkelte anlegg. Svikt i fellingsprosessen vil ofte resultere i svikt i etterfølgende desinfeksjon, og det er derfor meget viktig å etablere en kontinuerlig overvåkning av vannkvaliteten med hensyn på parametere som best mulig reflekterer fellingsanleggets renseseffekt og stabilitet.

## Strømforsyning

- Stabil strømforsyning er en forutsetning for at vannbehandlingen skal fungere. Det anbefales installasjon av overspenningsvern som beskyttelse mot lynnedslag. I tillegg anbefales batteribackup for sentrale styringssystemer som buffer mot strømstans av mer kortvarig karakter. Installasjon av nødstrømsaggregat sikrer strømforsyningen til mer strømkrevende prosesser ved lengre stans i strømforsyningen.



# 1 INNLEDNING

Et hovedfundament i norsk vannforsyning for å sikre et hygienisk betryggende drikkevann, er kravet om 2 hygieniske barrierer for godkjenningsspliktige vannverk. Begrepet "2 hygieniske barrierer" ble i en mer offisiell sammenheng introdusert i 1985 i en veiledningsserie for forvaltning av drikkevannsforsyningen utgitt av Statens Institutt for Folkehelse (nå Nasjonalt folkehelseinstitutt). I drikkevannsforskriften av 1. februar 1995 er det i en merknad til forskriften presisert at kravet om hygienisk sikring for godkjenningsspliktige vannverk innebærer at det til sammen må være minimum 2 hygieniske barrierer. I den nye drikkevannsforskriften som kom 4. desember 2001 er det nedfelt i § 14 at godkjenningsspliktige vannverk skal ha minimum 2 hygieniske barrierer. I den tilhørende veileder til forskriften er det lagt stor vekt på en utdyping av hva begrepet "to hygieniske barrierer" innebærer.

Etablering av sikre hygieniske barrierer omfatter riktig valg og beskyttelse av råvannskilde, riktig valg og dimensjonering av vannbehandling og gode driftsrutiner. For å oppnå gode løsninger er det viktig at både planlegger (ofte konsulent) og vannverkseier har mest mulig inngående kunnskap om kritiske faktorer, og her representerer erfaringsgrunnlaget fra landets vannverk gjennom mange år en meget verdifull kunnskapsbank som flest mulige med ansvar for drikkevannsforsyningen bør ha kjennskap til. Spesielt viktig ut fra et pedagogisk synspunkt vil det være å ha kjennskap til konkrete tilfeller (episoder) der det har vært svikt eller nesten svikt i de hygieniske barrierer.

Med unntak av en listebasert oversikt fra Folkehelseinstituttet der det var registrert 42 sikre vannrelaterte sykdomsutbrudd i perioden 1990 – 2001, er det ikke kjent at det er foretatt større undersøkelser for å fremskaffe oversikt over episoder med brudd i de hygieniske barrierer på et mer generelt grunnlag.

Ideen til å få utført en landsdekkende spørreundersøkelse ble lansert i 2002. Utarbeidelse av spørreskjema med veiledning ble foretatt i mai 2003 og utsendelse fant sted 17. juni med siste svarfrist 15. august 2003. Denne rapporten oppsummerer resultatene av spørreundersøkelsen.

## 2 ARBEIDSMETODIKK OG RESPONS PÅ SPØRREUNDERSØKELSEN

Hovedfokus i undersøkelsen har vært å få frem flest mulige eksempler på svikt eller nesten svikt i de hygieniske barrierene de siste 5 årene. Det er i tillegg stilt en rekke spørsmål for å få et inntrykk av hvor robust vannbehandlingen var når den aktuelle episoden fant sted. Spørreskjema og veiledning til skjemaet er vedlagt (vedlegg 1).

Med utgangspunkt i adresselister fra Vannverksregisteret (oppdatert pr. 12. juni 2003) som vedlikeholdes av Nasjonalt folkehelseinstitutt, ble det sendt ut spørreskjema til 424 kommuner, 17 interkommunale vannverk og 668 private vannverk. Siste svarfrist gikk ut 15. august 2003. Ved optelling 1. september var det kommet inn totalt 103 svar. Av disse hadde 92 fylt ut spørreskjema hvorav 51 episoder var beskrevet. For å få dokumentert flere episoder er det i perioden oktober – desember 2003 foretatt telefonisk henvendelse til alle de kommuner som ikke hadde svart (tilsvarende oppfølging har det innenfor prosjektets økonomiske ramme ikke vært mulig å foreta i forhold til de private og interkommunale vannverkene). Etter 1 – 3 forsøk på å treffe aktuell kontaktperson i hver kommune ble det oppnådd kontakt med den ansvarlige person i 168 av kommunene. Av disse kunne 91 opplyse at de ikke kjente til aktuelle episoder de siste 5 år, mens 31 har beskrevet episoder enten pr telefon eller ved innsendelse av spørreskjema. 30 personer som ble kontaktet skulle returnere utfylte spørreskjema, men disse er ikke mottatt innen rapporten skulle ferdigstilles. De resterende 16 av de 168 intervjuede kontaktpersonene kunne opplyse at kommunen fikk vann fra interkommunale eller private vannverk. 2 spørreskjema med beskrivelse av 2 episoder er kommet inn etter at rapporten er påbegynt, og 3 episoder er beskrevet av forfatteren på bakgrunn av nærmere kjennskap til disse episodene. Totalt i undersøkelsen er det beskrevet 87 episoder og fylt ut 121 spørreskjema.

For flere av de kommuner som har sendt inn spørreskjema, har det også vært nødvendig å ta oppfølgende kontakt for å få en mer klargjørende beskrivelse av de aktuelle episodene. Det er også flere vannverk som har fylt ut det tilsendte spørreskjemaet selv om det ikke er registrert episoder. Også data fra disse skjemaene er tatt med i statistikkoversiktene i kap. 4. Av de 87 som har beskrevet episoder, har 60 ønsket anonymisering av vannverksnavnet. I beskrivelsen av den enkelte episode i denne rapporten er det oppført totalt antall fastboende som er forsynt fra det aktuelle vannverket. Disse opplysningene er hentet fra Vannverksregisteret.

I spørreundersøkelser av denne karakter vil det erfaringsmessig være en stor prosentandel som av ulike grunner ikke returnerer tilsendt skjema. Selv om det i dette prosjektet er anvendt betydelig tid på å få kontakt med de kommunale vannverkene som ikke returnerte spørreskjema innen tidsfristen, er det innenfor prosjektets økonomiske rammer ikke oppnådd kontakt med vannverksansvarlig i 183 kommuner. Det kan også konstateres at 638 av totalt 685 interkommunale og private vannverk ikke har returnert spørreskjema. Dette tilsier at det er mange episoder vi ikke har fått kjennskap til, men de innrapporterte tilfellene synes allikevel å representere en stor variasjonsbredde når det gjelder eksempler og ulike årsakssammenhenger til svikt i de hygieniske barrierer.

Presentasjon og diskusjon av resultatene er gitt i kapittel 3 og 4. I kapittel 3 gis det først en kort gruppevis oppsummering av episodene. Deretter beskrives hver enkelt episode etterfulgt av diskusjon og anbefalinger. I kapittel 4 er det foretatt en tabellarisk presentasjon av svar på spørsmål som gjelder robusthet i vannbehandlingen med en kort oppsummering og diskusjon.

I veiledningen til spørreundersøkelsen ble det bedt om innrapportering av episoder som hadde funnet sted de siste 5 år. Enkelte av episodene er noe eldre enn 5 år, men er allikevel tatt med. Undersøkelsen var i utgangspunktet begrenset til episoder som angikk råvannskilde og nedbørfelt eller vannbehandling, da begrepet hygieniske barrierer tradisjonelt omfatter denne del av vannforsyningssystemet. Det er i tillegg innkommet beskrivelser av 6 episoder med forurensing av vannforsyningssystemet etter vannbehandling, 2 episoder der meget høyt vannforbruk førte til at råvann måtte ledes utenom vannbehandlingsanlegget og 1 episode med oppstuvning av avløpsvann i vannkum. 5 episoder beskriver full stopp i vannforsyningen. Også disse episodene er tatt med.

### **3 RAPPORTERTE EPISODER MED SVIKT. DISKUSJON OG ANBEFALINGER**

De 87 episodene er sortert i 9 hovedgrupper:

- Prøvetaking (kap. 3.1)
- Vannforsyningssystemet før vannbehandling (kap. 3.2)
- Klor-desinfeksjon (kap. 3.3)
- UV-desinfeksjon (kap. 3.4)
- Membranfiltrering (kap. 3.5)
- Kjemisk felling (kap. 3.6)
- Annen vannbehandling (kap. 3.7)
- Vannforsyningssystemet etter vannbehandling (kap. 3.8)
- Stopp i vannforsyningen (kap. 3.9)

Enkelte episoder kan vedrøre svikt i 2 kategorier og blir da omtalt under 2 ulike grupper.

#### **3.1 Prøvetaking**

I 3 av de rapporterte episodene (skjema nr. 72, 74, 77) med påvisning av fekale indikatorbakterier på nettprøver, har det vært indikert at feil under prøvetakingen kan ha vært årsak til resultatene fra den bakteriologiske analysen. Med de prøvetakingsfrekvenser som ofte benyttes (ukentlig til månedlig prøvetaking) er sannsynligheten meget liten for å påvise mer tilfeldig forurensing av drikkevannet. Det er derfor viktig at både etablering av prøvetakingskraner og selve utførelsen av prøvetakingen er ivaretatt på en profesjonell måte, slik at i de tilfeller fekale indikatorbakterier påvises, må en kunne være sikker på at det er en reell forurensing som da skal følges seriøst opp (omprøver vil som oftest gi et negativt resultat, og det er da lett å slå seg til ro med at ”det var sikkert feil ved prøvetakingen”). I vedlegg 2 er det gitt anbefalinger i forhold til etablering av prøvekranner og gode prøvetakingsrutiner.

#### **3.2 Vannforsyningssystemet før vannbehandling**

##### **3.2.1 Oppsummering av episodene**

Det er innrapportert totalt 29 tilfeller der kjemisk eller mikrobiologisk råvannskvalitet har vært unormal (utover normale årstidsvariasjoner). I 21 av episodene er det påvist fekale indikatorbakterier på prøver av renvann eller nettvann, og det er i 4 av disse episodene rapportert om sykdomsutbrudd. Episodene er inndelt i 6 grupper for å synliggjøre ulike årsakssammenhenger. Eksemplene som omtales under gruppe 1, 2 og 3 gjelder vannverk som ikke har desinfeksjon og er beskrevet mer detaljert i dette kapitlet. Eksemplene i gruppe 4 er også gjengitt nedenfor. Eksemplene som kort oppsummeres under gruppe 5 og 6 omfatter også tilfeller med svikt i desinfeksjonsanlegg og fellingsanlegg og er gjengitt mer detaljert i kapittel 3.3 og 3.4.

##### **Gruppe 1 (7 episoder)**

*Påvisning av fekale indikatorbakterier i renvanns- og nettprøver fra vannverk med løsmassebrønner uten desinfeksjon (antatt at råvannskilde og nedbørfelt til sammen utgjør 2 hygieniske barrierer).*

- 2 episoder (skjema nr. 119 og 146) skyldes forurensing med avløpsinfiltrert overflatevann i nærområdet til brønnene og forårsaket sykdomsutbrudd. 3 episoder

(skjema nr. 132, 134 og 144) gjelder flomsituasjoner der forurenset overflatevann har trengt rett ned i brønntoppen. 1 episode (skjema nr. 30) skyldes innsug på råvannsledning. For 1 episode er årsak ukjent (skjema nr. 127).

### **Gruppe 2 (5 episoder)**

*Påvisning av fekale indikatorbakterier i renvanns- og nettprøver fra vannverk med borebrønner uten desinfeksjon (råvannskvaliteten har normalt hatt god bakteriologisk kvalitet).*

- 1 episode (skjema nr. 147) skyldes inntrenging av avløpsvann i brønn og førte til sykdomsutbrudd. 1 episode (skjema nr. 28) skyldes store nedbørsmengder og sannsynligvis nedtrenging av overflatevann i borehull. I de øvrige 3 episodene (skjema nr. 70, 72 og 73) er årsak ikke avklart, men det har vært antydning feil ved prøvetaking for en av disse episodene.

### **Gruppe 3 (2 episoder)**

*Påvisning av fekale indikatorbakterier i renvanns- og nettprøver fra vannverk med overflatevannkilder uten desinfeksjon (råvannskvaliteten har normalt hatt god bakteriologisk kvalitet).*

- 1 episode (skjema nr. 135) skyldes meget sterk forurensing i råvannskilden av avføring fra gjess. 1 episode (skjema nr. 138) skyldes innkobling av en ”krisereserve-drikkevannskilde” uten desinfeksjon og resulterte i sykdomsutbrudd.

### **Gruppe 4 (2 episoder)**

*Unormalt dårlig bakteriologisk kvalitet på råvannet, men der desinfeksjonsanlegget har fungert.*

- 1 episode (skjema nr. 91) skyldes store nedbørsmengder samtidig med høstsirkulasjon i en dyp innsjø. 1 episode (skjema nr. 153) tilskrives ”vipping” av sprangsjiktet under vindpåvirkning slik at vannmasser påvirket av overflatevann i en kort periode kom ned i råvannsinntaket.

### **Gruppe 5 (4 episoder)**

*Unormalt dårlig bakteriologisk kvalitet i råvannskilden der det samtidig har vært svikt i desinfeksjon.*

- 2 episoder (skjema nr. 43 og 94) skyldes forurenset overflatevann som har rent ned i borebrønn. 1 episode (skjema nr. 55) skyldes innkobling av reservevannkilde der det var store måkeforekomster, og 1 episode (skjema nr. 90) skyldes forurenset dypvannsinntak.

### **Gruppe 6 (9 episoder)**

*Unormalt dårlig kjemisk kvalitet på råvannet (eks. høyt fargetall) som har vært direkte årsak til svikt i etterfølgende vannbehandling (kjemisk felling eller desinfeksjon).*

- 4 av episodene skyldes redusert UV-effekt pga. høyt fargetall i nedbørsperioder (skjema nr. 87, 122, 131 og 137). 1 episode skyldes sementbelegg (forurensing av råvannet) på UV-lampe (skjema nr. 8). 3 av episodene (skjema nr. 51, 78 og 117)

skyldes endringer i råvannskvaliteten som påvirket fellingsprosessen. 1 episode skyldes svikt i klorering pga. sterk økning i fargetall (skjema nr. 50).

### 3.2.2 Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene

#### Gruppe 1

Skjema nr: 30	Vannkilde: Løsmassebrønn	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 7900	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Ingen desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> 2000. Det ble tidvis registrert termostabile koliforme bakterier i drikkevannet. Sugeledningen fra løsmassebrønnen gikk gjennom en gammel brønn som stod fylt med overflatevann. Det antas at årsak til bakteriell forurensing skyldes en lekkasje i en rørsammenføyning der råvannsledningen gikk gjennom gammel brønn.			
<b>Tiltak:</b> Veggene i sumpen (brønnen) er tettet med injisering og sprøytebetong. Brønnen ble deretter tømt for vann.			

Skjema nr: 119	Vannkilde: Løsmassebrønn	Vannverk: Krikken Antall fastboende forsynt: 1200	Kommune: Hemsedal
<b>Vannbehandling:</b> pH-justering og lufting. Klordesinfeksjon i beredskap.			
<b>Episode:</b> Romjulen 2000. Det ble av kommunelegen erfart stor pågang av folk i romjulen med mage-tarm sykdom (ca 200 personer ble syke). I vannprøver fra vannverket ble det påvist små mengder koliforme bakterier. Avføringsprøver av pasienter viste tilstedeværelse av Norwalk-virus, og det ble antatt at drikkevannet var årsak. Grunnen til forurensing av brønnen ble antatt å være oppbygging av en isdemning i elva inntil brønnen. Isdemningen var utformet slik at vannivået i elva ble hevet 0,5 – 1,0 m og laget en liten dam inn mot brønnen. Dammen hadde et islokk på toppen med åpning og tilførsel oppstrøms inntaket, og det ble antatt at dammen førte til et høyere vanntrykk inn mot brønnen enn normalt. Avløpsrenseanlegget til tettstedet ligger ca. 1 km oppstrøms brønnområdet og har utslipp i elven.			
<b>Tiltak:</b> Isdemningen ble revet ned med gravemaskin og førte raskt til bedring i bakteriologisk kvalitet. Klorering ble igangsatt nyttårsaften og pågikk frem til nytt UV-anlegg ble installert sommeren 2002. Skiltet og ryddet nærområdet til vannverket. Reduserte vannlekkasjer med 30 %. Satte ned prøvebrønner på leting etter ny hovedvannkilde. Endret på utpumping fra grunnvannsbrønn. Hyppigere prøveuttak (ukentlig). Utbedring av det kommunale avløpsrenseanlegg.			

Skjema nr: 127	Vannkilde: Løsmassebrønn	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 5000	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Alkalisering ved marmorfilter og CO <sub>2</sub> . Klordesinfeksjon i reserve.			
<b>Episode:</b> 28. og 30. juli 2003. Påvist 2 koliforme bakterier pr. 100 ml på 2 prøver tatt på to ulike tidspunkt. Perioden med dårlig bakteriologisk kvalitet varte i 4 – 10 dager.			
<b>Tiltak:</b> Kontaktet hydrogeolog for å vurdere årsak til den bakteriologiske forurensing. Skal gjennomføre et utvidet prøvetakingsprogram.			

Skjema nr: 132	Vannkilde: Løsmassebrønner	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: ikke spes.	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Ikke desinfeksjon. Klordesinfeksjon i reserve.			
<b>Episode:</b> 2001. Påvist tarmbakterier ved analyse av nettprøve. Årsaken var ras fra en privat fylling som demmet opp en elv/bekk slik at overflatevann rant ned i brønntoppene der øverste kant lå omtrent på terrengnivå. Brønntoppene var bygd inn i en kum.			
<b>Tiltak:</b> Klorering ble igangsatt og pågikk til vannkvaliteten var tilfredsstillende.			

Skjema nr: 134	Vannkilde: Løsmassebrønn	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: ikke spes.	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Ikke desinfeksjon. Klordesinfeksjon i reserve.			
<b>Episode:</b> 1995. Påvist tarmbakterier på nettprøver. I forbindelse med en flomsituasjon rant det forurenset overflatevann ned i brønntoppen som lå i kum på terrengnivå.			
<b>Tiltak:</b> Klorering til situasjonen var avklart. Bygget om anlegget.			

