

Drikkevannskilden Rore – vurdering av akrylamidutslipp fra vannverket og tilstand etter flommen i 2015



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

Tittel Drikkevannskilden Rore – vurdering av akrylamidutslipp fra vannverket og tilstand etter flommen i 2015	Løpenr. (for bestilling) 6943-2015	Dato 5.1.2016
	Prosjektnr. Undernr. 15251	Sider 23
Forfatter(e) Atle Hindar, Rolf Høgberget og Liv Bente Skancke	Fagområde Eutrofi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA
Oppdragsgiver(e) Grimstad kommune		Oppdragsreferanse Kontrakt 29.5.2015

Sammendrag

Innsjøen Rore er drikkevannskilde for Arendal og Grimstad kommuner, og kommunene har hvert sitt vannverk på østsiden av innsjøen. I forbindelse med at det ikke er påvist akrylamid i flere påfølgende prøver, har Grimstad kommune søkt fylkesmannen om fritak for ytterligere analyser i avløpsvannet fra sitt renseanlegg. Basert på kriterier i forhold til måledata og laboratoriets rapporteringsgrense, har vi anbefalt at utslippet av akrylamid settes til null og at det ikke gjennomføres resipientundersøkelser i Rore med tanke på effekter av akrylamid. Videobilder viser parallelle striper på den naturlige innsjøbunnen ved utslippspunktet. Bunnens struktur og utseende er ellers som i et referanseområde. Etter flommen i september 2015 ble det påvist bakteriell forurensning (E. coli og koliforme bakterier) på alle stasjoner i overflaten, men drikkevannsinntakene var ikke påvirket fordi de lå under termoklinen. Andre data viser at innsjøens tilstand med hensyn til eutrofi var god. Dataene tyder også på at det ikke har vært en markant inntrenging av vann fra Nidelva til Rore. Det er anbefalt at det gjennomføres tilsvarende undersøkelser i perioder av året (sein høst og vinter) med stor flom i kombinasjon med at det ikke er termisk sjiktning i innsjøen.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Innsjø	1. Lake
2. Drikkevann	2. Drinking water
3. Flom	3. Flood
4. Vannkvalitet	4. Water quality



Atle Hindar
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Forskningsleder

**Drikkevannskilden Rore – vurdering av
akrylamidutslipp fra vannverket og tilstand etter
flommen i 2015**

Forord

NIVA har på oppdrag fra Grimstad kommune vurdert analysedata for akrylamid i slamvannet som slippes tilbake til Rore fra kommunens vannbehandlingsanlegg. Etter forslag fra NIVA ble sedimentet utenfor utslippspunktet undersøkt vha videofilming. Dette skulle være utgangspunkt for eventuelle resipientundersøkelser mht utslipp av akrylamid.

I forbindelse med den store flommen i september 2015 foreslo NIVA også å undersøke tilstanden i Rore med hensyn på bakterie – og nærings saltpåvirkning. Oppfordring om dette kom også fra kommunens rådgiver Christen Ræstad. Undersøkelser ble gjennomført 23. september og rapporteres etter avtale med Grimstad kommune sammen med akrylamidvurderingen.

Kontaktperson i Grimstad kommune har vært Leif Johansen (fagleder, teknisk VA). Båt for videofilming ble utlånt av vannverket, og Torvild Gundersen (driftsoperatør) assisterte i forbindelse med båtutsett. Ingun Tryland ved NIVA hjalp til med vurdering av bakterieundersøkelser og – data.

Alle takkes for godt samarbeid!

Grimstad, 5. januar 2016

Atle Hindar

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn	7
2. Rore	7
3. Validering av akrylamiddata og sedimentvurdering	8
3.1 Måledata for akrylamid	9
3.2 Videofilming av sediment	11
4. Rore etter flommen i september 2015	15
4.1 Data fra ROS-analysen i 2013	15
4.2 Hydrologiske forhold	15
4.3 Måleprogram og resultater	16
5. Diskusjon og anbefalinger	22
5.1 Avløp fra vannrenseanlegget	22
5.2 Tilstand etter flommen	22
5.3 Anbefaling om undersøkelser	23
6. Referanser	23

Sammendrag

Innsjøen Rore er drikkevannskilde for Arendal og Grimstad kommuner, og kommunene har hvert sitt vannverk på østsiden av innsjøen. Grimstad vannverk renser råvannet ved å tilsette jern som fellingskjemikalium og fjerner slam etter spyling av lamellfilterne med en polymer som inneholder polyakrylamid. Vannfasen slippes tilbake i Rore og kan potensielt inneholde akrylamid. I avløpsvannet er det derfor målt på akrylamid i 2013 og 2014.