Skjema nr: 144	Vannkilde: Løsmassebrønn	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: ikke spes.	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Ingen desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> 1996. Borehull ble oversvømmet av overflatevann i en flomperiode, og grunnvannet ble forurenset. Nærmere undersøkelser viste at pakning mellom brønntopp og strømkabel var utett (morken).			
<b>Tiltak:</b> Foretatt tekniske utbedringer.			

Skjema nr: 146	Vannkilde: Løsmassebrønn	Vannverk: Ål Antall fastboende forsynt: Ikke spes.	Kommune: Ål i Hallingdal
<b>Vannbehandling:</b> Ingen desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> 1998. 5-800 personer som var tilknyttet det lokale vannverket, fikk mage - tarmsykdom. Fekale indikatorbakterier ble påvist på nettprøver og i råvannskilden. Årsaken til episoden skyldes oppstuvning i en avløpsledning i forbindelse med rehabiliteringsarbeider. Avløpsledningen lå ca 300 m oppstrøms drikkevannsbrønnen. Avløpsvann gikk til overløp og fulgte gamle drengrofter ned mot brønnområdet. Brønnen ble etablert i 1990, og det har ikke tidligere vært påvist fekale indikatorbakterier.			
<b>Tiltak:</b> Kokepåbud og sterkklorering. Installert UV-anlegg og anlagt avskjærende grøfter.			

## Gruppe 2

Skjema nr: 28	Vannkilde: Borebrønn	Vannverk: Brekkeåsen Antall fastboende forsynt: 679	Kommune: Re
<b>Vannbehandling:</b> Ingen behandling.			
<b>Episode:</b> Har hatt tilfeller av termotolerante koliforme bakterier i drikkevannet ved store nedbørmengder.			
<b>Tiltak:</b> Montert UV-anlegg.			

Skjema nr: 70	Vannkilde: Borebrønn	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 133	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Ingen behandling. Klordesinfeksjon i reserve.			
<b>Episode:</b> April og oktober 1999. November 2002. Påvist koliforme bakterier i råvann og renvann.			
<b>Tiltak:</b> Borebrønnene er inngjerdet og tilsigsområdet klausulert. Rutiner for klorering forbedret.			

Skjema nr: 72	Vannkilde: Borebrønn	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 380	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Lutdosering. Klordesinfeksjon i reserve.			
<b>Episode:</b> August 1998. Påvist termotolerante koliforme bakterier på en nettprøve. Årsak ikke avklart.			
<b>Tiltak:</b> Bedret prøvetakingsrutiner.			

Skjema nr: 73	Vannkilde: Borebrønn	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 175	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Elektrolytisk prosess for kalkopløsning. Klordesinfeksjon i reserve.			
<b>Episode:</b> April og oktober 2000. April og oktober 1999. Påvist koliforme bakterier på råvannsprøve. Årsak ikke avklart.			
<b>Tiltak:</b> Klorering ble foretatt.			

Skjema nr: 147	Vannkilde: Borebrønn	Vannverk: Furutangen Misjonscenter Antall forsynt: varierende (leirsted)	Kommune: Hjelmeland
<b>Vannbehandling:</b> Ingen behandling.			
<b>Episode:</b> Juli 2002. Over 200 personer som benyttet vann fra vannverket ble syke (mage- og tarmsymptomer). Oppfølgende undersøkelser viste fekale indikatorbakterier i vannprøver. Avstand til septiktank som lå nedenfor borehullet i svakt skrånende terreng, var ca. 50 m. En avløpsledning i betong som samlet opp avløpsvann fra flere internatbygninger, lå i en avstand på ca. 20 m ovenfor borehullet. Forurensing av borebrønnen som var 80 m dyp antas å skyldes en kombinasjon av høyt vannforbruk og lekkasje på septiktank og avløpsledning (tidligere sprengningsarbeider i nærheten av avløpsledningen kan ha ført til lekkasjer på denne).			
<b>Tiltak:</b> Boring av ny brønn utenfor internatområdet. Etablert UV-desinfeksjon. Rutiner for regelmessig prøvetaking er innført.			



### Gruppe 3

Skjema nr: 135	Vannkilde: Tjern	Vannverk: Flora Antall fastboende forsynt: 140	Kommune: Selbu
<b>Vannbehandling:</b> Ingen desinfeksjon. Klordesinfeksjon i reserve.			
<b>Episode:</b> Sommeren 2003. Påvist <i>E.coli</i> på nettvannsprøver. Råvannskilden er et tjern som ligger et stykke inn på fjellet. Ved befaring til råvannskilden ble det registrert store mengder fuglemøkk som fløt i vannet og lå langs strendene. Det ble avklart at en stor flokk med Canada-gås hadde oppholdt seg en tid i området.			
<b>Tiltak:</b> Kokevarsel ble gitt og reservekloranlegg igangsatt. Det arbeides nå med en ny grunnvannskilde.			

Skjema nr: 138	Vannkilde: Tjern	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 8000	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Ingen desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Mai 1997. På grunn av svikt i ordinær vannforsyning ble det koblet inn vann fra en krisereservekilde. Dette resulterte i sykdomsutbrudd der mer enn 300 personer fikk mage- og tarmsykdommer. Vann fra krisereservekilden ble ikke desinfisert. Vannanalyser av kilden uken før episoden inntraff viste god bakteriologisk kvalitet. Etter dette tidspunkt har det vært beitedyr i nedbørfeltet og en regnværperiode.			
<b>Tiltak:</b> Installert kloreringsanlegg.			

### Gruppe 4

Skjema nr: 91	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Biri Antall fastboende forsynt: 2150	Kommune: Gjøvik
<b>Vannbehandling:</b> Hurtigsandfiltrering, klordesinfeksjon og vannglassdosering.			
<b>Episode:</b> Høsten 2000. I sirkulasjonsperioden hver vår og høst blir råvannskvaliteten ved inntaket på ca. 60 m dyp i Mjøsa påvirket av overflatevann og resulterer i forekomst av termotolerante koliforme bakterier (TKB) i konsentrasjoner 0 – 5 pr. 100 ml. I en periode høsten 2000 falt det store nedbørmengder i sirkulasjonsperioden, og det ble da påvist 31 TKB pr. 100 ml som demonstrerer et klart brudd på den ene hygieniske barrieren. Kloreringen har imidlertid fungert hele tiden som den andre hygieniske barrieren.			
<b>Tiltak:</b> Det planlegges installasjon av UV-anlegg som en ekstra hygienisk barriere.			

Skjema nr: 153	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Steinsvika Antall fastboende forsynt: 39438	Kommune: Skien
<b>Vannbehandling:</b> Alkalisering og filtrering (lavbelastet filter med marmorsand og CO <sub>2</sub> ). Klorering med natriumhypokloritt.			

**Episode:**

27. oktober 1998. Målinger av temperatur på råvannet som tas inn på 50 m dyp viste en stigning fra 4,8 °C til 8,5 °C på få timer. Temperaturøkningen skyldtes vipping av sprangsjiktet slik at varmere vann som lå over sprangsjiktet i en kort periode kom ned i råvannsinntaket. Vipping av sprangsjiktet skyldtes en vedvarende vindpåvirkning med samme vindretning. Vannlaget over sprangsjiktet er mer påvirket av overflateavrenning enn de dypere vannlag, og resultater av bakteriologiske analyser av råvannet bekreftet situasjonen som registrert ved temperaturmålinger. (Råvannsprøve tatt 20. oktober viste < 1 koliforme bakterier pr. 100 ml og < 1 *E.coli* pr. 100 ml. Råvannsprøve tatt 27. oktober viste 28 koliforme bakterier pr. 100 ml og 10 *E.coli* pr. 100 ml). Det gikk ikke ut vann av redusert hygienisk kvalitet på nettet, da kloreringen fungerte. Vipping av sprangsjiktet inntreffer hver høst.

**Tiltak:**

Vannbehandlingsanlegget skal nå bygges ut til 2 hygieniske barrierer mot bakterier/virus og 1 hygienisk barriere mot parasitter.

### 3.2.3 Diskusjon og anbefalinger

Drikkevannsforskriften angir som en hovedregel at drikkevann fra godkjeningspliktige vannverk skal være desinfisert eller behandlet på annen måte for å fjerne, uskadeliggjøre eller drepe smittestoffer. Det kan gjøres unntak for grunnvannskilder med gode løsmasseegenskaper, lang oppholdstid og lite forurensende aktiviteter i nedbørfeltet. Eksemplene ovenfor viser at løsmassebrønner, der det har vært antatt at kilde og nedbørfelt til sammen utgjør 2 hygieniske barrierer, allikevel har opplevd fekal forurensing i gitte situasjoner (for eksempel ekstra sterk kulde eller unormalt mye nedbør). Et kritisk punkt er også sikring av brønntoppen. Spesielt løsmassebrønner er ofte plassert i elvedaler og er følgelig spesielt utsatt i flomsituasjoner. Værutviklingen de senere år har vist at det må påregnes mer ekstremvær i tiden fremover, og dette kan ha betydning både for vannkvalitet og leveringssikkerhet. Enkelte vannverkseiere er av den oppfatning at en borebrønn representerer en sikker hygienisk barriere (og i noen tilfeller 2 barrierer) da det tas ut vann på stort dyp. De få eksemplene på svikt som er nevnt ovenfor og en rekke andre eksempler på forurensing av borebrønner som prosjektleder gjennom mange år er blitt kjent med, understreker bare at hovedkravet i drikkevannsforskriften om at drikkevann i utgangspunktet skal være desinfisert, er viktig. Flere av eksemplene illustrerer også at potensielle kilder til fekal forurensing som synes å ligge i betryggende avstand til grunnvannskilden, i bestemte situasjoner allikevel kan føre til forurensing av vannkilden. Flere års dokumentasjon av god mikrobiologisk kvalitet på råvannskilden er heller ingen garanti for tilsvarende kvalitet i fremtiden.

- Det anbefales at vannverkene foretar en grundig risikoanalyse når det gjelder mulighet for forurensing av råvannskilden. Dette bør innbefatte en vurdering av risiko i forhold til unormale værsituasjoner, en grundig kartlegging av forurensingskilder som ligger i nedbørfeltet (eks. avløpsledninger, septiktanker, tanker med fyringsolje m.m.) og sikring av grunnvannskilder mot direkte nedtrengning av forurenset overflatevann (brønntoppsikring).
- I tillegg til rutineprøvene etter drikkevannsforskriften bør det også innarbeides en praksis der det tas ut ekstraprøver i perioder med større mulighet for forurensing av råvannskildene (for eksempel ved store nedbørmengder).

## 3.3 Vannbehandling med klor

### 3.3.1 Oppsummering av episodene

Det er registrert 21 episoder med svikt i klorering, herunder 1 episode (skjema nr. 50) der plutselig sterk økning i klorbehov ble registrert ved automatisk alarm. I 9 av tilfellene ble det

påvist indikatorbakterier for fekal forurensing på renvanns- eller nettprøver. Episodene er delt inn i 5 grupper for lettere å synliggjøre årsakssammenhenger.

### Gruppe 1 (5 episoder)

*Svikt i kjemisk felling som har ført til redusert effekt av etterfølgende kloreringstrinn.*

- Se skjema nr. 48, 51, 117, 123, 139.

### Gruppe 2 (11 episoder)

*Direkte svikt i klorering som følge av ulike tekniske årsaker (eks. for gammel klorkonsentratløsning, luft i saltlakepumpe, tiltetting av doseringslange, svikt i bunnventil, ødelagt ejetorslange).*

- Se skjema nr. 24, 29, 44, 52, 90, 120B, 128, 129, 143, 148 og 152.

### Gruppe 3 (1 episode)

*Kortvarig svikt i klorering som følge av plutselig sterk økning i fargetall (flomsituasjon).*

- Se skjema nr. 50.

### Gruppe 4 (1 episode)

*Svikt i kloreringen pga. strømsvikt.*

- Se skjema nr. 34.

### Gruppe 5 (3 episoder)

*Andre årsaker til klorsvikt.*

- Se skjema nr. 55, 75 og 124.

## 3.3.2 Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene

### Gruppe 1

Skjema nr: 48	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Ørje Antall fastboende forsynt: 1700	Kommune: Marker
<b>Vannbehandling:</b> Kjemisk felling (mikronisert marmor og polyaluminiumsulfat (PAX)) med flotasjon, sandfiltrering og klordesinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Juni 2003. Tiltetting av doseringslinje for mikronisert marmor førte til for lav pH under felling med PAX. Dette resulterte i dårlig felling med grumset vann til følge. Det antas at klordesinfeksjonen har hatt redusert effekt i denne perioden. Det var installert turbiditetsmåler som er tilkoblet alarm etter fellingsprosessen, men denne virket ikke.			
<b>Tiltak:</b> Turbiditetsmåler ble sendt til reparasjon.			
Skjema nr: 51	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 3000	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Kjemisk felling (mikronisert marmor, PAX og CO <sub>2</sub> ). Deretter 2 flotasjonskammer og tilsetning av polymer. Til slutt lamellsedimentering, antrasittfilter og klordesinfeksjon.			

**Episode:**

Påvist koliforme bakterier på nettprøver. Rett etter et kraftig regnvær ble det sterk økning i fargetall som resulterte i en utilstrekkelig fellingsprosess. Dette førte til at forhåndsinnstilt klordose ga for lav restklorkonsentrasjon og utilstrekkelig desinfeksjon.

**Tiltak:**

Presisert i driftsinstruks at klordose må økes ved fellingsproblem.

Skjema nr: 117	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Gopledal Antall fastboende forsynt: 39400	Kommune: Larvik
----------------	-------------------	--	-----------------

**Vannbehandling:**

Kjemisk felling med jernklorid på to-mediafilter, tilsetning av kullsyre før marmorfilter og klordesinfeksjon.

**Episode:**

7. mars 2001. Ved rengjøring av gammelt lutdoseringsanlegg sto en ventil på sluk fra oppsamlingskar åpen. Dette medførte at det kom fortynnet lut ut i råvannskilden rett ovenfor stedet (få meter) der 2 stk. inntaksledninger kommer inn i vannbehandlingsanlegget. Den ene inntaksledningen var en treledning fra 1952. Denne var inspisert og tilsynelatende funnet i orden før bygging av nytt vannbehandlingsanlegg i 2000, men nærmere undersøkelser i forbindelse med den aktuelle episoden viste at den hadde sprekker (som trolig skyldes sprengningsarbeider i forbindelse med bygging av nytt anlegg). På grunn av lutlekkasjen og sprekker i den ene inntaksledningen hadde råvannet inn til fellingsanlegget en pH på opp mot 10. Dette medførte at fellingsprosessen ikke fungerte og resulterte i vann med høy turbiditet og farge med den følge at klorresten ble for lav. Problemet ble hurtig oppdaget da det var personell på anlegget, og perioden der utilstrekkelig desinfisert vann gikk ut av anlegget varte bare i en halvtime.

**Tiltak:**

Inntaksledningen i tre er fornyet. Det benyttes ikke lengre lut i beredskap da denne ikke anvendes i vannbehandlingen.

Skjema nr: 123	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 32600	Kommune:
----------------	-------------------	---	----------

**Vannbehandling:**

Kjemisk felling med jernklorid, marmorfiltrering og klordesinfeksjon.

**Episode:**

Dosering av fellingskjemikalie sviktet. Doseringspumpen fungerte tilsynelatende normalt, men partikler på tilbakeslagsventilen (glasskule) i pumpen gjorde at denne ikke doserte fellingskjemikaliet. Feilen ble rettet etter 6 timer. Det antas at klordesinfeksjonen har hatt redusert effekt i denne perioden.

**Tiltak:**

Montert finsil foran doseringspumpen. Bedret rutiner for fjerning av bunnslam i lagertank med jernklorid.

Skjema nr: 139	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: ikke spes.	Kommune:
----------------	-------------------	--	----------

**Vannbehandling:**

Kjemisk felling på sandfilter og klordesinfeksjon.

**Episode:**

1997. Påvist fekale indikatorbakterier på nettprøver. Defekt spylevannsventil førte til at partikkelholdig vann gikk ut fra fellingsanlegget, og den normale klordosen var for liten til å gi en effektiv desinfeksjon. Feilen ble oppdaget etter 1 dag.

**Tiltak:**

Det ble gitt kokevarsel og foretatt ekstraklorering. Ny ventil ble anskaffet.

## Gruppe 2

Skjema nr: 24	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 19000	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Mikrosiling gjennom roterende siler. Klordesinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Januar 2002. Det ble registrert koliforme bakterier på nettprøver. Driftskontrollanlegg viste alarm for stopp i klorproduksjonen ved arbeidsstart på en mandag. Vannverket produserer klor (natriumhypokloritt) på stedet ved elektrolyse der en saltløsning (2-5 % natriumklorid) ledes inn i et elektrolysekammer. Hydroforanlegget som leverer vann til saltløsningen hadde tatt inn luft i forbindelse med noen vedlikeholdsarbeider. Luft i saltlakepumpen resulterte i at denne ikke leverte vann, og hele klorproduksjonen stoppet opp. Klortankene gikk etter hvert tomme, og det ble sendt udesinfisert vann på nettet i en periode på 24 timer.			
<b>Tiltak:</b> Innskjerpet at eksisterende inspeksjonsrutiner må følges i forbindelse med vedlikeholdsarbeider (funksjonskontroll skal utføres). Det er etablert nivåvakt i klortanken med A-prioritet.			

Skjema nr: 29	Vannkilde: Borebrønn	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 700	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Sandfiltering og klordesinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Hendelse flere år tilbake i tid. Svikt i bunnventil for klortank stoppet klordosering (ca. 1 døgn).			
<b>Tiltak:</b> Innført hyppigere kontroller av desinfeksjonsanlegget.			