I forbindelse med at kommunen ikke har påvist akrylamid i flere påfølgende prøver, er det søkt fylkesmannen om fritak for ytterligere analyser. NIVA har vurdert analysedata og kommunens rapportering. Basert på kriterier i forhold til måledata og laboratoriets rapporteringsgrense, har vi anbefalt at utslippet av akrylamid settes til null og at det ikke gjennomføres videre resipientundersøkelser i Rore med tanke på effekter av akrylamid.

Som ytterligere grunnlag for å vurdere effekter av utslipp fra renseanlegget foreslo NIVA å gjennomføre videofilming av utløpsområdet for avløpet fra renseanlegget. Videobildene viser parallelle striper i det vi mener er et svært tynt og trolig noe jernholdig slamlag på den naturlige innsjøbunnen ved utslippspunktet. Bunnens struktur og utseende er ellers kjennetegnet av manglende høyere vegetasjon pga vindeksponering, og er slik sett svært lik den naturlige innsjøbunnen i et referanseområde.

Flommen i september 2015 satte sitt preg på vann og vassdrag i området, og det ble antatt at vann fra Arendalsvassdraget (Nidelva) strømmet inn i Rore via utløpsområdet Bjørsund. En risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS-analyse) hadde vist at denne muligheten var til stede under spesielle hydrologiske og termiske forhold, og kunne utgjøre en risiko for drikkevannets hygieniske kvalitet. Etter initiativ fra NIVA ble det derfor gjennomført en undersøkelse i Rore en ukes tid etter flomtoppen.

Resultatene fra undersøkelsen viste at det øvre sirkulerende vannlaget i Rore gikk ned til 24-25 meter og var dermed svært nær råvannsinntaket til Arendal vannverk. Dette ligger på 27 meters dyp og er 2,5 km fra Rores utløp i Nidelva. Grimstad vannverks råvannsinntak er på 38 meters dyp, 8 km fra utløpet og er dermed bedre beskyttet mot forurenset overflatevann.

Prøvetaking på 10 stasjoner i hele innsjøens lengderetning viste bakteriell forurensning (E. coli og koliforme bakterier) på alle stasjoner, men ikke etter noe spesielt mønster. Prøver tatt av råvannet fra de to vannverkene viste verken intestinale enterokokker (< 1 cfu/100 mL) eller E. coli (< 1 MPN/100 mL). Antall koliforme bakterier var begge steder 3 MPN/100 mL. Dette er klart lavere bakterietall enn de som ble funnet regionalt i overflaten, og viser at innsjøens termiske sjiktning på dette tidspunktet ga en god hygienisk barriere.

Resultatene for total fosfor og total nitrogen viste hhv. lavere og samme konsentrasjoner som målt i 2013 i forbindelse med ROS-analysen. Konsentrasjonen av nitrat var lavest nær utløpet og økende innover i Rore. pH var lavest midt på innsjøen, ved utløpet av innsjøen Syndle, og høyest nær utløpet. For total fosfor var tilstanden nær denne vanntypens referansetilstand. Disse dataene viser at innsjøens tilstand med hensyn til eutrofi var god. Dataene tyder også på at det ikke har vært en markant inntrenging av vann fra Nidelva til Rore. Det kan skyldes at flommen i Rores eget nedbørfelt demmet opp for inntrengende vann fra Nidelva, men dette kan ikke dokumenteres.

Det er anbefalt at det gjennomføres tilsvarende undersøkelser i perioder av året (sein høst og vinter) med stor flom i kombinasjon med at det ikke er termisk sjiktning i innsjøen. Det vil vise i hvilken grad råvannet til de to vannverkene kan inneholde bakteriell forurensning under maksimalt ugunstige forhold. Ved stor flom bør det også undersøkes i hvilken grad vann strømmer inn i Rore fra Nidelva ved at det settes opp en strømmåler.

Summary

Title: The drinking water source Lake Rore – validation of acrylamide data of waterwork effluents and the water quality situation after the 2015 flood.

Year: 2015

Author: Atle Hindar, Rolf Høgberget and Liv Bente Skancke

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6678-8

Lake Rore is drinking water source for the municipalities Arendal and Grimstad in Aust-Agder County, southern Norway. Acrylamide data for the Grimstad waterwork effluents were below quantification limits, and the discharge of acrylamide should therefore be regarded as zero. No monitoring of acrylamide related lake effects is recommended.

Video filming of the natural lake bottom at the end of pipe from the waterwork revealed clearcut parallel furrows on the lake bottom, probably caused by flushing of the lamella cleaning filter and a very thin layer of sludge from the waterwork. No higher vegetation was seen on the sediment surface, as was also the case in a nearby reference area.

The flood in September 2015 could potentially cause water from the River Nidelva to drain into Rore via the lake outlet, and thereby represent a threat to the drinking water quality. Although the concentration of *Escherichia coli* and other coliform bacteria from the lake showed impact of relatively fresh sewage, other data indicated good ecological conditions and little negative influence from River Nidelva.

Temperature data from the lake showed that the thermocline was at about 25 meter depth. The thermal stratification at the time of sampling prevented the polluted water from entering the intake of the two waterworks.

We recommend that a corresponding monitoring should be carried out in late autumn/winter flood periods when the lake circulates from top to bottom. Flow velocity and flow direction measurements at the lake outlet should also be carried out during such periods in order to document the importance of in-flowing water from River Nidelva.

1. Bakgrunn

Grimstad kommunes vannverk ved innsjøen Rore benytter jern (PIX318; jernklorid) som fellingskemikalium i sin vannrensing. Polymeren Flopam 532 inneholder polyakrylamid og brukes for å ta ut og fjerne slam etter rensing av lamellfilterne. Vannfasen ledes tilbake til Rore og kan potensielt inneholde akrylamid. Fylkesmannen har stilt krav om måling av akrylamid i dette avløpsvannet, mens kommunen har søkt om fritak basert på at konsentrasjonene er under rapporteringsgrensen fra laboratoriet.

NIVA har validert måledata for akrylamid, og gir i denne rapporten råd om videre undersøkelser mht akrylamid.