Skjema nr: 44	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 25500	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Marmorfiltrering med injeksjon av kullsyre og klordesinfeksjon (klorgass).			
<b>Episode:</b> Mars 2002. Stopp i klordosering som følge av brudd på slange til ejektor for dosering av klor. Årsak til bruddet er usikkert, men kan skyldes beskadigelse av ledningen i forbindelse med andre vedlikeholdsarbeider. Ledningen burde også ha vært skiftet på grunn av alder. Det var installert on-line måling av klorrest med alarm, men alarmen gikk ikke da utstyret viste klorrest over alarmnivå til tross for stopp i klordoseringen. Klorrestmåleren var for øvrig kalibrert av leverandør 2 måneder før episoden. Svikten i desinfeksjonstrinnet antas å ha vart i maksimum 6 dager. Samtidig med svikt i klordoseringen var også den bakteriologiske råvannskvaliteten dårlig.			
<b>Tiltak:</b> Innskjerping av rutiner for kontroll av driften. Etablering av rutiner for utskifting av slanger i doseringsanlegget for klor. Bytte til mer følsomt utstyr for måling av klorrest. Utskifting av hele klordoseringsutstyret. Vektceller under klorfat for registrering av klorforbruk. Oppgradering av automasjon med stopp i utpumping av vann ved for lav klorrest, registrering av siste døgn forbruk av klor pr. m <sup>3</sup> og automatisk regulering av dosering av klor i forhold til målt restklor og turbiditet. Etablering av sløyfe med kjent oppholdstid fra dosering av klor til måling av klorrest for å unngå variasjoner i målt klorrest som følge av varierende levering av vann. Beslutning om installering av UV-aggregat i tillegg til kloranlegg for å styrke den hygieniske barrieren.			

Skjema nr: 52	Vannkilde: Elv	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 39113	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Tilsetning av mikronisert marmor og klordesinfeksjon.			

**Episode:**

Det ble påvist koliforme bakterier på prøver fra vannverket på grunn av svikt i kloreringen (maks. 9 dager). Klorkonsentrat (15 %) fortynnes i en mikseenhet med fortynningsvann tatt ut etter tilsetning av mikronisert marmor til en klorbruksløsning som så doseres på vannledningen via en klordoseringspumpe. Årsaken til kloreringssvikten var at slangen etter mikseenheten ble tettet av et belegg. Beleggdannelsen kan sannsynligvis forklares ved at kalsium og bikarbonat som tilføres vannet med mikronisert marmor, felles ut som kalsiumkarbonat på grunn av innblanding med sterk klorløsning som har en meget høy pH (forskyving av karbonatlikevekten).

**Tiltak:**

Rengjøring av mikseenhet og slanger en gang i året. Installert ny klorrestmåler. (*Prosjektleders kommentar:* Det vil her også være fornuftig å hente vann til fortynning av klorkonsentrat før tilsats av mikronisert marmor).

Skjema nr: 90	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Gjøvik Antall fastboende forsynt: 17000	Kommune: Gjøvik
<b>Vannbehandling:</b> Alkalisk filter og desinfeksjon med natriumhypokloritt produsert ved elektrolyse på anlegget. Klor tilsettes før filterne.			
<b>Episode:</b> Mai 1999. I sirkulasjonsperioden vår og høst, men også relativt ofte resten av året, blir den ene hygieniske barrieren som er dypvannsinntak i kilde brutt. Inntaket ligger på 195 m dyp i Mjøsa. Råvannskvaliteten påvirkes av overflatevann, og det påvises termotolerante koliforme bakterier (TKB) i et antall på 1 – 13 pr. 100 ml i ca. 30 % av prøvene. 1 mnd. etter igangsetting av nytt vannbehandlingsanlegg sviktet kloreringen (maks. 1 døgn). Det pågikk da en del arbeid på driftskontrollanlegget, og klordoseringen ble manuelt styrt. Det er ikke avklart om doseringspumpen var avslått eller doseringen var satt for lavt (det var ikke montert automatisk klormåler). Episoden ble oppdaget ved den daglige manuelle måling av klor.			
<b>Tiltak:</b> Det ble anbefalt koking av vann til drikke og matlaging. Etablert automatisk klorrestmåling på et punkt 5 min. etter klordosering med alarm der råvannspumpe stoppes når klorrest er lavere enn innstilt verdi. Innført egen rutine for økning av klordose i sirkulasjonsperioder der bakteriologisk råvannskvalitet erfaringsmessig forverres. Også innført hyppig justering av klordosering på bakgrunn av klorrestmålinger. Det planlegges installasjon av UV-anlegg som en ekstra hygienisk barriere.			

Skjema nr: 120B	Vannkilde:	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: ikke spes.	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Klordesinfeksjon (klorgass).			
<b>Episode:</b> 2000. Klorgass kom ut i hele anlegget, og utstyr ble ødelagt på grunn av korrosjon. Spredning av klorgass ut av klorklageret skyldes at vegg-gjennomføringer for kabler og rør ikke var tettet forsvarlig. Det ble også korrosjonsskader på armering i betongvegger. Uhellet skyldes lekkasje i en blypakning på ventilen ut av klorkfatet. Denne pakningstypen er normalt godt holdbart i kontakt med tørr klorgass, men tæres raskt når det er fuktighet til stede. Det antas at det kan ha kondensert ut fuktighet på pakningen. Uhellet ble oppdaget ved det ukentlige besøket på anlegget.			
<b>Tiltak:</b> Demontert klorgassanlegg (som var av eldre dato) og installert klordoseringsanlegg med natriumhypokloritt.			

Skjema nr: 128	Vannkilde: Løsmassebrønn	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 50	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Klordesinfeksjon.			
<b>Episode:</b> 29. september og 13. oktober 2003. Påvist fekale indikatorbakterier på renvann- og nettprøver. Perioden med dårlig bakteriologisk kvalitet antas å ha vart i 3 – 4 uker og skyldtes luft i sugeslangen til klorpumpen som følge av en utett kobling.			
<b>Tiltak:</b> Hendelsen gjennomgås med driftsoperatør, og det etableres skrevne rutiner for kontroll og vedlikehold av klorpumpe.			

Skjema nr: 129	Vannkilde: Elv	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 50	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Klordesinfeksjon og marmorfiltrering.			
<b>Episode:</b> 9. juli 2001. Det ble påvist fekale indikatorbakterier på nettprøver. Ved kontrollmålinger kunne det ikke påvises klorrest. Det antas at årsaken var for svak klorkonsentrasjon i doseringsløsningen. Det var samtidig høye lufttemperaturer som kan ha påskyndet reduksjon i klorkonsentrasjonen.			
<b>Tiltak:</b> Innført egen rutine for innkjøp og lagring av klor. Klorkanner skal nå lagres i fryser ved – 20 °C.			

Skjema nr: 143	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: ikke spes.	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Klordesinfeksjon.			
<b>Episode:</b> 2000. Påviste koliforme bakterier på renvannsprøver. Det var også påfallende samvariasjon mellom kimtall i råvann og renvann. Klor ble tilsatt i silkkammer (dosert til overflaten) og ga dårlig innblanding. I tillegg viste nærmere undersøkelser at klortilsetningen var periodestyrte og ikke mengdeproporsjonalt styrt slik som en hadde antatt.			
<b>Tiltak:</b> Endret styringsrutiner for klortilsetning og flyttet doseringspunkt.			

Skjema nr: 148	Vannkilde:	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 1600	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Klordesinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Juli 2003. Klorkonsentrat fra produsent inneholder normalt 15 % klor. Kanner med klorkonsentrat som ble mottatt i den aktuelle perioden viste seg å inneholde bare 4 % klor. Reduksjon i klorinnholdet antas å være forårsaket av lengre tids lagring ved høy temperatur hos produsent.			
<b>Tiltak:</b> Forlangt bedre kontrollrutiner hos leverandør.			

Skjema nr: 152	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Ørnstjern Antall fastboende forsynt: 7908	Kommune: Skien
<b>Vannbehandling:</b> Siling, klorering (natriumhypokloritt) og pH-heving med lut.			
<b>Episode:</b> 15. august 2002. Anlegget har 2 parallelle klorpumper som hver doserer klørøsning. Sugeledningen til den ene pumpen gikk tett, og pumpen stanset. Den andre pumpen var fortsatt i drift, og målt klorrest var ikke lavere enn 0,04 ppm. (Alarngrensen var satt til 0,05 ppm).			
<b>Tiltak:</b> Silen i sugeledning for klørøsning rengjøres hver måned. (Det er for øvrig planer om å ta vannverket ut av vanlig drift sommeren 2005 og å ombygge dette til nød vannverk).			

### Gruppe 3

Skjema nr: 50	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Seierstad VIV Antall fastboende forsynt: 146400	Kommune: Interkommunalt
<b>Vannbehandling:</b> Sandfiltrering, kalktilsetning, klordesinfeksjon med kloraminering.			
<b>Episode:</b> November 2000. På grunn av sterk flom i vannkilden steg fargetallet over natten fra ca. 20 mg Pt/l til 40 mg Pt/l. Anlegget har kontinuerlig klorrestmåling med alarmtilkobling som hindret at det gikk ut vann med redusert hygienisk kvalitet.			
<b>Tiltak:</b> Klอร์ดosen ble umiddelbart økt og informasjon gitt til abonnentene. Det ble innført kontaktfiltrering mars 2002.			

### Gruppe 4

Skjema nr: 34	Vannkilde: Tjern	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 3000	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Klordesinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Februar 2003. Strømbrydd inntraff i 1 time, og nødstrømsaggregat koblet automatisk inn i denne perioden. Samtidig med at denne hendelsen inntraff ble det kjørt en ekstra vannpumpe på grunn av stort vannforbruk. Dette har ført til at belastningen på strømforsyningen ble for stor og resulterte i en stans i klordoseringspumpen (automatsikring) som varte i 14 timer. Melding ble mottatt på personsøker, men denne ble kvittert ut som "normal" i forbindelse med at strømmen hadde vært borte.			
<b>Tiltak:</b> Rutinene er endret til at driftsoperatør alltid må besøke anlegget når det har vært strømbrydd og ta en sjekk på at bl.a. klordoseringsanlegget fungerer.			

### Gruppe 5

Skjema nr: 55	Vannkilde: Innsjø (tjern)	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 60	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Sil og klordesinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Ca. 1992. Det ble påvist koliforme bakterier på prøver fra vannverket. Hovedkilden er en liten innsjø (tjern), og når vannstanden her blir lav pumpes vann fra et nabetjern. Det viste seg at det var satt ut kyr på beite i nedbørfeltet til nabetjernet og i tillegg var det ekstremt mye måkeaktivitet på noen holmer her. Episoden med svikt i de hygieniske barrierer varte i minst 8 – 10 dager.			



**Tiltak:**  
 Klormengden ble økt når svikten ble kjent. I ettertid er det alltid tatt bakteriologiske analyser av vann fra nabotjernet før vann overføres til hovedkilden.

Skjema nr: 75	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 5148	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Karbonatisering, filtrering, klordesinfeksjon og lutdosering.			
<b>Episode:</b> Desember 2002. Påvist koliforme bakterier på renvann. Det antas at analyseresultatet kan skyldes urenslighet ved prøveuttak.			
<b>Tiltak:</b> Ingen spesielle.			

Skjema nr: 124	Vannkilde: Elv	Vannverk: Eresfjord Antall fastboende forsynt: 270	Kommune: Nesset
<b>Vannbehandling:</b> Klordesinfeksjon.			
<b>Episode:</b> September 2003. Storflom i elven som forårsaket store skader på både bygg og tekniske anlegg.			
<b>Tiltak:</b> Det er planlagt installasjon av driftskontrollanlegg med nødvendige alarmer og installasjon av nødstrømsaggregat.			

### 3.3.3 Diskusjon og anbefalinger

Som eksemplene ovenfor viser, kan det være mange årsaker til svikt i klordesinfeksjonen. I de tilfeller der vannverket har kjemisk felling før desinfeksjonstrinnet, vil fellingsproblemet også kunne føre til redusert effekt i klordesinfeksjonen da klorbehovet i slike situasjoner ofte vil være høyere enn det som klordoseringen normalt er innstilt på. Det vil da inntreffe samtidig svikt i 2 hygieniske barrierer. Kjemisk felling er en relativt krevende renseprosess og svikt her må påregnes å inntreffe. Det er derfor viktig at fellingsprosessen overvåkes kontinuerlig med alarm til vakt. Større variasjoner i råvannskvalitet der det ikke er kjemisk forbehandling, kan også føre til redusert kloreringseffekt. Episodene gir også eksempler på direkte svikt i klordesinfeksjonen av ulike årsaker som tiltetting eller brudd i slanger, luft i klordoseringspumpe som gir redusert pumpeeffekt, svikt i ventiler osv. Enkelte av disse situasjonene kunne ha vært avverget ved bedre vedlikeholdsrutiner. Kompleksiteten i et vannforsyningssystem som både omfatter variasjoner i råvannskvalitet, kjemisk forbehandling og klorering tilsier et stort behov for overvåking av restklor i renvann.

- Det anbefales automatisk overvåking av restklor i renvann med alarm til vakt. For å oppnå større målesikkerhet kan det være fornuftig at den automatiske klormålingen foretas på et punkt bare få minutter etter klortilsats (se kap. 4 for nærmere diskusjon).
- Det er også gitt eksempler der den automatiske overvåkingen har sviktet (turbiditetsmåler og klorrestmåler), og dette indikerer behov for en bedre kontroll og vedlikehold av automatisk måleutstyr.
- Ved bruk av nye forsyninger med klorkonsentrat vil det være fornuftig å kontrollere om klorrest i renvannet ligger på forventet nivå. Generelt skal klorkonsentrat oppbevares mørkt og kjølig for å øke holdbarheten. En fortykning av 15 % klorkonsentrat til 7,5 % kan øke holdbarheten med ca. 4 ganger.

### 3.4 Vannbehandling med UV

#### 3.4.1 Oppsummering av episodene

Det er registrert 27 episoder med svikt i UV-anlegg, herunder 1 episode som gjaldt svikt i styringsprosessen, men der det ikke gikk ut udesinfisert vann (skjema nr. 102). I 9 av episodene er det påvist indikatorbakterier for fekal forurensing, og i 2 episoder er det påvist høyt kimtall i renvann/nettvann. Episodene er delt inn i 5 grupper for lettere å synliggjøre årsakssammenhenger.

##### Gruppe 1 (5 episoder)

*Endring i råvannskvalitet som har ført til sviktende effekt på UV-anlegget.*

- 4 episoder (skjema nr. 87, 122, 131, 137) skyldes til dels sterk økning i fargetallet (episodisk eller over tid). 1 episode (skjema nr. 8) skyldes utfelling av sement på kvartsrørene etter forurensing av råvannskilden med sement.

##### Gruppe 2 (6 episoder)

*Svikt i forbehandling (kjemisk fellingsanlegg, marmorfilter, manganfjerningsanlegg) som har medført svikt på UV-anlegget.*

- Se skjema nr. 6, 47, 68, 78, 92 og 110.

##### Gruppe 3 (3 episoder)

*Svikt i UV-anlegget pga strømstans.*

- Se skjema nr. 41, 99 og 111.

##### Gruppe 4 (9 episoder)

*Direkte svikt i UV-anlegget som skyldes ulike tekniske årsaker (eks. for lang driftstid, UV-lampe knust, lynnedslag, svekket UV-lampe).*

- Se skjema nr. 7, 26, 33, 37, 38, 43, 86, 116 og 120A.

##### Gruppe 5 (4 episoder)

*Diverse årsaker eller ukjent årsak til svikt i UV-anlegget.*

- Se skjema nr. 74, 77, 94 og 102.

#### 3.4.2 Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene

##### Gruppe 1

Skjema nr: 8	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Alstadhaug Antall fastboende forsynt: 7300	Kommune: Alstadhaug
<b>Vannbehandling:</b> Karbonatisering med marmorfilter og kullsyre. UV-desinfeksjon.			

**Episode:**

Desember 1999. Ved injisering av sement i ny inntakstunnel ble sementbehovet feilberegnet og en del sement lekket ut i råvannskilden like ovenfor gammel inntakstunnel (avstand ca. 5 m) som var i drift. Sementholdig vann nådde UV-aggregatet og førte til utfelling av sement på kvartsrørene. Problemet ble hurtig oppdaget da UV-anlegget hadde intensitetssmåler med alarm til vakt. 20 min. etter alarmen gikk, ble utilstrekkelig desinfisert vann ledet til avløp inntil kvartsrørene var rengjort. Vannverket var ikke blitt varslet om de pågående injiseringsarbeider.

**Tiltak:**

Det er i styringssystemet lagt inn alarm ved unormal høy eller lav pH på renvannet. Det er også etablert en rutine som automatisk leder vannet i overløp dersom UV-intensiteten blir for lav.

Skjema nr: 87	Vannkilde: Elv	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 390	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Det er påvist koliforme bakterier i renvannet hver høst og vår da UV-anlegget ikke er godt nok dimensjonert i forhold til økningen i fargetall i disse periodene			
<b>Tiltak:</b> Vannverkets abonnenter forsynes av nytt vannverk fra desember 2003.			

Skjema nr: 122	Vannkilde: Overflatevann, Dam	Vannverk: Heståga Antall fastboende forsynt: 410	Kommune: Beiarn
<b>Vannbehandling:</b> UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> 2001. Påvist fekale indikatorbakterier på nettprøver (episoden varte i ca. 14 dager). Årsaken regnes som en kombinasjon av beitende sau i nedbørfeltet og svikt i UV-anlegget på grunn av for høyt fargetall. Anlegget er 15 – 20 år gammelt og det kan reises spørsmål om dimensjonering er god nok i forhold til dagens vannkvalitet.			
<b>Tiltak:</b> Kokevarsel. Planer om nytt grunnvannsanlegg.			

Skjema nr: 131	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Skisjø Antall fastboende forsynt: 1495	Kommune: Siljan
<b>Vannbehandling:</b> Marmorfiltrering og UV-behandling.			
<b>Episode:</b> Påvist <i>E.coli</i> på prøve etter vannbehandling. Antas å ha sammenheng med fargetallsøkning og redusert effekt av UV-anlegget. Tidligere år var fargetallet ca. 10 – 15 mg Pt/l, men etter høsten 2000 har fargetallet økt og stabilisert seg på 18 – 20 mg Pt/l.			
<b>Tiltak:</b> Oppgradert alarm tilknyttet intensitetssmåler. Installert nytt UV-anlegg.			

Skjema nr: 137	Vannkilde: Innsjøer	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: ikke spes.	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> UV-desinfeksjon.			

<p><b>Episode:</b> Høsten 2003. Det ble påvist termotolerante koliforme bakterier på nettprøver fra flere vannverk. Sommeren, som var meget tørr, ble etterfulgt av store mengder nedbør. Dette førte til en økning i fargetall opp til 30 – 40 mg Pt/l. UV-anlegg som var dimensjonert for en høyere transmisjon (fargetall på 15 – 20 mg Pt/l) fikk derfor i denne perioden redusert effekt.</p>
<p><b>Tiltak:</b> Under vurdering.</p>

## Gruppe 2

Skjema nr: 6	Vannkilde: Elv	Vannverk: Sydal Antall fastboende forsynt: 175	Kommune: Vågan
<p><b>Vannbehandling:</b> Kjemisk felling med jernklorid på kalksandfilter. UV-desinfeksjon.</p>			
<p><b>Episode:</b> Juni 2002. Påvist fekale indikatorbakterier på nettprøver. Røreverket i filtertank hadde stoppet pga. stor belastning. Filtertanken var bygd opp med glasskuler i bunn under støtteristen, et lag med stein som støtte-medium oppå risten og deretter kalksand. Under returspylingen ble stein ført opp i kalksanden og resulterte i for stor motstand på røreverket. Fellingsanlegget måtte stoppes i 14 dager, og råvannet som var humuspreget ble kjørt urensset via UV-anlegget. Dette er ikke dimensjonert for den aktuelle råvannskvalitet og resulterte derfor i utilstrekkelig desinfeksjon.</p>			
<p><b>Tiltak:</b> Stein er fjernet som støtte-medium.</p>			

Skjema nr: 47	Vannkilde: Løsmassebrønn	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 30	Kommune:
<p><b>Vannbehandling:</b> Lufting, marmorfiltrering, dosering av kaliumpermanganat for utfelling av jern og mangan på grønsandfilter. UV-desinfeksjon.</p>			
<p><b>Episode:</b> Høsten 2002. Sterk oppblomstring av kimtall gjennom renseanlegget rett etter oppstart av nytt vannbehandlingsanlegg. Det ble foretatt tilbakespyling av filtrene ved å ta vann fra et høydebasseng som lå ca. 1 km i avstand fra vannbehandlingsanlegget. Dette resulterte i løsriving av slam fra ledningsnettet på denne strekningen som ble transportert inn til vannbehandlingsanlegget. Samtidig inntraff også svikt i renseprosessen for jern og mangan. Dette førte til at kvartsrørne til UV-lampene fikk et belegg og dermed redusert desinfeksjonseffekt. Det ble heller ikke av leverandør utført avtalt desinfeksjon av anlegget før oppstart.</p>			
<p><b>Tiltak:</b> Ser behovet for å være tilstede og kontrollere at desinfeksjon utføres på nye anlegg. Ledningsnett burde først vært rengjort med plugg.</p>			

Skjema nr: 68	Vannkilde: Tjern	Vannverk: Storekalsøy Antall fastboende forsynt: 290	Kommune: Austevoll
<p><b>Vannbehandling:</b> Membrananlegg, marmorfiltrering og UV-desinfeksjon.</p>			
<p><b>Episode:</b> August 2003. I en periode på 14 dager ble det registrert økt kimtall på renvannet etter UV-anlegget. Årsaken var manglende rutiner for vasking/spyling av marmorfilteret slik at vannet inn til UV-anlegget hadde for høyt innhold av farge og partikler.</p>			
<p><b>Tiltak:</b> Revidert driftsinstruks og presisert at spyling skal inngå i rutinemessig vedlikehold.</p>			

Skjema nr: 78	Vannkilde: Elv	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 1820	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Kjemisk felling med jernklorid på to-mediafilter og UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Mai 2003. Fargetall og turbiditet på renvannet økte raskt etter et kraftig regnvær. Det antas at fellingsprosessen ble påvirket pga. en sterk endring i råvannskvaliteten som følge av utvasking av humusstoffer fra nedbørfeltet til elveinntaket. I tillegg har UV-anlegget vært koblet ut i kortvarige perioder med svikt i strømtilførselen.			
<b>Tiltak:</b> Fellingsanlegget ble ombygd for ca. 1 år siden, og det har tatt tid å få til en optimal drift. Det er montert nødstrømsaggregat og UPS (batteribackup) for å sikre UV-anlegget. Etablert vaktordning.			

Skjema nr: 92	Vannkilde: Tjern	Vannverk: Hellandsjøen Antall fastboende forsynt: 210	Kommune: Hemne
<b>Vannbehandling:</b> Kjemisk felling med jernklorid og UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> 2002 og 2003. Flere episoder. 1: Full kollaps av anlegget der råvann måtte kjøres utenom anlegget i 10 dager. 2: Anlegget stoppet opp på grunn av luft i vaskepumpen som følge av ekstremt lav vannstand i vannkilden. Det gikk ikke ut alarm da alarmkortet var blitt defekt, muligens på grunn av lynnedslag. 3: Etter tilbakespyling av filter kom det partikkelholdig vann inn i UV-anlegget som stoppet og alarm gikk. Årsaken var defekt produksjonsventil.			
<b>Tiltak:</b> Etterlyst bedre opplæring og informasjon fra leverandør. Anlegget er etter hvert modifisert i samarbeid med leverandør.			

Skjema nr: 110	Vannkilde: Elv	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 250	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Membranfiltrering, marmorfiltrering og UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Mai 2003. På grunn av lekkasje på ledningsnettet til forbrukerne ble vannforbruket høyere enn det vannbehandlingsanlegget var dimensjonert for. Det måtte derfor i en periode på 14 dager kjøres vann i by-pass forbi membran-anlegget. Det er tvilsomt om UV-anlegget i denne perioden hadde full effekt. Det var ikke tilgang på reservekloranlegg.			
<b>Tiltak:</b> Ingen.			

### Gruppe 3

Skjema nr: 41	Vannkilde: Elv	Vannverk: Straumgjerde Antall fastboende forsynt: 532	Kommune: Sykkylven
<b>Vannbehandling:</b> UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> April 2003. UV-anlegg var uten strøm i 6 – 7 timer på grunn av rehabilitering av kraftledningsnettet i området utført av strømleverandør.			
<b>Tiltak:</b> Undersøker muligheten for installering av nødstrømsaggregat.			

Skjema nr: 99	Vannkilde: Borebrønn	Vannverk: Åpta Antall fastboende forsynt: 12	Kommune: Farsund
<b>Vannbehandling:</b> UV-behandling.			
<b>Episode:</b> Juni 2003. Strømstans på UV-anlegget som varte i 5 – 6 timer.			
<b>Tiltak:</b> Vurderer alarm til vakt.			

Skjema nr: 111	Vannkilde: Borebrønn og tjern	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 160	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Ionebytting, marmorfiltrering og UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Strømbrudd har ført til samtidig stans i vannproduksjon og UV-desinfeksjon. Dette har ikke medført problemer for abonnenter da høydebasseng har kapasitet til å levere vann i ca. 3 døgn. Alt vann pumpes først til høydebasseng og deretter til fordelingsnettet via selvføll.			
<b>Tiltak:</b> Nytt vannverk fra november 2003.			

#### Gruppe 4

Skjema nr: 7	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 100	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Oktober 2002. Problem med UV-anlegget der UV-lamper ikke virket etter ferdigstilling av anlegg. Episoden varte i ca. 10 dager.			
<b>Tiltak:</b> Leverandør har rettet opp forholdet. Har nå 2 parallelle linjer med UV-aggregat.			

Skjema nr: 26	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Valsøyfjord Antall fastboende forsynt: 830	Kommune: Halså
<b>Vannbehandling:</b> UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Juli 2002. Koliforme bakterier ble påvist i renvann ved rutinemessig prøvetaking. Vannet har i en periode på ca. 14 dager ikke vært tilstrekkelig desinfisert selv om indikator for UV-intensitet har vist tilfredsstillende verdier. På et UV-aggregat er sensoren for måling av UV-intensitet plassert slik at den bare registrerer stråling fra en av lampene i aggregatet. Denne konstruksjonen forutsetter at alle lampene skiftes samtidig og/eller at alle lamper rengjøres samtidig. Det antas i det aktuelle tilfellet at UV-lampen som sitter nærmest sensoren har blitt skiftet da denne har sloknet, mens de øvrige lamper har vært eldre og sannsynligvis har hatt noe belegg. Resultatet har vært at anlegget har hatt en redusert desinfeksjonseffekt selv om sensoren har vist tilfredsstillende UV-intensitet.			
<b>Tiltak:</b> Økt fokus på regelmessig rengjøring og skifting av UV-lamper og at disse skiftes/rengjøres samtidig.			

Skjema nr: 33	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Ballangen Antall fastboende forsynt: 2500	Kommune: Ballangen
<b>Vannbehandling:</b> Kjemisk felling og UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Intensitetsmåler viste lavere verdi enn angitt minimumsverdi. Da det skulle settes inn reservelamper viste det seg at 3 stk. av disse var defekte. Har noe dårlig erfaring med anlegget da lampene normalt har en praktisk levetid på ca. 5000 timer og ikke 8000 timer som angitt av leverandør. Anlegget er av noe spesiell oppbygging, og lamper fra andre leverandører passer ikke.			
<b>Tiltak:</b> Ved neste gangs anskaffelse av UV-anlegg vil det bli lagt vekt på å anskaffe dette fra en større leverandør som leverer mer standardiserte anlegg.			

Skjema nr: 37	Vannkilde:	Vannverk: Bjerkvik Antall fastboende forsynt: 2000	Kommune: Narvik
<b>Vannbehandling:</b> Siling og UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> 25. april 2000. Ved gjennomgang av vannbehandlingsanlegget ble det oppdaget at UV-aggregatet ikke var i funksjon. Årsaken var at sikringen til styringsskapet var falt ut. Nettvakten var koblet på en annen kurs, og derfor ble det ikke gitt alarm.			
<b>Tiltak:</b> Nettvakt er nå koblet om og lagt inn på personsøk GSM-telefon for A-alarm.			

Skjema nr: 38	Vannkilde: Løsmasser	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 220	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Lufting for reduksjon av CO <sub>2</sub> , alkalisk filter for fjerning av jern og pH/alkalitetjustering. UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Mai 2002. I forbindelse med rutinemessig kontroll ble det påvist høyt kimtall på nettet. Nærmere undersøkelse av UV-aggregatet viste at lampene måtte skiftes på grunn av for lang driftstid. Episoden med redusert effekt på UV-aggregatet varte i 2 uker.			
<b>Tiltak:</b> Det er innført bedre kontroll med at driftsrutiner følges.			

Skjema nr: 43	Vannkilde: Borebrønn	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 70	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Lutdosering og UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> August 2000. Det ble ved rutinemessig analyse av vannet påvist termotolerante koliforme bakterier. Episoden inntraff etter store nedbørmengder som førte til at overflatevann trengte ned i borehullet. UV-anlegget var ute av funksjon på grunn av svikt i UV-lampen. Svikten i desinfeksjonen regnes å ha vart i 3 uker.			
<b>Tiltak:</b> Gravd avskjærende grøft for å hindre overflatevann i å trenge ned i borehullet.			

Skjema nr: 86	Vannkilde: Tjern	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 220	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> pH-justering, flokkulering, filtrering og UV-desinfeksjon.			

<b>Episode:</b> Juli 2002. Lynnedslag ødela elektronikken i UV-anlegget. På grunn av ferievikar i driften ble dette ikke oppdaget før etter 7 dager.
<b>Tiltak:</b> Bedre opplæring av nyansatte og vikarer. Daglig sjekk av UV-anlegget.

Skjema nr: 116	Vannkilde: ikke spes.	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: ikke spes.	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Marmorfiltrering og UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> 14. juni 2001. Under returspyling av marmorfilter var ikke ventilene til den ene UV-linjen stengt ned. På grunn av det høye trykket på spylevannet førte dette til at lampene på den ene UV-linjen ble knust. Glassbiter ble ført med vannstrømmen inn til høydebassenget. Med bakgrunn i en gunstig innbyrdes plassering av inn- og utløp i høydebassenget ble det vurdert som lite sannsynlig at glassbiter hadde kommet ut på nettet.			
<b>Tiltak:</b> Tømt og spylt høydebasseng. Det er behov for overstyring slik at det ikke skal være mulig å foreta manuell spyling av marmorfilter uten at ventilene til UV-anlegget er stengt. Det vurderes også om det skal settes inn filter i systemet for sikre seg mot tilsvarende hendelser.			

Skjema nr: 120A	Vannkilde: Overflatevann til inntaksdam	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 2500	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Sporadisk påvisning av tarmbakterier på nettprøver. Kan bl.a. tilskrives problem med at intensitetsmåler på UV-anlegget ikke har virket skikkelig (leverandøren gikk konkurs og har ikke kunnet gi oppfølging). Det ble derfor ikke gitt indikasjon når anlegget trengte rengjøring.			
<b>Tiltak:</b> Bygget nytt anlegg.			

## Gruppe 5

Skjema nr: 74	Vannkilde: borebrønn	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 403	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Jern- og manganfilter, avherdingsanlegg og UV-desinfeksjon. Klorering i reserve.			
<b>Episode:</b> Påvist termotolerante bakterier i nett vannsprøve.			
<b>Tiltak:</b> Bedret prøvetakingsrutiner.			

Skjema nr: 77	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 2025	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Siling, UV-desinfeksjon og lutdoserer.			
<b>Episode:</b> August 2002. Påvist koliforme bakterier på renvannsprøve.			
<b>Tiltak:</b> Bedret prøvetakingsrutiner.			



Skjema nr: 94	Vannkilde: Borebrønn	Vannverk: Hvitsten Antall fastboende forsynt: 215	Kommune: Vestby
<b>Vannbehandling:</b> UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Høsten 2000. Påvist koliforme bakterier på nettprøver. Sannsynligvis forårsaket av mye nedbør som resulterte i oversvømmelse av nærområdet til kilden slik at overflatevann er kommet direkte ned i borebrønnen. UV-anlegget har samtidig ikke hatt tilfredsstillende desinfeksjonseffekt.			
<b>Tiltak:</b> Drenert område rundt brønn. Sikret brønntopp. Etablert reservevannskilde med UV-behandling.			

Skjema nr: 102	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Hareid Antall fastboende forsynt: 3620	Kommune: Hareid
<b>Vannbehandling:</b> Kjemisk felling med jernklorid på tre-mediafilter og UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Januar 2003. PLS-er som styrer vannbehandlingsprosessen sluttet å fungere trolig på grunn av lynaktivitet. Vakthavende ble varslet omgående av sentralt driftskontrollanlegg (SD) og overtok styringen manuelt. Det gikk ikke ut udesinfisert vann fra vannbehandlingsanlegget.			
<b>Tiltak:</b> SD ble satt i drift og under ekstra tilsyn. Alle PLS-ene ble skiftet til mer moderne og robust type.			

### 3.4.3 Diskusjon og anbefalinger

Ved dimensjonering av UV-anlegg legges 2 sentrale dimensjoneringskriterier til grunn: Vannmengde og vannets UV-transmisjon. I den siste 10-årsperioden er det en rekke vannverk i Norge som har erfart en betydelig økning (med en faktor opp til 2 – 3 ganger) i fargetallet i overflatevannkilder. Det antas at viktige årsaker kan være en kombinasjon av et mildere klima og mer intense nedbørperioder. Dette betyr at dimensjoneringskriteriet for en rekke eldre anlegg kan være overskredet med dagens fargetall (og tilsvarende redusert transmisjon). Det kan også være grunn til å reise spørsmål om enkelte UV-anlegg er underdimensjonert i forhold til fargetallsøkninger av mer kortvarig karakter som for eksempel i flomsituasjoner. I den nye drikkevannsforskriften (04.12.01) ble det innført krav om jevnlig måling av fargetall. Det bør derfor i dag foreligge en god dokumentasjon på hvordan fargetallet varierer i løpet av en årssyklus og i hvilken grad fargetallet har vist en generell økning på de enkelte vannverk.

- Det anbefales at vannverkene tar en ny gjennomgang spesielt av noe eldre UV-anlegg for å kontrollere om dimensjoneringskriteriene er overholdt, spesielt med hensyn på vannets transmisjon, men også i forhold til vannmengde.

Det er gitt flere eksempler på at svikt i forbehandlingen før UV-anlegget har ført til at UV-anlegget ikke har gitt tilstrekkelig desinfeksjonseffekt. Det vil i slike situasjoner ofte foreligge en samtidig svikt i 2 hygieniske barrierer (f.eks. dersom kjemisk felling er planlagt som den ene hygieniske barrieren).

- Vannverk med fargejerningsprosess bør derfor ha et reservekloranlegg der det er planlagt dosert en tilstrekkelig stor klordose i forhold til råvannets høyeste fargetall (dersom UV-anlegget skal dimensjoneres i forhold til den dårligste vannkvaliteten på råvannet vil dette kunne bli uforholdsmessig dyrt).

- For UV-anlegg anbefales det å montere alarm til vakt på intensitetsmåleren. Dette vil fange opp en rekke ulike årsaker (som inkluderer både problem med forbehandling og ulike typer svikt i UV-anlegget) til at desinfeksjonen ikke fungerer etter hensikten. Det er overraskende at hele 33 av de 48 stk UV-anlegg som er registrert i denne spørreundersøkelsen ikke hadde tilkoblet intensitetsmåler til vaktalarm.

### 3.5 Vannbehandling med membranfiltrering

#### 3.5.1 Oppsummering av episodene

Det er registrert 7 episoder med svikt i membranlegget. Det ble i 4 av episodene påvist fekale indikatorbakterier på renvann- eller nettprøver. Episodene er delt inn i 2 grupper for lettere å synliggjøre årsakssammenhenger.

##### Gruppe 1 (4 episoder)

*Gjennombrudd i membran eller pakning.*

- Se skjema nr. 88, 141, 145 og 149.

##### Gruppe 2 (3 episoder)

*Teknisk svikt som medførte at vann måtte sendes utenom membranlegget.*

- 2 av episodene skyldes gjennombrudd av duk i forfilter (skjema nr. 80 og 140). 1 episode skyldes stans i hovedpumpe (skjema nr. 79).

#### 3.5.2 Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene

##### Gruppe 1

Skjema nr: 88	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Mostadmark Antall fastboende forsynt: 350	Kommune: Malvik
<b>Vannbehandling:</b> Siling, membranfiltrering og alkalisering.			
<b>Episode:</b> November 2002. Påvist høye konsentrasjoner av koliforme bakterier i nettprøver og i renvann fra vannbehandlingsanlegget (< 14 dager). Årsaken er trolig gjennombrudd i membran eller pakninger.			
<b>Tiltak:</b> Skifte av membraner, pakninger og slanger.			