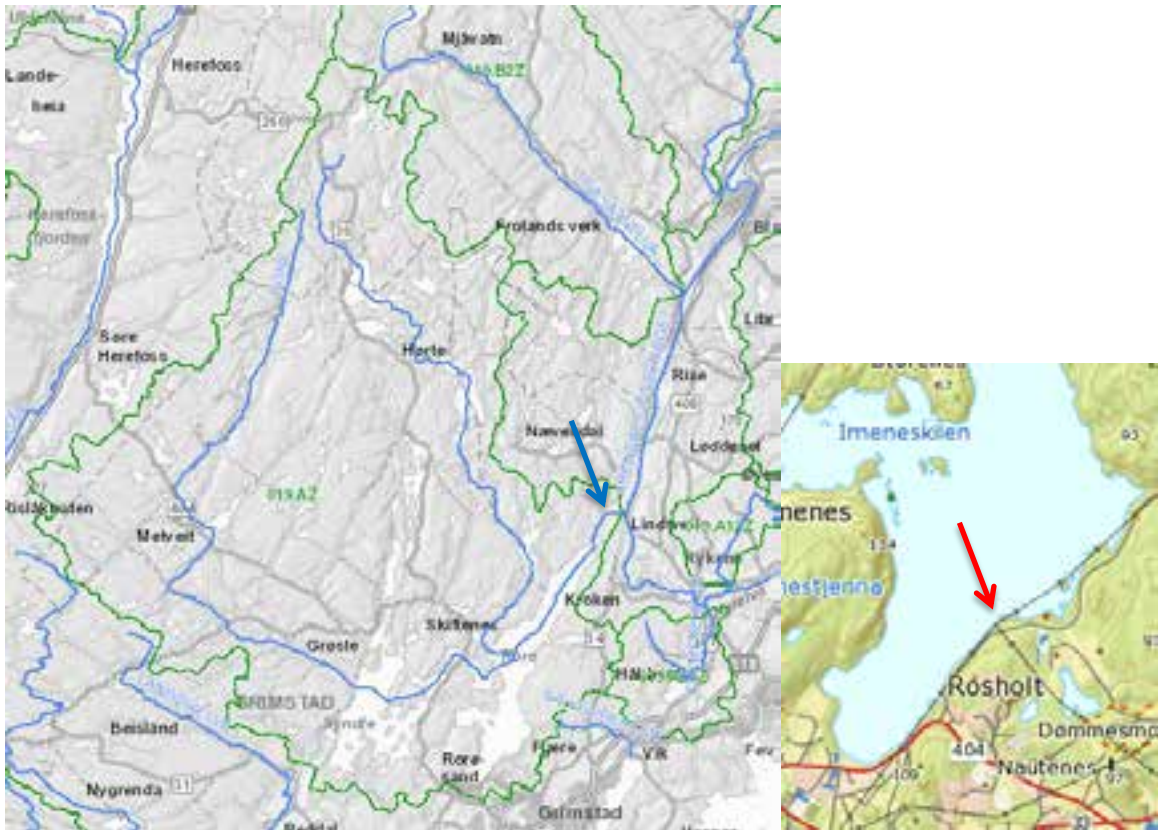
Flommen i Agder i september 2015 ga svært stor vannføring i Arendalsvassdraget (Nidelva), trolig nærmere 1000 m³/s i nedre del. Det er muligheter for inntrenging av vann fra Nidelva til drikkevannskilden Rore via Rores utløpsområde. Risiko- og sårbarhetsanalysen for Rore (Berge m.fl. 2014) viser at denne vanninntrengingen utgjør en risiko for Rore som drikkevannskilde i perioder med en uheldig kombinasjon av flom i elva og dårlig sjiktning i innsjøen. Det gjelder spesielt for Arendal vannverk, som ligger forholdsvis nær Rores utløpsområde Bjorsund.

Undersøkelsen ble gjennomført etter at flomtoppen var nådd og la vekt på å dokumentere bakterieforhold og næringssalts situasjonen i overflaten i innsjøens lengderetning og i hhv. råvann og vertikalprofil ved begge vannverk.

2. Rore

Innsjøen Rore (Vann-Nett: ID 019.1270-L) ved Grimstad (*Figur 1*) er drikkevannskilde for hele Arendal- og Grimstad-regionen. Nedbørfeltet (NVE: 019.AZ) er på 190,57 km², men innsjøen kan også motta vann fra Arendalsvassdraget via utløpet gjennom Bjorsund i spesielle flomsituasjoner. Dette utgjør en risiko for Rore som drikkevannskilde (Berge m.fl. 2014), og det er anbefalt å gjennomføre tiltak for å redusere denne risikoen.

Grimstad vannverk ligger ved Rosholt i den sørlige delen av Rore (*Figur 1*), mens Arendal vannverk ligger i den nordre delen av innsjøen.



Figur 1. Rore med nedbørfelt (venstre del) og utløp via Bjorsund (blå pil). Elvestrenger er angitt. Kartkilde: NVE Atlas. Høyre del viser plasseringen av Grimstad vannverk i den søndre delen av Rore, se også Figur 2. Kartkilde: norgeskart.no.

3. Validering av akrylamiddata og sedimentvurdering

Til valideringen av akrylamiddata ble alle analysedata for avløpsvannet fra 2013 og 2014 gjennomgått, både i form av originalrapporter fra laboratoriet Eurofins og slik de var framstilt i kommunens rapportering til fylkesmannen.

Før en eventuell planlegging av resipientundersøkelser i Rore, foreslo NIVA å videofilme sedimentoverflaten utenfor utslippet og i et nærliggende referanseområde. Videofilmingen ble gjennomført ved utslippsstedet og i et antatt upåvirket område 350 meter lenger nordøst, se Figur 2.



Figur 2. Vannverket, utslippspunktet (rød pil) og området for videofilming (mellom blå linjer). Avstanden til referanseområdet for videofilming er 350 meter. Verkets vanninntak (EU89: L 8.5494, B 58.3617) er på 38 meters dyp og ligger 300 meter utenfor utslippspunktet. Inntaket er markert med blå ring. Kartkilde: norgeskart.no.

3.1 Måledata for akrylamid

Oversendte tabeller i årsrapporter fra 2013 og 2014 med analysedata og beregninger er vist i *Tabell 1*. I disse tabellene er fire analyseresultater for akrylamid oppgitt til å være i området 0,09-0,51 µg/L, mens 11 resultater er oppgitt til 0,05 µg/L. I følge databladene fra Eurofins (ikke vedlagt) har laboratoriet en kvantifiserings- og rapporteringsgrense på 0,05 µg/L, og tall som kommunen har oppgitt til 0,05 µg/L skal være < 0,05 µg/L. Det vil si at 73 % av verdiene er lavere enn rapporteringsgrensen. Alle data fra og med juni 2013 til og med mai 2014 (11 påfølgende månedsanalyser) er lavere enn rapporteringsgrensen.

Tabell 1. Data Grimstad kommune har rapportert til Fylkesmannen i Aust-Agder for anløpsvannet fra lamellseparator i Grimstad vannverk.

Grimstad kommune, Rosholt vannbehandlingsanlegg årsrapport 2013						
Måned	Vann til lamellseparator m ³	Turb. snittverdi FTU	Jern Fe Ug/l	Acrylamid ug/l	Kg jern	Kg acrylamid
Januar	36606	7,52	2600		0,095	
Februar	33292	4,15	3800	0,46	0,127	0,00000000191
Mars	37136	7,38	2300	0,51	0,085	0,00000000376
April	36731	6,17	2600	0,39	0,096	0,00000000241
Mai	49057	6,34	8700	0,09	0,427	0,00000000057
Juni	55407	2,72	7400	0,05	0,410	0,00000000014
Juli	59028	5,33	Ikke prøve	Ikke prøve		
August	57214	7,94	3800	0,05	0,217	0,00000000040
September	49463	3,37	2300	0,05	0,114	0,00000000017
Oktober	33079	4,34	2900	0,05	0,096	0,00000000022
November	14006	3,68	1900	0,05	0,027	0,00000000018
Desember	49537	4,99	1500	0,05	0,074	0,00000000025
Sum	510556	Ikke relevant	39800	1,75	1,767	1,00017E-08
Middel	4256,3	5,33	3618,18	0,18	0,161	0,00000000100
maks	14006	7,94	8700	0,51	0,427	0,00000000376
min	59028	2,72	1500	0,05	0,027	0,00000000014

Grimstad kommune, Rosholt vannbehandlingsanlegg årsrapport 2014						
Måned	Vann til lamellseparator m ³	Turb. snittverdi FTU	Jern Fe Ug/l	Acrylamid ug/l	Kg jern	Kg acrylamid
Januar	31596		2300	0,05	0,073	0,00001579800
Februar	27848		910	0,05	0,025	0,00000139240
Mars	31694		1500	0,05	0,048	0,00000158470
April	33696	3,95	1600	0,05	0,054	0,00000168480
Mai	50890	2,72	1600	0,05	0,081	0,00000254450
Juni	57024	2,69	Ikke analyser	Ikke analyser		
Juli	58925	5,46	Ikke analyser	Ikke analyser		
August	54988	5,46	Ikke analyser	Ikke analyser		
September	34344	4,52	Ikke analyser	Ikke analyser		
Oktober	33828	3,70	Ikke analyser	Ikke analyser		
November	32270	4,64	Ikke analyser	Ikke analyser		
Desember	31659	4,82	Ikke analyser	Ikke analyser		
Sum	478762	Ikke relevant	7910	0,2	0,757	2,30044000E-05
Middel	39897	4,22	1582	0,05	0,056	0,00000460088
maks	58925	5,46	2300	0,05	0,081	0,00000254450
min	27848	2,69	910	0,05	0,025	0,00000139240

Garanti fra leverandør

20 FTU i 80 % av året

I følge retningslinjer som er beregnet på industrien (Klif 2010) for håndtering av analyseresultater under deteksjonsgrensen¹, skal den halve deteksjonsgrensen benyttes for komponenter som det er sannsynlig å finne i utslippet. Vi er ikke enig i at dette alltid gir et riktig bilde av situasjonen. Ved overvekt av analyseresultater oppgitt til under rapporteringsgrensen bør utslippet settes til null. Hvis ikke, er det rapporteringsgrensen som blir utgangspunkt for vurderinger og beregninger av utslipp og ikke måleverdier. Dette forutsetter at rapporteringsgrensen er tilstrekkelig lav, dvs. lavere enn f.eks. grenseverdier for drikkevann.