Skjema nr: 141	Vannkilde:	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 305	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Membranfiltrering.			
<b>Episode:</b> Juli 2003. Påvist koliforme bakterier på nettprøver. Membranlegget (installert 1991) er bygd opp av 5 trykkrør. Ved testing av hvert rør viste det seg at det var gjennombrudd i 1 av trykkrørene. Har også tidligere måttet skifte standard forfilter (rustfri finduk på 50 mikrometer) på grunn av brudd i duken.			
<b>Tiltak:</b> Service på anlegget, skiftet pakninger.			

Skjema nr: 145	Vannkilde: Bekkeinntak	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: ikke spes.	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Membranfiltrering.			
<b>Episode:</b> 12. august – 9. september 2003. Påvist fekale indikatorbakterier på nettprøver og renvannsprøver etter membranfilteret. Samtidig ble det på renvannet registrert et fargetall på 10 – 20 mg Pt/l mot normalt 2 – 4 mg Pt/l. Resultatene viste en klar svikt i membrananlegget (lekkasje i duk eller pakning).			
<b>Tiltak:</b> Service på anlegget			

Skjema nr: 149	Vannkilde:	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 377	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Membranfiltrering.			
<b>Episode:</b> Sommeren 2002. Påvist fekale indikatorbakterier på nettprøver. Det ble sannsynliggjort at dette skyldes gjennombrudd i membrananlegget (installert 1994).			
<b>Tiltak:</b> Service på anlegget, skiftet pakninger.			

## Gruppe 2

Skjema nr: 79	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 2000	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Membranfiltrering og klordesinfeksjon i reserve.			
<b>Episode:</b> Februar 2003. Brudd i aksling på hovedpumpe som pumper vann gjennom membranfilteranlegget. Det tok 2 dager før ny pumpe var på plass, og det ble foretatt klorering av vannet (reservekloranlegg) i denne perioden.			
<b>Tiltak:</b> Ingen spesielle.			

Skjema nr: 80	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 515	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Membranfiltrering og klordesinfeksjon i reserve.			
<b>Episode:</b> Februar 2003. Membrananlegget hadde stoppet på grunn av en ventil før forfilter som var defekt. På grunn av stort vannforbruk måtte råvannet kjøres i bypass ut på nettet (10 timer). Hadde også en episode 2 år tidligere med ventilsvikt.			
<b>Tiltak:</b> Skiftet ventil og tatt opp problemet med leverandør.			

Skjema nr: 140	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: ikke spes.	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Membranfiltrering og UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Forfilter til membrananlegg sviktet (duk revnet) og råvannet måtte kjøres utenom membrananlegget. UV-anlegget har sannsynligvis ikke hatt tilstrekkelig effekt da fargetallet var ca. 40 mg Pt/l.			
<b>Tiltak:</b> Byttet til ny type forfilter (vertikalfilter).			

### 3.5.3 Diskusjon og anbefalinger

De første membranlegg til landbaserte vannbehandlingsanlegg i Norge kom på markedet i 1991 – 92. Membranduken består vanligvis av celluloseacetat som utsettes for en naturlig aldriingsprosess. Pakningene må påregnes å bli slitt over tid på grunn av store trykkvariasjoner. Episodene som er beskrevet ovenfor viser at slitasjeproblemene nå begynner å bli synlige og at det i årene fremover kan forventes gjennombrudd av råvann spesielt i eldre membranlegg dersom ikke nødvendig vedlikehold foretas.

- For å øke sikkerheten ved membranleggene (spesielt der anlegget utgjør 1 hygienisk barriere) er det et klart behov for en kontinuerlig registrering av vannkvaliteten som kan gi et tidlig varsel om gjennombrudd. Det mest aktuelle tiltak synes her å være ettermontering av en partikkelteller.
- I tillegg bør det være oppmontert et reservekloranlegg som benyttes i de tilfeller det av ulike grunner (for eksempel svikt i forfilter) er nødvendig å kjøre i bypass, og det må da doseres tilstrekkelig klor i forhold til den normalt dårlige råvannskvaliteten (ofte høyt humusinnhold) inn til disse anleggene. Kloranlegget må også aktiveres når indikasjoner på mindre gjennombrudd foreligger. På noen av anleggene er det montert UV-aggregat etter membranlegget som den 2. hygieniske barrieren. UV-aggregatene er dimensjonert i forhold til at membranlegget fjerner mesteparten av humusstoffene og vil normalt ikke gi god nok desinfeksjon i en ”bypass-situasjon”.
- Det er viktig med gode drifts- og vedlikeholdsrutiner for utskifting av membraner og pakninger før lekkasjer inntreffer (forebyggende vedlikehold).

## 3.6 Vannbehandling med kjemisk felling

### 3.6.1 Oppsummering av episodene

Bruk av kjemisk felling som vannbehandling er alltid etterfulgt av klordesinfeksjon eller UV-desinfeksjon. Svikt i fellingsprosessen vil ofte føre til svikt i det påfølgende desinfeksjonstrinn, og det er derfor valgt å omtale den enkelte episode under kapitlene som omhandler klordesinfeksjon og UV-desinfeksjon. Det er registrert 8 episoder der fellingsprosessen har sviktet.

### 3.6.2 Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene

De aktuelle episodene er beskrevet nærmere i kapittel 3.3.2 (gruppe 1 - skjema nr. 48, 51, 117, 123 og 139) og i kapittel 3.4.2 (gruppe 2 - skjema nr. 6, 78 og 92).

### 3.6.3 Diskusjon og anbefalinger

De innrapporterte episoder gir eksempler på enkelte årsaker til svikt som plutselig endring i råvannskvalitet, problem med tilbakespylingsprosessen og for lav eller for høy pH under fellingsprosessen. Det kan være mange andre årsaker til svikt.

- Vannbehandling med kjemiske fellingsanlegg er en relativt komplisert prosess som krever omfattende opplæring av operatørene i kombinasjon med praktisk erfaring ved det enkelte anlegg. Svikt i fellingsprosessen vil ofte resultere i svikt i etterfølgende desinfeksjon og det er derfor (som også diskutert i kapittel 3.3.3 og 3.4.3) meget viktig å etablere en kontinuerlig overvåkning av vannkvaliteten med hensyn på parametere som best mulig reflekterer fellingsanleggets renseseffekt og stabilitet.

### 3.7 Annen vannbehandling

#### 3.7.1 Oppsummering av episodene

Episodene i denne gruppen gjelder tilfeller med høy pH på nettvannet. Det er registrert 3 tilfeller der pH på nettvannet har hatt pH-verdier opp til ca. 11.

- Se skjema nr. 104, 109 og 112.

#### 3.7.2 Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene

Skjema nr: 104	Vannkilde: Løsmassebrønn	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 510	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Lutdosering.			
<b>Episode:</b> 24. oktober 2000. Driftsoperatør fikk melding fra abonnent om "sleipt" vann. Ved å gå inn på overvåkingssystemet viste dette en pH på ca. 11,5. Årsak til uhellet viste seg å være svikt i doseringspumpen samtidig med at plassering av luttanken førte til at det oppstod en hevertvirkning slik at denne ble hurtig tømt. Vannet med overkonsentrasjoner av lut gikk til høydebasseng. Episoden varte i ca. 20 timer. Uhellet avslørte at alarmfunksjonen for høy pH ikke fungerte.			
<b>Tiltak:</b> Gått over til bruk av marmor istedenfor lut. Utbedret alarmfunksjon for høy pH.			

Skjema nr: 109	Vannkilde: Løsmassebrønn	Vannverk: Eiken Antall fastboende forsynt: 700	Kommune: Hægebostad
<b>Vannbehandling:</b> Lutdosering.			
<b>Episode:</b> November 2001. På grunn av programmeringsfeil i doseringspumpe ble det i en periode på 1 – 2 timer om natten overdosert lut som resulterte i pH-verdier på 10,5 – 11,0 målt på vannprøver fra fordelingsnettet. Episoden omfattet bare et fåtall abonnenter på en strekning rett etter vannbeh.anlegget.			
<b>Tiltak:</b> Programmeringsfeil rettet opp.			

Skjema nr: 112	Vannkilde: Løsmassebrønn	Vannverk: Grong Antall fastboende forsynt: 1590	Kommune: Grong
<b>Vannbehandling:</b> Lutdosering.			
<b>Episode:</b> Juni 1996. Første abonnent på vannverket var en strutseoppdretter. På kort tid døde flere struts. Nærmere undersøkelser viste meget høye pH-verdier (mellom 10 og 11) på vannprøver fra ledningsnettet. Det har vært indikert sammenheng mellom de høye pH-verdiene og strutsedøden. Videre undersøkelser viste tekniske svikt på flere steder. Som stigerør i løsmassebrønnen var det benyttet aluminiumsrør som var skrudd sammen. Det viste seg at pakningen mellom hvert rør var av en lite elastisk plasttype og lekkasjer i skjøtene førte til at vannet rant tilbake i brønnen når pumpen sto stille. En tilbakeslagsventil som skulle hindre dette fungerte dårlig med den følge at lut ble sugd ut fra dagtanken (15 % lutkonsentrat) og ned til stigerøret. Når pumpen startet igjen ble det således pumpet vann med høy pH ut på nettet. Det var også svikt i driftsovervåkingen på anlegget som følge av at pH-elektroden for sjelden ble skiftet ut.			
<b>Tiltak:</b> Vannverket ble bygget fullstendig om.			

### 3.7.3 Diskusjon og anbefalinger

Eksemplene ovenfor viser ulike typer teknisk svikt som har ført til hurtige pH-økninger på nettvannet. pH-verdier over 10 kan føre til irritasjon på øye, hals og hud. For at mer alvorlige skader skal inntreffe på mennesker (etseskader) ved bruk av lut i drikkevannsbehandling må pH være betydelig høyere enn 11. Dosering av lut for å øke pH på nettvannet vil erfaringmessig by på problemer når det gjelder å holde stabile pH-verdier ute på fordelingsnett. Dette skyldes at spesielt overflatevann, men også de fleste grunnvannskilder i Norge har lav alkalitet og tilsvarende liten bufferkapasitet mot pH-endringer.

- Ved valg av vannbehandling for å redusere vannets korrosivitet er det viktig å ha oversikt over hvilke materialer i fordelingsnett vannet kommer i kontakt med. pH-justering med lut vil normalt bare ha gunstig effekt i forhold til kobberør og da forutsatt at pH er tilstrekkelig høy (helst over 8,5).
- For å oppnå pålitelige målinger med pH-elektroder må det etableres et fornuftig kontroll- og vedlikeholdsprogram.

## 3.8 Etter vannbehandling, fordelingsnett

### 3.8.1 Oppsummering av episodene

Det er registrert 6 episoder med inntrenging av forurenset vann på fordelingsnett dokumentert ved påvisning av fekale indikatorbakterier i vannprøver, og 2 episoder der meget høyt vannforbruk i spesielle situasjoner resulterte i at råvann måtte ledes utenom vannbehandlingsanlegget. Ved 1 episode ble det observert oppstuvning av avløpsvann i en vannkum.

#### Gruppe 1 (6 episoder)

*Inntrengning av forurenset vann på fordelingsnett.*

- 2 episoder skyldes utilstrekkelig desinfeksjon i forbindelse med rehabilitering av ledningsnett (skjema nr. 108 og 136). 1 episode er forårsaket av innsug i forbindelse med avstengning av vann til et avgrenset område (skjema nr. 115). 1 episode skyldes at en bedrift pumpet forurenset vann inn på ledningsnett (skjema nr. 121). 1 episode skyldes brudd i en ledning og inntrenging av forurenset vann i en flomsituasjon (skjema nr. 133). 1 episode beskriver inntrengning av forurenset vann i en selvfallskum før et høydebasseng (skjema nr. 150).

#### Gruppe 2 (2 episoder)

*Overbelastning på vannbehandlingsanlegget.*

- Det er beskrevet 2 episoder der vannet måtte kjøres utenom vannbehandlingsanlegget pga. unormalt stort vannforbruk som følge av vannlekkasjer og frosttapping (skjema nr. 1 og 110).

#### Gruppe 3 (1 episode)

*Oppstuvning av avløpsvann i vannkum.*

- Se skjema nr. 130.

### 3.8.2 Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene

#### Gruppe 1

Skjema nr: 108	Vannkilde: Løsmassebrønn	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: ikke spes.	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Lufting, vannglassdosering og desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> September 2003. I forbindelse med utskifting/rehabilitering av en 160 mm eternittledning til 160 mm PVC ble det påvist koliforme bakterier på fordelingsnettet. Det var foretatt klorering med natriumhypokloritt-løsning av det aktuelle strekket fra et fastmontert reservekloranlegg, men klordosen var for lav. Oppfølgende analyse etter ytterligere klorering viste tilfredsstillende bakteriologisk kvalitet.			
<b>Tiltak:</b> Hendelsen tatt opp med prosjektleder og ansvarlig entreprenør.			

Skjema nr: 115	Vannkilde: Elv	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 4700	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Membranfiltrering, marmorfiltrering og UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> August 2002. Vannforsyningen til et område med 50 abonnenter ble avstengt. Vannforbruket til abonnenter som lå nedstrøms dette området, førte til undertrykk i det avstengte området, noe som igjen resulterte i at såpevann fra vaskemaskinen til et busselskap ble sugd inn på nettet. Ved påsetting av vann i det avstengte området ble det registrert såpevann i kranene (varighet 1 uke).			
<b>Tiltak:</b> Sendt ut kokevarsel til abonnentene. Montert ny tilbakeslagsventil på vaskemaskinen.			

Skjema nr: 121	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Orkdal Antall fastboende forsynt: 7600	Kommune: Orkdal
<b>Vannbehandling:</b> Membranfiltrering og klorering.			
<b>Episode:</b> Desember 2002. Det ble påvist fekale indikatorbakterier på ordinær nettprøve. Årsaken var at en lokal industribedrift pumpet forurenset bekkevann inn på det kommunale fordelingsnettet. Bedriften har to vannforsyninger: 1. Elvevann fra eget system som benyttes til prosessvann. 2. Kommunal vannforsyning som i hovedsak går til sanitærvann. Når pumpene som forsyner bedriften med elvevann stopper, benyttes den kommunale vannforsyningen også til prosessvann. Feil på en avstengningsventil og manglende tilbakeslagssikring førte til at elvevann ble pumpet inn på det kommunale nettet. Bedriften er 40 år gammel, og ledningsnettet var dårlig dokumentert. Sammenkoblingen mellom elvevann og kommunalt vann var ikke kjent for kommunen.			
<b>Tiltak:</b> Vannforsyning til bedriften ble i første omgang stengt og omfattende kloring foretatt. Bedriften har gjennomført omfattende tiltak for å hindre at feilen kan skje igjen. Ved normal drift er det nå luft mellom elvevann-systemet og kommunalt nett. Flere tilbakeslagsventiler koblet i serie hindrer at vann kan pumpes tilbake på kommunalt nett. Vannmåler er koblet til bedriftens driftsovervåkning og gir alarm ved tilbakestrømning dersom det skulle bli feil på tilbakeslagsventilen.			

Skjema nr: 133	Vannkilde: ikke spes.	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: ikke spes.	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Ikke spesifisert.			
<b>Episode:</b> August 2003. Påvist termotolerante koliforme bakterier på nettprøver. Vannledning var gravd ned i løsmasser i bunn av en kulvert under en vei. I en ekstrem flomsituasjon ble løsmassene og vannledningen i kulverten revet vekk og nett vannet ble forurenset av overflatevann.			
<b>Tiltak:</b> Vannledningen i kulverten støpes fast i en betongkasse.			

Skjema nr: 136	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 5500	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Ikke spesifisert.			
<b>Episode:</b> November 2001. Påvist tarmbakterier på nettprøver. I forbindelse med tilkobling av et nytt ledningsnett er det sannsynligvis ikke foretatt tilstrekkelig desinfeksjon. I tillegg ble det tilkoblet vann fra en stor hovedledning der vannet hadde stått stille en periode.			
<b>Tiltak:</b> Kokevarsel ble gitt på radio. Utspyling og desinfeksjon foretatt.			

Skjema nr: 150	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 2826	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Kjemisk felling med aluminiumsulfat og klorering.			
<b>Episode:</b> Sommer 2003. Det ble påvist fekale indikatorbakterier på vannprøver fra en båt som fikk drikkevannsforsyning fra vannverket. Nærmere undersøkelser viste at vannledningen frem til et høydebasseng før det aktuelle tapstedet gikk via en såkalt selvfalls-kum. Kummen var bygd opp av betongelementer. Visuell inspeksjon viste lekkasje av grunnvann inn i kummen mellom betongelementer og ved gjennomføring av vannledningen inn i kum. Grunnvannet var bakterielt forurenset av beitende sau i området.			
<b>Tiltak:</b> Kokevarsel, klorering av høydebasseng og innsetting av ny tett kum.			

## Gruppe 2

Skjema nr: 1	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 2100	Kommune
<b>Vannbehandling:</b> Kjemisk felling med jernklorid på fler-mediafilter og UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> I en barfrostperiode med sterk kulde (-20 °C) økte vannforbruket meget sterkt pga. frosttapping og dårlig isolerte vannledninger og kraner som sprang lekk. Vann til abonnentene måtte kjøres i bypass forbi fellingsanlegget. UV-anlegget ble regnet å ha minimal effekt pga. høyt fargetall, og det ble gitt kokevarsel. Episoden varte i 32 dager.			
<b>Tiltak:</b> Det er skiftet til nye filterbunner for å sikre en bedre tilbakespyling (de originale filterbunner gikk tett etter en viss brukstid). Det er foretatt utbedring av svake punkter i ledningsnettet, bl.a. etterisolering av ledningsstrek med lavt forbruk. Et av etterisoleringstiltakene har vært å fylle på jordmasser over ledningstraseen.			



Skjema nr: 110	Vannkilde: Elv	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 250	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Membranfiltrering, marmorfiltrering og UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Mai 2003. Det inntraff en episode med stor vannlekkasje på fordelingsnettet Vannforbruket overskred membranfilterets kapasitet, og noe råvann måtte derfor ledes utenom membranfilteret. På grunn av høyt fargetall har sannsynligvis UV-anlegget hatt redusert desinfeksjonseffekt i denne perioden (14 dager).			
<b>Tiltak:</b> Ingen.			