I sin rapportering har Grimstad kommune etter vår mening gjort flere feil. Før det første burde analyseverdier på < 0,05 µg/L oppgis som nettopp det og ikke 0,05 µg/L. Deretter burde man, hvis tall skulle brukes, ha tatt utgangspunkt i den halve rapporteringsgrensen (0,025 µg/L) for beregninger av utslipp. Men etter vår mening burde utslippet settes til null, av grunner som nevnt over, men også fordi det er et helt år med måledata under rapporteringsgrensen.

¹ Vi antar at Klif her har ment rapporteringsgrensen, som er den grensen laboratoriet oppgir til kunden.

Statistiske parametere av typen middelværdier og minimum kan ikke beregnes når hovedvekten av resultatene er oppgitt til mindre enn rapporteringsgrensen. Mengdene akrylamid er beregnet feil i begge tabellene. Basert på målte verdier i februar-mai 2013 skal månedsutslippet for disse fire månedene være 0,004-0,019 kg.

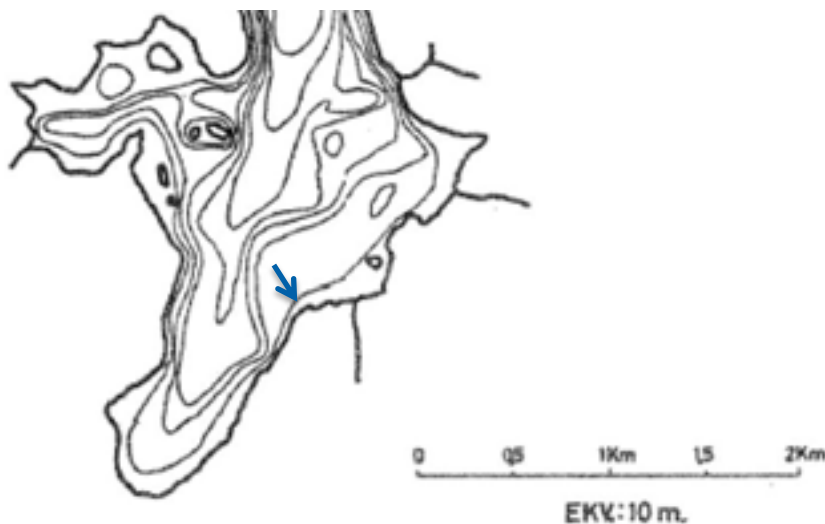
I følge drikkevannsforskriften er grenseverdien for akrylamid 0,1 µg/L og EUs PNEC – verdier (predicted no effect concentration) varierer innenfor området 20-200 µg/L. Grenseverdien for drikkevann ligger nær laboratoriets rapporteringsgrense, men alle resultater etter mai 2013 er også mindre enn grenseverdien. Verdiene i utslippsvannet fra før juni 2013 er maksimalt 5 ganger høyere enn grenseverdien for drikkevann. PNEC-grensen er satt i forhold til biologiske effekter i vann, og ligger vesentlig høyere enn både rapporteringsgrensen, grensen for drikkevann og målte verdier i utslippet.

På bakgrunn av analysedata og grenseverdier for drikkevann og biologiske effekter mener vi at vannverket ikke har utslipp av akrylamid og at det er helt usannsynlig at utslippet representerer en risiko for drikkevannskvaliteten i Rore og innsjøens økologiske tilstand.

3.2 Videofilming av sediment

Lamellfiltrene blir spylt for å opprettholde effektiviteten i renseanlegget. Data for 2013 og 2014, med middelværdier på 4-5 FTU, tydet på et visst partikkelinnhold i avløpsvannet. Men med en fortykning på mer enn 10 ganger, vil turbiditeten være den samme som i Rores frie vannmasser (Berge m.fl. 2014). Partikler kan imidlertid sedimentere og legge seg i utslippets nærområde.