### Gruppe 3

Skjema nr: 130	Vannkilde: Elv	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 800	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Karbonatisering med marmorfilter og kullsyre. UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> 9. november 2000. Det ble oppdaget at det var fullt av avløpsvann i en vannkum som skyldes at en avløpsledning var gått tett og at det var forbindelse mellom vann- og avløpskum. Det ble ikke registrert forurensning av drikkevannsnettet.			
<b>Tiltak:</b> Begge kummer er skiftet.			

#### 3.8.3 Diskusjon og anbefalinger

Eksemplene i gruppe 1 ovenfor viser ulike situasjoner der nettvannet er blitt forurenset. I forbindelse med rehabiliteringsarbeider på nettet er det i tillegg til å foreta desinfeksjon ved klorering, også viktig å ha kontrollrutiner som viser at vannet i det aktuelle ledningsstrekking virkelig har fått tilført tilstrekkelige klormengder. Flere av eksemplene ovenfor illustrerer at trykkløse situasjoner på fordelingsnettet representerer et meget kritisk punkt i forhold til muligheten for innsug av forurenset vann. Eksemplene omfatter også 2 tilfeller der prosessvann fra industribedrifter er kommet inn på drikkevannsnettet. Dette skyldes dels manglende installasjon av effektive tilbakslagsventiler, men også uheldige tekniske løsninger som muliggjør en slik innblanding.

- Ved klorering av ledningsnettet enten i forbindelse med nye installasjoner eller rehabilitering, anbefales det å foreta klormålinger i felt med transportabelt klormålerutstyr.
- Det er velkjent blant vannverkspersonell at trykkløse situasjoner på fordelingsnettet må unngås og at det ved utbygging og drift av fordelingsnettet siktes mot å unngå slike situasjoner. Det er allikevel grunn til å understreke at det er viktig med risikoanalyser for å identifisere de mest utsatte geografiske områder.
- Tilførsler av prosessvann fra bedrifter på fordelingsnettet representerer en potensiell forurensningskilde. Det er bedriftenes ansvar å etablere tekniske løsninger som skal hindre at dette skjer, men det vil være nyttig at vannverkene evt. i samarbeid med andre instanser foretar en risikoanalyse som søker å identifisere de mest utsatte bedrifter (alder, type virksomhet etc.).

### 3.9 Stopp i vannforsyningen

#### 3.9.1 Oppsummering av episodene

Det er registrert 5 episoder med full stopp i vannforsyningen.

- 2 av episodene er forårsaket av lynnedslag (skjema nr. 5 og 93). 2 episoder skyldes tiltetting av råvannsledning (skjema nr. 31 og 89). 1 episode kan relateres til styringstekniske forhold (skjema nr. 76).

#### 3.9.2 Detaljerte beskrivelser av de enkelte episodene

Skjema nr: 5	Vannkilde: Tjern	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 200	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Kjemisk felling med PAX på sandfilter, marmorfiltrering og UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> 30. mai 2003. Lynnedslag i det elektriske anlegget stoppet luftkompressor og mammutpumpe som er i funksjon under tilbakespyling av filter. Vannproduksjonen stoppet (ca. 1 døgn) og ble oppdaget ved at høydebasseng gikk tomt.			
<b>Tiltak:</b> Montert alarmsystem med varsling til vakt (automatisk kontroll av kompressor, mammutpumpe, pH og nivå i basseng).			

Skjema nr: 31	Vannkilde: Løsmassebrønn	Vannverk: Hauge Antall fastboende forsynt: 500	Kommune: Bremanger
<b>Vannbehandling:</b> UV-desinfeksjon.			
<b>Episode:</b> Desember 2002. Det ble registrert for lite vann i samlebaseng. Nærmere undersøkelser viste at tilførselsledningen til samlebaseng var tiltettet med stein.			
<b>Tiltak:</b> Utbedret sil/grovfilter ved inntak.			

Skjema nr: 76	Vannkilde: Innsjø	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 5148	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Karbonatisering, filtrering, klordesinfeksjon og lutdoserung.			
<b>Episode:</b> April 1999, april 2000 og juni 2003. Vannverket stoppet automatisk vannproduksjon fordi klorrest har blitt mindre enn 0,02 ppm eller større enn 0,5 mg/l (forhåndsinnstilt alarmpunkt), og det ble gitt alarm i disse tilfellene. I helgene med vaktordning blir dette fanget opp. I ukedagene etter arbeidstid er det ikke etablert vaktordning, og det har hendt 3 ganger de siste 5 år at høydebassengene har gått tomme.			
<b>Tiltak:</b> Det planlegges større høydebasseng.			

Skjema nr: 89	Vannkilde: Borebrønn	Vannverk: Anonymt Antall fastboende forsynt: 210	Kommune:
<b>Vannbehandling:</b> Partikkelfilter, UV-desinfeksjon og tilsetning av kaliumpermanganat for manganfjerning.			
<b>Episode:</b> Juli 2003. Partikkelfilter for råvann gikk tett og førte til stopp i produksjon av renvann. Skyldes plutselig nedfall av slam i borehullet.			

**Tiltak:**

Ulike tiltak under vurdering.

<i>Skjema nr:</i> 93	<i>Vannkilde:</i> Innsjø	<i>Vannverk:</i> Kragerø kommunale Antall fastboende forsynt: 9920	<i>Kommune:</i> Kragerø
<b>Vannbehandling:</b> Sandfilter og klorering.			
<b>Episode:</b> Enkelte tilfeller av leveringsstopp på grunn av at tordenvær har satt styringssystemet ut av funksjon.			
<b>Tiltak:</b> Avtale om tilkjøring av mobilt strømaggreat.			

### 3.9.3 Diskusjon og anbefalinger

Eksemplene ovenfor viser 2 episoder der lynnedslag har forårsaket stopp i vannproduksjonen. Det er også beskrevet en episode i kapittel 3.4 der lynnedslag har ødelagt styringssystemer for vannbehandlingsprosessen.

- Stabil strømforsyning er en forutsetning for at vannbehandlingen skal fungere. Det anbefales installasjon av overspenningsvern som beskyttelse mot lynnedslag. I tillegg anbefales batteribackup for sentrale styringssystemer som buffer mot strømstans av mer kortvarig karakter. Installasjon av nødstrømsaggreat sikrer strømforsyningen til mer strømkrevende prosesser ved lengre stans i strømforsyningen.

### 3.10 Statistisk oppsummering av episodene

Tabellen nedenfor gir en oppsummering av episodene i forhold til vannverkenes størrelse og episodekategori.

<b>Antall hendelser* i forhold til episodekategori og antall personer forsynt.                      Sammenligning med opplysninger om antall ulike anleggstyper fra Vannverksregisteret</b>								
<i>(* 1 episode som er beskrevet i et skjema, kan bestå av to hendelser som for eksempel svikt i kjemisk felling + svikt i UV-desinfeksjon)</i>								
Antall personer forsynt	Før vannbehandling	Klor-desinfeksjon	UV-desinfeksjon	Membranfiltrering	Kjemisk felling	Annen vannbehandling	Etter vannbehandling	Stopp i vannforsyningen
< 100	2	3	3	0	0	0	0	0
100 – 299	5	1	8	0	2	0	1	2
300 – 999	4	1	5	4	0	2	1	1
1000-4999	5	4	7	1	3	1	3	0
5000 – 19999	5	4	1	0	0	0	2	2
> 20000	3	4	0	0	2	0	0	0
Ikke spesifisert	5	4	3	2	1	0	2	0
<b>SUM hendelser</b>	<b>29</b>	<b>21</b>	<b>27</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>5</b>
Sum anlegg i Norge etter Vannverksregisteret pr. 2002		236	667	80	126			
<b>Hendelser i % av antall vannbehandlingsanlegg registrert i Vannverksregisteret</b>		<b>8,9</b>	<b>4,0</b>	<b>8,8</b>	<b>6,3</b>			

Hendelser som gjelder svikt i klordesinfeksjonen er i de fleste tilfeller konsentrert til vannverk som forsyner over 1000 personer. Når det gjelder svikt i UV-desinfeksjonen er de fleste hendelser registrert hos vannverk som forsyner fra 100 til 5000 personer. For svikt i membranfiltrering ligger det et tyngdepunkt ved anlegg som forsyner 300 til 1000 personer. For kjemisk felling er hendelsene relativt jevnt fordelt over de ulike størrelseskategorier.

Antall hendelser med svikt i klordesinfeksjon, UV-desinfeksjon, membranfiltrering og kjemisk felling i denne undersøkelsen er sammenlignet med antall registrerte godkjenningsspliktige vannverk i Norge med de ulike hygieniske barrierer i vannbehandlingen som nevnt over (se også vedlegg 3). Det er registrert prosentvis flest hendelser med svikt i klordesinfeksjon og membranfiltrering (henholdsvis 8,9 % og 8,8 %). Derest følger svikt i kjemisk felling med 6,3 %. Færrest hendelser relativt sett i forhold til antall anlegg ble registrert ved UV-desinfeksjon (4,0 %).

Det statistiske grunnlaget i denne undersøkelsen er imidlertid for lite til å trekke sikre konklusjoner om hvilken type hygienisk barriere i vannbehandlingen som er mest robust.

## 4 ROBUSTHET I VANNBEHANDLINGEN. RESULTATER OG ANBEFALINGER

I dette kapittelet oppsummeres svarene på de spørsmål som er gitt når det gjelder robusthet i vannbehandlingen. Oppsummeringen er basert på 119 utfylte spørreskjema hvorav 71 skjema i tilknytning til episoder og 48 skjema der det ikke har vært rapportert om episoder.

I den statistiske presentasjon er det valgt å slå sammen svarene fra skjema der det rapporteres om episoder og der det er kommentert at ingen episoder har funnet sted. For flere skjema er det ikke gitt svar på alle spørsmål som er relevante for vannverket og det vil derfor være forskjell i svarprosent på de ulike spørsmål. Svarene på flere av spørsmålene kan ikke tas som representative for norske vannverk statistisk sett da det må anses som sannsynlig at svarprosenten er høyest blant de vannverk som har størst ressurser (både personellmessig og teknisk/utstyrmessig). I diskusjonen til de innkomne svar rettes det størst fokus på de forhold der det er åpenbare forbedringsmuligheter når det gjelder å øke sikkerheten ved de hygieniske barrierene.

### 4.1 Besøksfrekvens på anlegget

<b>Hvor ofte er det driftspersonell på anlegget?</b>	
<i>Besøksfrekvens</i>	<i>Antall svar</i>
1 gang pr uke	34
2 ganger pr uke	10
3 ganger pr uke	5
4 ganger pr uke	2
5 ganger pr uke	13
6 ganger pr uke	0
7 ganger pr uke	1
1 gang pr måned	2

Alle innkomne svar sett under ett viser en gjennomsnittlig besøksfrekvens på 2,3 pr uke. Det vanligste er besøk en gang pr uke. 2 vannverk har oppgitt at de besøker anlegget 1 gang pr mnd. Begge disse vannverkene har UV-desinfeksjon der intensitetsmåler er tilkoblet vaktalarm. Hele 18 vannverk som besøkte anlegget 1 eller 2 ganger i uken hadde UV-desinfeksjon uten intensitetsmåler koblet til vaktalarm. 2 av vannverkene som hadde klordesinfeksjon og kontrollerte restklor manuelt besøkte anlegget bare 1 gang pr uke. De øvrige vannverk med klordesinfeksjon og som kontrollerte restklor manuelt besøkte anlegget 5 ganger pr uke.

### 4.2 Sikkerhet i strømtilførsel

<b>Er det montert nødstrømsaggregat og/eller batteribackup?</b>		
		<i>Antall svar</i>
Installert nødstrømsaggregat?	Ja	39
	Nei	45
Installert batteribackup?	Ja	31
	Nei	43

Over halvparten av vannverkene svarte nei på spørsmålet om de hadde installert nødstrømsaggregat eller batteribackup. (3 av vannverkene som ikke hadde installert nødstrømsaggregat hadde avtale med andre eiere og kunne skaffe dette på relativt kort varsel).

<b>Hvor mange registrerbare strømbrudd de 2 siste år?</b>	
	<i>Antall svar</i>
Ingen	14
1 – 5	39
6 – 10	5
11 – 30	5
31 – 50	1

Totalt 78 % av vannverkene hadde opplevd 1 eller flere strømbrudd de siste 2 år. I gjennomsnitt ble det registrert en strømbruddfrekvens på 4,3 de siste 2 år sett under ett. 26 av de vannverkene som hadde registrert 1 eller flere strømbrudd de siste 2 år hadde ikke installert nødstrømsaggregat. Av disse 26 vannverkene var det 4 stk som hadde registrert mer enn 6 strømbrudd. Behovet for nødstrømsaggregat må selvsagt vurderes i forhold til hvordan vannforsyningsystemet er bygd opp. For vannverk som produserer direkte til høydebasseng med god kapasitet vil kortvarige strømbrudd ikke medføre problem forutsatt at det skjer en samtidig stans i vannproduksjon og desinfeksjon. Installering av batteribackup som sikrer stabil strømforsyning til styrings- og overvåkingssystemet vil imidlertid alltid være et fornuftig tiltak.

### 4.3 Vannbehandling

<b>Klor-desinfeksjon</b>		
		<i>Antall svar</i>
Hvilken klortype benyttes?	Klogass	4
	Natriumhypokloritt	19
	Klorproduksjon på stedet	1
Er det reservekloranlegg på vannbehandlingsanlegget?	Ja	14
	Nei	7
Hvor lang er oppmonteringstiden for reservekloranlegg?	Straks	7
	< 1 time	6
	1 – 5 timer	2
	6 – 10 timer	1
Kontaktid	Over 30 min	16
	Under 30 min	1
Er det kontrollert kortslutningsstrømmer i kontaktbasseng?	Ja	4
	Nei	14
Hvordan måles klorrest?	Automatisk	15
	Bare manuelt	8
Ved automatisk måling, er det alarm til vakt?	Ja	12
	Nei	3
Hvor hyppig måles klorrest manuelt dersom det ikke er automatisk måling?	Daglig	3
	Ukentlig	1
	Månedlig	2

Natriumhypokloritt synes å være den dominerende klortypen (19 av 24 anlegg), mens en del anlegg anvender klograss (4 av 24 anlegg). Hele 7 av 21 anlegg har opplyst at de ikke har reservekloranlegg, men av disse kunne 1 vannverk fremskaffe kloranlegg i løpet av 4 timer og 1 vannverk hadde 2 parallelle klordoseringslinjer. For de vannverkene som hadde reservekloranlegg kunne 13 av 16 anlegg få dette i drift på mindre enn 1 time. 16 av 17 anlegg tilfredstilte kravet til en klorkontaktstid på minst 30 min. Det ene anlegget som ikke greide kravet i dag hadde planer om å utbedre forholdet i 2004.

14 av 18 anlegg hadde ikke kontrollert den effektive oppholdstiden i klorkontaktbassenget. Erfaringer har vist at enkelte basseng er konstruert slik at det kan oppstå kortslutningsstrømmer som gir kortere kontakttider enn 30 min. for deler av vannmassene.

15 av 23 anlegg hadde automatisk måling av klorrest, og av disse igjen hadde hele 12 anlegg alarm til vakt. De fleste anlegg som har automatisk klormåling måler klorrest etter 30 min oppholdstid. Forfatteren har fått opplyst fra enkelte vannverk at det er vanskelig å finne måleutstyr som gir pålitelige resultater når klorkonsentrasjonene ligger ned mot 0,02 - 0,05 mg/l (de fleste norske vannverk tilstreber så lave restklorkonsentrasjoner som mulig for å redusere lukt- og smaksproblem). En måte å bedre nøyaktigheten på ved automatisk klormåling er å etablere et målepunkt 5 – 10 min. etter klortilsats og etter god klorinnblanding i vannmassene. Klorresten vil her være høyere enn etter 30 min. kontaktstid og gir muligheter for mer stabile målinger (enkelte vannverk har ved å benytte denne metoden også kunnet anvende rimeligere instrumenter for restklormåling). Sammenhengen mellom restklor målt etter 5 – 10 min. og 30 min. må selvsagt etableres slik at det sikres at renvannet har en påvisbar klorrest etter 30 min. kontaktstid.

8 av 23 anlegg hadde manuell klormåling. Bare 3 av disse anleggene har opplyst at klorrest måles daglig. 2 anlegg målte klorrest månedlig, og 1 av disse anleggene hadde anleggsbesøk 5 ganger i uken.

Automatisk klormåling med alarm til vakt vil gi den beste sikkerheten og er spesielt viktig å få etablert der råvannskilden i perioder representerer en svekket hygienisk barriere samtidig som klorbehovet øker på grunn av økt innhold av organisk stoff (typiske situasjoner er flomperioder på høsten med utvasking av humusstoffer og tarmbakterier fra beitedyr). Også for anlegg med kjemisk felling vil automatisk klorrestmåling bedre sikkerheten. For vannverk som har gode grunnvannskilder med stabil kjemisk og bakteriologisk kvalitet kan manuelle klormålinger være forsvarlige dersom besøksfrekvensen på anlegget er tilstrekkelig hyppig og/eller det gis annen alarm som indikerer klorsvikt (for eksempel overvåking av klornivå i tank, overvåking av doseringspumpefunksjon etc.).

På spørsmål om hvilken strategi vannverket har for å regulere klordosen i forhold til varierende vannkvalitet med varierende klorbehov, kan svarene oppsummeres i følgende beskrivelser:

- \*Vannkvalitet er jevn. Ikke behov for justering utover mengdeproporsjonal dosering.
- \*Sjekker mot klorrest i renvann og justerer manuelt.
- \*Dersom klorrest <0,02ppm (automatisk måling) stoppes vannproduksjon og alarm går.
- \*Manuell regulering ved variasjoner i nedbørmengder/årstid, gjerne regulering i forkant.
- \*Egen rutine i perioder med fullsirkulasjon, overvåker temperatur og turbiditet.
- \*Måler også klor 5 min. etter klortilsats.

<b>UV-desinfeksjon</b>		
		<i>Antall svar</i>
Er det reservelamper til UV-anlegget?	Ja	41
	Nei	6
Er dimensjoneringskriterier godt kjent for ansvarshavende for UV-anlegget?	Ja	44
	Nei	3
Har UV-anlegget typegodkjenning?	Ja	49
	Nei	0
Er intensitetsmåler tilknyttet alarm til vakt?	Ja	15
	Nei	33
Rengjøres kvartsrør til faste intervall?	Ja	43
	Nei	4

6 av 47 anlegg hadde ikke reserve UV-lamper. Dimensjoneringskriteriene var i hovedsak kjent for ansvarshavende, men 3 av 47 anlegg hadde ikke disse viktige opplysningene tilgjengelige. Alle UV-anleggene var typegodkjent. De fleste anlegg hadde også rutiner for regelmessig rengjøring, mens 4 av 47 anlegg ikke hadde dette på plass. Det mest overraskende var at bare 15 av 48 anlegg hadde intensitetsmåler tilknyttet vaktalarm.

<b>Membranfiltrering</b>		
		<i>Antall svar</i>
Er det kontinuerlig avlesning av turbiditet eller partikkel telling?	Ja	4
	Nei	4
Er det i så fall tilkoblet alarm til vakt?	Ja	1
	Nei	7

I denne undersøkelsen er det 4 av 8 vannverk som opplyser at de har kontinuerlig avlesning av vannkvalitet ut fra membrananlegget, og av disse igjen er det bare 1 vannverk som har tilkoblet alarm til vakt. Det er forfatterens oppfatning (også etter å ha vært i kontakt med de større leverandører av membrananlegg) at det av de vannverk (80 stk. pr. desember 2002) som har installert membrananlegg i Norge, bare er et fåtall som har måleutstyr for kontinuerlig avlesning av partikler etter membrananlegget. Som diskutert i kapittel 3.5 er det et klart behov for kontinuerlig registrerende måleutstyr spesielt på eldre anlegg og der membrananlegget utgjør en hygienisk barriere.

<b>Kjemisk felling</b>		
		<i>Antall svar</i>
Er det automatisk overstyring av pH?	Ja	8
	Nei	6
Er pH overvåket med alarm til vakt?	Ja	8
	Nei	6
Er det automatisk overstyring av dosering av fellingsmiddel?	Ja	7
	Nei	7
Er det kontinuerlig avlesning av turbiditet, farge eller partikkelinnhold?	Ja	10
	Nei	5
Er det i så fall tilkoblet alarm til vakt?	Ja	10
	Nei	5



pH er en kritisk parameter i fellingsprosessen. 6 av 14 anlegg hadde ikke automatisk overstyring av pH eller overvåking med alarm til vakt. 7 av 14 anlegg hadde ikke automatisk overstyring av dosering av fellingsmiddel. 5 av 15 anlegg hadde ikke kontinuerlig avlesning av turbiditet, farge eller partikkelinnhold.

Drift av kjemiske fellingsanlegg er en relativt komplisert prosess, og en kontinuerlig overvåking av renvann etter fellingsanlegg vil bidra til å øke sikkerheten. Svikt i fellingsanlegg vil som regel også medføre at etterfølgende desinfeksjonstrinn får redusert effekt.

#### 4.4 Årsak og ansvarsforhold i forhold til den registrerte svikt

<b>Hvem var ansvarlig (faglig) for svikten i den aktuelle episode?</b>			
	<i>Antall svar</i>		
	<i>Stor grad</i>	<i>Middels grad</i>	<i>Liten grad</i>
Vannverket	38	4	3
Leverandør	8	7	11
Konsulent	2	3	19

<b>Hva var årsak til svikten?</b>			
	<i>Antall svar</i>		
	<i>Stor grad</i>	<i>Middels grad</i>	<i>Liten grad</i>
Teknisk svikt	24	1	8
Valg av teknisk løsning	5	11	14
Manglende opplæring	1	6	18
Manglende nedskrevne driftsrutiner	6	7	17
Manglende oppfølging av driftsrutiner	6	3	19

Det er stilt spørsmål om hvem som hadde ansvar for den aktuelle svikten. I valget mellom vannverket, leverandør og konsulent er det i de fleste tilfeller (38 av 48 svar) oppført at det var vannverket selv som i stor grad hadde ansvaret, mens 8 av 48 anga at leverandøren i stor grad hadde ansvaret.

På spørsmål om hva som var årsaken til svikten, er teknisk svikt oppgitt som den dominerende årsak (24 av 42 svar). 5 av 42 svar har angitt valg av teknisk løsning som viktig årsak til svikt. 12 av 42 svar angir manglende nedskrevne driftsrutiner eller oppfølging av driftsrutinene som viktig årsak.

## NORVAR - prosjekt: "Hygieniske barrierer - kritiske punkter: *Hva gikk galt?*"

### Veiledning til spørreskjema

Et hovedfundament i norsk vannforsyning for å sikre et hygienisk betryggende drikkevann er kravet om minst to hygieniske barrierer for godkjenningsspliktige vannverk. Aktuelle barrierekombinasjoner kan være:

- 1 hygienisk barriere i vannkilde/nedbørfelt og 1 i vannbehandling
- 2 hygieniske barrierer i vannbehandlingen
- Grunnvannskilder med gode løsmasseegenskaper, lang oppholdstid og lite forurensende aktiviteter i nedbørfeltet.

Formålet med dette prosjektet er å fremskaffe og å presentere et mest mulig samlet erfaringsgrunnlag fra norske vannverk der det har vært svikt i barrierene i en eller flere av de 3 nevnte hygieniske barrierekombinasjoner. Denne kunnskapen vil kunne være til stor nytte både for vannverkseiere, utstyrsleverandører, konsulenter, tilsynsmyndigheter og sentrale fagmiljø på drikkevann når det gjelder å vurdere barriereegenskaper.

Arbeidsmetodikken for prosjektet blir i hovedsak å få registrert flest mulig tilfeller av svikt i de hygieniske barrierer som vannbehandling utgjør (*DEL 1*) eller unormale hendelser i vannkilden (*DEL 2*) via et spørreskjema som er sendt ut til alle godkjenningsspliktige vannverk i Norge. Eksemplene begrenses til de siste 5 år, men tidligere hendelser er også av interesse dersom de har aktualitet for dagens situasjon. Vi vil presisere at det er viktig å få med eksempler der den ene barrieren har sviktet selv om den andre barrieren har fungert. Det skal også registreres tilfeller av svikt selv om denne ble raskt oppdaget (f.eks ved alarm). Dersom samme type svikt har gjentatt seg flere ganger ved et vannverk er det tilstrekkelig å registrere dette som ett tilfelle, men med anmerkning: *samme svikt flere ganger*. Det ønskes også en nærmere beskrivelse av hvor robust vannbehandlingsprosessen var da svikt ble oppdaget (*DEL 3*).

### ***DEL 1 Svikt i vannbehandlingen som kan ha betydning for den hygieniske kvaliteten***

Det ønskes eksempler på flest mulige tilfeller der det oppsto svikt i vannbehandlingen som kan ha betydning for den hygieniske kvalitet (mikrobiologisk eller kjemisk) selv om svikten ikke har resultert i sykdomstilfeller. Kriterier på om svikt har oppstått kan være:

1. Påvisning av **koliforme- eller termotolerante koliforme bakterier (evt. *E.coli*)** på **renvannsprøver (og evt. nettprøver)**.
2. **Klordoseringsanlegg** som i perioder ikke har dosert klor eller for lite klor.
3. **UV-anlegg** med plutselig svikt i en eller flere lamper, eller at intensitetsmåleren har vist lavere enn angitt minimumsverdi. For UV-anlegg er det også interessant å få registrert tilfeller der dimensjoneringsgrunnlaget for anlegget er overskredet (lavere transmisjon eller større vannmengder enn UV-anlegget er dimensjonert for).
4. **Ozon-anlegg** som i perioder ikke har dosert ozon eller for lite ozon.
5. **Membranfiltreringsanlegg (<10nm)** med gjennombrudd i membranen eller plutselig turbiditetsøkning på renvann.

6. **Kjemisk felling** (koagulering). For disse anleggene kan det være vanskelig å få en god dokumentasjon på funksjonssvikt relatert til fjerning av mikroorganismer dersom det da ikke er tatt rutinemessige bakteriologiske prøver rett før og etter felling. Alternativt kan større økninger i turbiditet på renvannet eller full stans i fellingsanlegget være av interesse å få registrert da slike situasjoner fører til redusert effekt i etterfølgende desinfeksjonstrinn.

→ **Det er viktig å gi en best mulig beskrivelse av årsaken til svikt i vannbehandlingen:**

*(F.eks. Doseringpumpe doserte ikke klor pga luftblære i sugeslange. Feil blanding av klor-doseringsløsning. Feil konsentrasjon på klorkonsentrat fra leverandør. UV-anlegget startet ikke etter strømsvikt pga styringsfeil. UV- intensitet under grenseverdi pga jern eller humusbelegg på lampene. Høyt fargetall pga svikt i humusfellingsprosessen før desinfeksjonstrinn osv).*

### **DEL 2 Unormale hendelser i vannkilden eller nedbørfelt**

*Fokus i spørreundersøkelsen når det gjelder vannkilde og nedbørfelt er å få registrert eksempler på unormale hendelser som har ført til vannkvalitetsendringer utenfor det "normale" variasjonsområdet og der vannkilde/nedbørfelt regnes som den ene hygieniske barrieren. Det kan enten være unormale tilførsler av avføringsrester (fra dyr, fugl eller avløpsvann), unormale tilførsler av kjemikalier eller unormal endring i fargetall/ partikkelinnhold som kan redusere effekten av etterfølgende vannbehandling.*

*(F.eks. Gjødselkjeller sprang lekk og drenerte ned til råvannskilden. Lekkasje i avløpsledning på grunn av sprengningsarbeider resulterte i tilførsler av avløpsvann til borebrønnen. En unormal ansamling av gress førte til en sterk økning i tarmbakterier i vannkilden. Jordras ga sterk partikkeløkning i vannmassene. Sterk vind virvlet opp bunnsediment og resulterte i høy turbiditet på råvannet. Tankbil veltet og kjemikalier/drivstoff lekket ut i vannkilden osv).*

### **DEL 3 Robusthet i vannbehandlingsprosessen ved svikt**

I denne del av spørreundersøkelsen ønsker vi å få en mer detaljert beskrivelse av hvor robust vannbehandlingsprosessen var i de aktuelle situasjoner med svikt (*se spørreskjema*).

**Spørreskjemaet returneres pr e-mail eller brev til prosjektleder for dette prosjektet:**

Karl Olav Gjerstad  
M-lab AS,  
Forusbeen 3,  
4033 Stavanger  
tlf 99 24 36 37

*e-mail:kog@m-lab.no*

## SPØRRESKJEMA

Bruk ett eksemplar av spørreskjemaet pr episode. Kopier opp om nødvendig

### DEL 1 og 2

#### Eksempler på svikt i vannbehandlingen eller unormale hendelser i råvannskilde/nedbørfelt

(bruk evt tilleggsark for mer utførlig beskrivelse, vedlegg evt avviksrapport):

Gjelder vannverk (navn og kode):

Adresse:

Type vannkilde (strek under): innsjø, tjern, elv, borebrønn, løsmassebrønn

Kommune:

Fylke:

-----  
Beskriv episode:

- Når skjedde episoden (mnd/år)? \_\_\_\_\_
- Hvor lenge gikk det ut udesinfisert vann eller vann med redusert hygienisk kvalitet fra vannbehandlingsanlegget i den aktuelle situasjon? \_\_\_\_\_
- Førte svikten til kjente konsekvenser for abonnentene? (sykdom, problem for næringsmiddelindustri, etc) Ja: \_\_\_ Nei: \_\_\_ Vet ikke: \_\_\_

Beskriv evt. hvilke:

#### Ansvarsforhold/årsak

	Stor Grad	Mindre Grad	Liten Grad
Hva var årsak til svikten? (kryss av)			
<u>Vannbehandling</u>			
Teknisk svikt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valg av teknisk løsning	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manglende opplæring	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manglende nedskrevne driftsrutiner	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manglende oppfølging av driftsrutiner	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Annet? Beskriv:			
<u>Vannkilde/nedbørfelt</u>			
Menneskelig aktivitet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Naturgitte forhold	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Annet? Beskriv:			
Ved svikt i vannbehandlingen: Hvem har ansvar (faglig, ikke juridisk) for svikten? (kryss av)			
Vannverket	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leverandør	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Konsulent	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Annet? Beskriv:			

**DEL 3****Grad av robusthet i vannbehandlingen (når den aktuelle svikt oppsto)****Beskrivelse av vannbehandling**

Gi en kort beskrivelse av prosessene på vannbehandlingsanlegget (når den aktuelle svikt oppsto):

**Hvor ofte er det driftspersonell på anlegget?****Spesifiser nærmere dersom Klorering**

- Hvilken klortype? (sett kryss):

Natriumhypokloritt: \_\_\_      Kalsiumhypokloritt: \_\_\_      Klorgass: \_\_\_  
Kloramin: \_\_\_      Klorproduksjon på stedet: \_\_\_

- Finnes reservekloranlegg?: \_\_\_  
Hvor lang tid må påregnes før denne er klar til korrekt klordosering? \_\_\_\_\_
- Hvor lang er minimum klorkontakt-tid ved nåværende maks vannforbruk før 1.ste abonnent? \_\_\_\_\_
- Er det kontrollert om det er kortslutningsstrømmer i klorkontaktbassenget? Ja: \_\_\_      Nei: \_\_\_
- Måles klorrest: Automatisk?: \_\_\_      Manuelt?: \_\_\_      Hvor hyppig? \_\_\_\_\_
- Dersom automatisk måling, gis alarm til vakt? Ja: \_\_\_      Nei: \_\_\_
- Hvilken strategi har vannverket for å regulere klordosen i forhold til varierende vannkvalitet med varierende klorbehov?

**Spesifiser nærmere dersom UV-desinfeksjon**

- Er det reserve UV-lamper på vannverket? Ja: \_\_\_      Nei: \_\_\_
- Er UV-anleggets dimensjoneringskriterier (transmisjon og maks vannmengde) godt kjent for ansvarshavende for anlegget? Ja: \_\_\_      Nei: \_\_\_
- Har UV-aggregatet formell typegodkjenning? Ja: \_\_\_      Nei: \_\_\_
- Er intensitetsmåler tilknyttet alarm til vakt? Ja: \_\_\_      Nei: \_\_\_
- Rengjøres kvartsrør til faste intervall? Ja: \_\_\_      Nei: \_\_\_

**Spesifiser nærmere dersom Membranfiltrering**

- Er det kontinuerlig avlesning av turbiditet eller partikkel telling?: Ja: \_\_\_      Nei: \_\_\_
- Er det i så fall tilkoblet alarm til vakt? Ja: \_\_\_      Nei: \_\_\_

**Spesifiser nærmere dersom Kjemisk felling**

- Er det automatisk overstyring av pH? Ja: \_\_\_ Nei: \_\_\_
- Er pH overvåket med alarm til vakt? Ja: \_\_\_ Nei: \_\_\_
- Er det automatisk overstyring av dosering av fellingsmiddel? Ja: \_\_\_ Nei: \_\_\_
- Er det kontinuerlig avlesning av turbiditet, farge eller partikkel telling? Ja: \_\_\_ Nei: \_\_\_
- Er det i så fall tilkoblet alarm til vakt ? Ja: \_\_\_ Nei: \_\_\_

**Spesifiser nærmere vedrørende andre vannbehandlingsprosesser enn de som er nevnt ovenfor****Strømforsyning til vannbehandlingsanlegget**

- Er det montert nødstrømsaggregat? Ja: \_\_\_ Nei: \_\_\_
- Har vannbehandlingsanlegget UPS (batteribackup) for å sikre at styringssystemet har kontinuerlig spenning i tidsrommet fra strømfracfall og til stabil leveranse fra nødstrømsaggregat? Ja: \_\_\_ Nei: \_\_\_
- Hvor mange registrerbare strømbrudd (anslagsvis) har vannverket hatt de siste 2 år?

- Har vannverket internkontrollsystem (evt. beredskapsplan) med rutiner/prosedyrer som ivaretok den aktuelle svikten/hendelsen?
- Hvilke tiltak har vannverket gjort for å redusere muligheten for gjentakelse av svikt?

- **Ønsker vannverkseier anonymisering av vannverksnavnet i rapporten fra spørreundersøkelsen?**

Ja: \_\_\_\_\_ Nei: \_\_\_\_\_

**Skjema er fylt ut av:**

Kontaktperson:

dato:

e-mail:

tlf:

### **Anbefalinger for valg av prøvested, etablering av prøvested og rutine for prøvetaking**

Valg av prøvesteder på fordelingsnettets foretas ut fra en risikobasert vurdering. Når det geografiske prøvepunkt er fastlagt, er det også viktig å ha oversikt over strekningen fra prøvepunkt og frem til det sted der vannkvaliteten er tenkt dokumentert. Denne strekningen bør forøvrig være så kort som mulig. Spesielt i forhold til de mikrobiologiske analyser er det særlig muligheten for dannelse av biofilm på rørveggene som det må tas hensyn til. Biofilm dannes lettest på overflater av plastmaterialer som for eksempel polyetylenslanger og PEX-rør. Også i rør av rustfritt stål vil det dannes biofilm. Overflater av kobberør er minst utsatt for biofilmdannelse på grunn av giftvirkning fra kobberioner.

Kranen bør merkes med "PRØVEKRAN" og "Navn" på prøvestedet. Med dette unngår man misforståelser når nytt personell skal ta prøver. I lokaler der det er muligheter for støv eller partikkelnedfall skal kranen være tildekket (for eksempel plastovertrekk) Kranen skal ikke ha sil (evt. må denne fjernes før prøvetaking). Det må ikke være lekkasjer i pakning ovenfor kranmunning. I forbindelse med åpning og stengning av kranen må det unngås trykkstøt, da faren for løsriving av biofilm øker.

#### Prøvetaking foretas slik:

- Før prøvetaking vaskes hendene grundig.
- Prøveflasker skal merkes før prøven tas.
- Foreta først en lettere flambering av kranhus og flamber deretter kranmunning i minst 15 sek. med skibrenner eller utstyr med lignende flammestyrke. Vær oppmerksom på evt. brannfare!
- Åpne kranen forsiktig og tapp i minst 2 min. med nesten full kranåpning.
- Reduser vannstrømmen forsiktig til vannstrømmen er passende for flaskeoppfylling.
- Fyll deretter flasken nesten helt opp og skru korken godt til.

## Utdrag av foreløpig rapport fra Vannverksregisteret Data fra 2002

Vannverksregisteret er en nasjonal database med årlig innsamling av data fra rapporteringspliktige vannverk. Det utarbeides hvert år en rapport som legger frem utvalgte nøkkeltall. Nedenfor er det gjengitt noen få nøkkeldata som har en viss relevans i forhold til NORVAR-prosjektet.

### Antall vannbehandlingsanlegg etter prosessstype og størrelse

406 av 1665 vannverk har ikke behandlingsanlegg og mottar heller ikke behandlet vann fra andre vannverk. 111 vannverk uten behandlingsanlegg mottar behandlet vann fra andre vannverk, for eksempel interkommunale vannverk. Behandlingsanlegg med kun siling inngår ikke i tabellen nedenfor. Tabellen er basert på 1075 vannverk med 1110 behandlingsanlegg med status ”i drift” tilknyttet hovedkilder. Reserveanlegg er ikke med i oversikten. Et vannverk kan stå oppført under flere av behandlingsprosessene i tabellen under.

Vannbehandlingsmetoder og antall behandlingsanlegg etter størrelseskategorier												
Antall personer forsynt	Luf-ting	Sand-filter	Kull-filter	Mar-mor-filter	Dos. av CO <sub>2</sub>	Dos. av alka-lier	Vann-glass	Mem-bran-filter	Ione-bytter	Koag-ulering /filtre-ring	Klor-ering	UV
< 100	10	10	1	15	0	12	5	6	4	4	17	90
100 – 299	19	26	4	33	3	45	19	18	12	22	32	208
300 – 999	24	31	3	57	7	69	34	29	5	35	47	220
1 000 – 4 999	32	34	1	41	21	71	38	22	4	31	66	120
5 000 – 19 999	6	20	0	27	26	38	14	5	0	19	42	28
≥ 20 000	2	12	4	14	22	22	0	0	0	15	32	1
<b>Sum anlegg</b>	<b>93</b>	<b>133</b>	<b>13</b>	<b>187</b>	<b>79</b>	<b>257</b>	<b>110</b>	<b>80</b>	<b>25</b>	<b>126</b>	<b>236</b>	<b>667</b>

### Oversikt over vannverk i forhold til bakteriologisk kvalitet

Det er registrert 142 vannverk med utilfredsstillende bakteriologisk drikkevannskvalitet. Med utilfredsstillende bakteriologisk kvalitet menes her at vannverket har fått påvist *E.coli* i flere enn 5 % av prøvene, eller i 2 eller flere prøver der det er tatt færre enn 20 prøver i året. Av de 142 vannverkene var det 69 vannverk som behandlet vannet med en eller flere av følgende prosesser: Membranfiltrering, felling (koagulering) med etterfølgende klor eller UV, klor og UV. I tabellen nedenfor er det gitt en oversikt over vannverk kategorisert etter vannbehandling og bakteriologisk kvalitet.



<b>Oversikt over vannverk som bruker desinfeksjon, antall personer forsynt og avvik for <i>E.coli</i></b>				
Desinfeksjon, personer og vannverk som har påvist <i>E. coli</i> i levert vann	Membranfiltrering	Koagulering med etterfølgende klor eller UV	Klor	UV
Antall vannverk/anlegg i VREG	77	122	158	552
Antall personer forsynt	93 900	1 094 900	1 770 600	532 500
Antall vannverk/anlegg som ikke har oppgitt <i>E.coli</i>	3	21	31	134
Antall personer tilknyttet	600	22 200	79 600	83 000
Antall vannverk med tilfredsstillende prøver	70	97	112	371
Antall personer tilknyttet	92 000	1 071 000	1 686 000	420 000
Antall vannverk med mer enn 5 % overskridelser	4	4	15*	47*
Antall vannverk med overskridelser i prosent av antall vannverk innen hver kategori	5 %	3,2	6,3	7,0 %
Antall personer tilknyttet	1 300	1 700	5 000	29 500

\* Sogn og Fjordane har 1 vannverk med 2 anlegg (1 med klor, 1 med UV)

#### Bakteriologisk kvalitet i forhold til størrelse på vannverkene

I tabellen nedenfor er det også gitt en oversikt over gjennomsnittstørrelse på vannverkene i forhold til vannbehandlingstype og bakteriologisk kvalitet. Det fremgår her at de vannverkene som har utilfredsstillende vann er gjennomsnittlig mindre enn de vannverkene som har tilfredsstillende vann.

<b>Desinfeksjonstyper, vannverksstørrelser (antall personer forsynt og avrundet til nærmeste 100-tall) og avvik for <i>E.coli</i></b>				
	Membranfiltrering	Koagulering m/ etterfølgende klor eller UV	Klor	UV
Gjennomsnittstørrelse for vannverk med vann med tilfredsstillende bakt. kvalitet	1 300	11 000	15 000	1 100
Gjennomsnittstørrelse for vannverk med vann med utilfredsstillende bakt. kvalitet	300	400	300	600

18 000 personer er tilknyttet 73 vannverk som har utilfredsstillende bakteriologisk vannkvalitet og ingen vannbehandling for å fjerne eller drepe mikrober. Gjennomsnittstørrelsen for disse vannverkene er 250 personer. Dataene viser at det er de minste vannverkene som har problemer i alle fire kategorier, og at det opp til nå har vært de mindre vannverkene som har satset på henholdsvis membranfiltrering og UV-bestråling.

## Utgitte NORVAR-rapporter

1. Aktuelle metoder for myk start/stopp av store motorer.
2. Betongnedbrytning i kloakkbassenger.
3. Register over industribedrifter tilknyttet offentlig avløpsnett. Forprosjekt for PC-basert registrerings- og rapporteringssystem.
4. Bruk av PC i avløpsanlegg. Eksempel på system for registrering og bearbeidelse av driftsdata.
5. Arbeidsmiljø i kloakkanlegg. Arbeid utført ved HIAS 1982-87.
6. Utgår.
7. Datasentral og EDB på avløpsanlegg. Forprosjekt.
8. EDB i VA-sektoren. Samordnet innsats.
9. NORVARs årsberetning 1988.
10. NORVARs årsberetning 1989.
11. Forfellingens innflydelse på veksten i et biofilm-anlegg. Forsøk i laboratorieskala ved VEAS.
12. NORVARs årsberetning 1990.
13. Prosess-styresystemer for VAR-anlegg. Forslag til kravspesifikasjoner.
- 13a. Prosess-styresystemer for VAR- anlegg. Funksjonsblokker for vannbehandlingsanlegg.
- 13b. Prosess-styresystemer for VAR- anlegg. Forslag til funksjonsbeskrivelser for avløpsrenseanlegg.
14. Drift av anlegg i VAR-sektoren. Behov for kompetanse og opplæring. Anbefaling fra anleggseierne.
15. Driftsovervåking av aktivert karbonfilter.
16. EDB i VAR-teknikken. FDV – krav-spesifikasjoner.
17. EDB i VAR-teknikken. Driftsdataregninger.
18. EDB i VAR-teknikken. Sensorer og måleutstyr. Forprosjekt.
19. EDB i VAR-teknikken. Økonomistyring. Kravspesifikasjoner. Eksempler.
20. Slambehandling og -disponering ved større kloakkreanseanlegg. Sluttrapport.
- 20a. Slambehandling og -disponering ved større kloakkreanseanlegg. Aerob og anaerob behandling.
- 20b. Slambehandling og -disponering ved større kloakkreanseanlegg. Kalking. Kompostering.
- 20c. Slambehandling og -disponering ved større kloakkreanseanlegg. Slamavvanning.
- 20d. Slambehandling og -disponering ved større kloakkreanseanlegg. Termisk behandling av kloakkslam.
21. NORVAR's årsberetning 1991.
22. EDB i VAR-teknikken. Fase 1 – kravspesifikasjoner m.m. Statusbeskrivelse og forslag til videre arbeid.
- 23a. Internkontroll for VA-anlegg. Mal for internkontrollhåndbok for VA-anlegg.
- 23b. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for avløpsanlegg. Eks. fra Fredrikstad og omegn avløpsanlegg.
- 23c. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for vannverk. Eksempel fra Vansjø vannverk.
- 23d. Aktivitetsstyrende håndbok for VA- anlegg. Informasjon, avvik og tiltak, verne- og sikkerhetsarbeid, opplæring.
- 23e. Aktivitetsstyrende håndbok for VA- anlegg. HMS ved vannbehandlings-anlegg.
- 23f. Aktivitetsstyrende håndbok for VA- anlegg. HMS ved avløpsrenseanlegg.
- 23g. Internkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks Oltedalen kloakkreanseanlegg.
- 23h. Internkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks Smøla vannverk.
- 23i. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontroll for VA-transportsystemet. Eks. fra Nedre Eiker kommune.
24. NRV-prosjekt. Korrosjonskontroll ved vannbehandling med mikronisert marmor.
25. Mal for prosessoppfølging av anlegg for stabilisering og hygienisering av slam.
26. Installering av gassmotor for strømproduksjon ved renseanlegg.
27. Mottak og behandling av avvannet råslam ved renseanlegg som hygieniserer og stabiliserer slam i væskeform.
28. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt.
29. Regnvannsoverløp.
30. Utvikling og uttesting av datasystem for informasjonsflyt i VA-sektoren.
31. PRO-VA, Brukerklubb for prosessstyresystemer, drift- og fjernkontroll for VA-anlegg. Oversikt pr.1993. Leverandører, produkter, konsulenter.
32. Bruk av statistiske metoder (kjemometri) for å finne sammenhenger i analyseresultater for avløpsvann.
33. Evaluering av enkle rensemetoder. Slamavskillere.
34. Evaluering av enkle rensemetoder. Siler/finnister.
35. Kravspesifikasjon og kontrollprogram for VA-kjemikalier.
36. Filter som hygienisk barriere.
37. EU/EØS, konsekvenser for Norges vannforsyning.
38. NORVAR-prosjekter 1992/93.
39. Implementering av EDB-basert vedlikeholdssystem. Erfaringer fra referanseprosjekt knyttet til pilotprosjekt ved Bekkelaget renseanlegg.
40. Driftsassistanter for avløp. Utredning om rolle og funksjon fremover.
41. Metri-tel. Kommunikasjonsmedium for VA-installasjoner. Erfaringer fra prøveprosjekt i Sandefjord kommune.
42. Industriavløp til kommunalt nett. Evaluering av utførte industrikartleggingsprosjekt.
43. Korrosjonskontroll ved Hamar vannverk.
44. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt. Vekstsesongen 1994.
45. Forsøk med forfelling og felling i 2 trinn med polyaluminium-klorid høsten 1993. Kartlegging av slam-/slamvannsstrømmer med og uten forfelling 1993–94.
46. Renovering av avløpsledninger. Retningslinjer for dokumentasjon og kvalitetskontroll.
47. Strategidokument for industrikontroll.
48. NORVAR og miljøteknologi. Forprosjekt.
49. Grunnundersøkelser for infiltrasjon – små avløpsanlegg. Forundersøkelse, områdebefaring og detaljundersøkelse ved planlegging og separate avløpsanlegg.
50. Rørinspeksjon i avløpsledninger. Rapporteringshåndbok.
51. Slambehandling.
52. Bruk av slam i jordbruket.
53. Bruk av slam på grøntarealer.
54. Rørinspeksjon av avløpsledninger. Veileder.
55. Vannbehandling og innvendig korrosjonskontroll i vannledninger.
56. Vannforsyning til næringsmiddelindustrien. Krav til kvalitet. Vannverkernes erstatningsansvar ved svikt i vannleveransen.
57. Trykkreduksjon. Håndbok og veileder.
58. Karbonatisering på alkaliske filter.
59. Veileder ved utarbeidelse av prosessgarantier.
60. Avløp fra bilvaskeanlegg til kommunalt renseanlegg.
61. Veileder i planlegging av fornyelse av vannledningsnett.
62. Veileder i planlegging av spyling og pluggkjøring av vannledningsnett.
63. Mal for godkjenning av vannverk.
64. Driftserfaringer fra anlegg for stabilisering og hygienisering av slam i Norge.
65. Forslag til veileder for fettavskillere til kommunalt avløpsnett.

## NORVAR-rapporter forts.:

- 65: Forslag til veileder for fettavskillere til kommunalt avløpsnett.
- 66: EØS-regelverket brukt på anskaffelser i VA-sektoren.
- 67: Filter som hygienisk barriere – fase 3.
- 68: Korrosjonskontroll ved Stange vannverk.
- 69: Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2. Siler/finnrister.
- 70: Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2. Store slamavskillere samt underlag for veileder.
- 71: Evaluering av enkle rensemetoder, fase 3. Veileder for valg av rensemetode ved utslipp til gode sjøresipienter.
- 72: Utviklingstrekk og utfordringer innen VA-teknikken. Sammenstilling av resultatet fra arbeidet i NORVARs gruppe for langtidsplanlegging i VA-sektoren:
- 73: Etablering av NORVARs VA- infotorg. Bruk av internett som kommunikasjonsverktøy:
- 74: Informasjon fra NORVARs faggruppe for EDB og IT. Spesialrapport – 5. Utgave. Beskrivelse av 34 EDB-programmer/Moduler for bruk i VA-teknikken.
- 75: NORVARs faggruppe for EDB og IT. IT-strategi i VA-sektoren.
- 76: Dataflyt-klassifisering av avløpsledninger.
- 77: Alternative områder for bruk av slam utenom jordbruket. Forprosjekt.
- 78: Alternative behandlingsmetoder for fettslam fra fettavskillere.
- 79: Informasjonssystem for drikkevann. Forprosjekt.
- 80: Sjekkliste/veiledninger for prosjektering og utførelse av VA-hoved og stikkledninger – sanitærinstallasjoner.
- 81: Veileder. Kontrahering av VA-tekniske prosessanlegg i totalentreprise.
- 82: Veileder for prøvetaking av avløpsvann.
- 83: Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering.
- 84: Forfall og fornyelse av ledningsnett.
- 85: Effektiv partikkelseparasjon innen avløpsteknikken.
- 86: Behandling og disponering av vannverksslam. Forprosjekt.
- 87: Kalsiumkarbonatfiltre for korrosjonskontroll. Utprøving av forskjellige marmormasser.
- 88: Vannglass som korrosjonsinhibitor. Resultater fra pilotforsøk i Orkdal kommune.
- 89: VA-ledningsanlegg etter revidert plan- og bygningslov.
- 90: Actiflo-prosjektet ved Flesland ra.
- 91: Vurdering av «slamfabrikk» for Østfold.
- 92: Informasjon om VA-sektoren – forprosjekt.
- 93: Videreutvikling av NORVAR. Resultatet av strategisk prosess 1997/98.
- 94: Nettverksamarbeid mellom NORVAR, driftsassistanter og kommuner.
- 95: Veileder for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken.
- 96: Rist- og silgods – karakterisering, behandlings- og disponeringsløsninger.
- 97: Slamforbränning (VA-forsk 1999-11). (Samarbeidsprosjekt med VAV).
- 98: Kvalitetssystemer for VA-ledninger. Mal for prosessen for å komme fram til kvalitetssystem som tilfredsstillende kravene i revidert plan- og bygningslov.
- 99: Veiledning i dokumentasjon av utslipp.
- 100: Sammenhengen mellom kvalitet, service og pris på kommunale vann- og avløpstjenester.
- 101: Status og strategi for VA-opplæringen.
- 102: Oppsummering av resultater og erfaringer fra forsøk og drift av nitrogenfjerning ved norske avløpsrenseanlegg.
- 103: Returstrømmer i renseanlegg. Karakterisering og håndtering.
- 104: Nordisk konferanse om nitrogenfjerning og biologisk fosforfjerning 1999.
- 105: Sjekkliste plan- og byggeprosess for silanlegg.
- 106: Effektiv bruk av driftsinformasjon på renseanlegg/mal for rapportering.
- 107: Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Teknisk veiledning. Foreløpig utgave.
- 108: Data for dokumentasjon av VA-sektorens infrastruktur og resultater.
- 109: Resultatindikatorer som styringsverktøy for VA-ledelsen.
- 110: Veileder i konkurranseutsetting. Avtaler for drift og vedlikehold av VA-anlegg.
- 111: Eksempel på driftsinstruks for silanlegg. Cap Clara i Molde kommune.
- 112: Erfaringer med nye renseløsninger for mindre utslipp.
- 113: Nødvendig kompetanse for drift av avløpsrenseanlegg. Læreplan for driftsoperatør avløp.
- 114: Nødvendig kompetanse for drift av vannbehandlingsanlegg. Læreplan for driftsoperatør vann.
- 115: Pumping av avløpsslam. Pumpetyper, erfaringer og tips.
- 116: Scenarier for VA-sektoren år 2010.
- 117: VA-jus. Etablering og drift av vann- og avløpsverksett fra juridisk synsvinkel.
- 118: Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR-teknikk.
- 119: Omstruktureringer i VA-sektoren i Norge. En kartlegging og sammenstilling.
- 120: Strategi for norske vann- og avløpsverk. Rapport fra strategiprosess 2000/2001.
- 121: Kjøkkenavfallskverner for håndtering av matavfall. Erfaringer og vurderinger.
- 122: Prosessen ved utarbeiding av miljømål for vannforekomster. Erfaringer og anbefalinger fra noen kommuner.
- 123: Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Veiledning for utarbeidelse av lokale forskrifter.
- 124: Nødvendig kompetanse for legging av VA-ledninger. Læreplan for ADK 1.
- 125: Mal for forenklet VA-norm.
- 126: Organisering og effektivisering av VA-sektoren. En mulighetsstudie.
- 127: Vassdragsforbund for Mjøsa og tilløpselvene – en samarbeidsmodell.
- 128: Bruk av resultatindikatorer og benchmarking i effektivitetsmåling av kommunale VA-virksomheter. Erfaringer og anbefalinger fra et prøveprosjekt.
- 129: Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering. Hovedvannledninger.
- 130: Gjenanskaffelseskostnadene for norske VA-anlegg.
- 131: Effektivisering av avløpssektoren.
- 132: Forslag til nytt system for prosjektvirksomheten i NORVAR.
- 133: IT-strategi for VA-sektoren. Veiledning.
- 134: VA-JUS. Etablering og drift av vann- og avløpsverksett fra juridisk synsvinkel. 4. utgave – juni 2003.
- 135: Vannledningsrør i Norge. Historisk utvikling. 26 dimensjonstabeller.
- 136: Hygieniske barrierer og kritiske punkter i vannforsyningen: Hva har gått galt?