Utslippet er få meter fra land, på om lag 6 meters dyp og i en strandsone som er sterkt eksponert for vind og bølger. Eksponeringen skyldes det åpne innsjøområdet utenfor (*Figur 3*) og at strandsonen ligger parallelt med hovedvindretningen på langs av Rore (Berge m.fl. 2014). Utslippspunktet ligger over termoklinområdet i Rore, som trolig er på omkring 15 meters dyp om sommeren. Sirkulasjonsforholdene omkring utslippet anses derfor som svært gode, og det er ikke sannsynlig med konsentrasjonsgradienter for partikulært materiale utover i vannmassene fra utslippspunktet.



Figur 3. Dybdekart for den sørlige delen av Rore, med posisjon for Grimstad vannverk indikert med pil. Umiddelbart utenfor vannverket er innsjøen mellom 10 og 20 meter dyp. Fra: Berge m.fl. (2014).

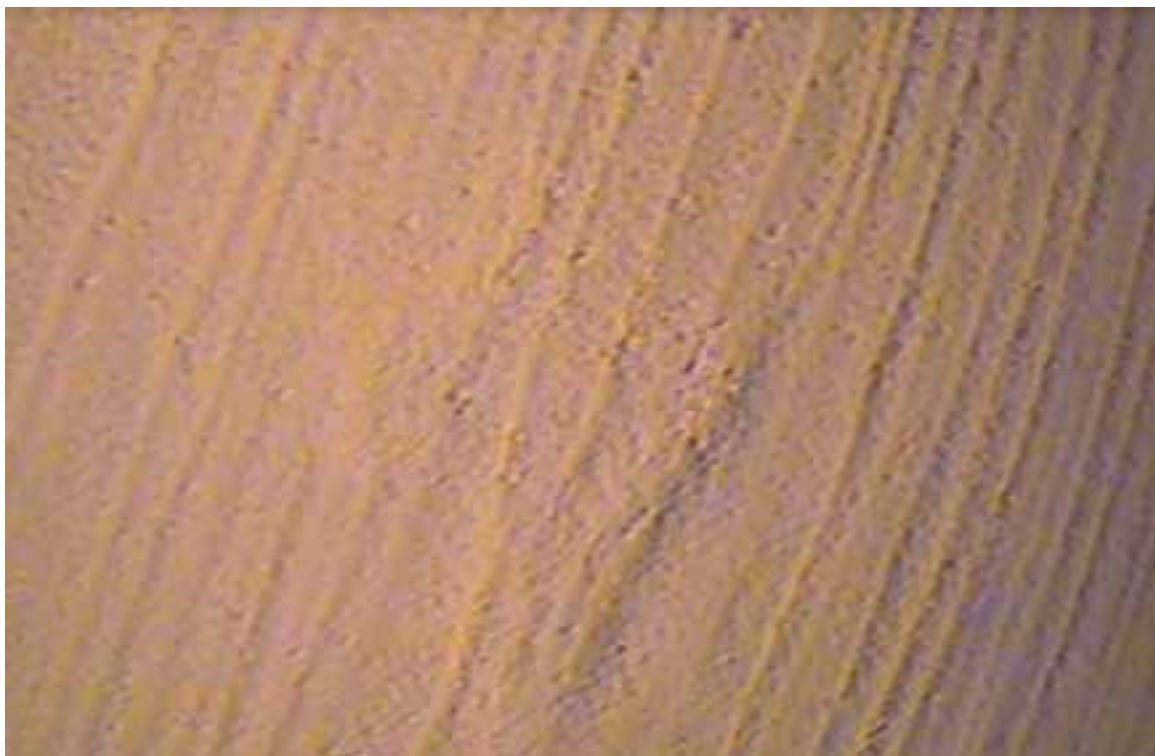
Videofilmingen var fra båt langs parallelle transekter i ulik avstand fra utslippsstedet og i et referanseområde 350 meter lenger mot nordøst (*Figur 2*) den 14.8.2015. Hensikten var å bedømme visuelt om området var preget av slam fra spyling av lamellfiltrene i vannverket.

Forholdene var moderat gode under video-opptakene, med solinnstråling gjennom vannet og noe generende vind. En blanding av sollys og kunstig lys førte til forskjellige farger i opptakene (*Figur 4-Figur 8*). Bildene er tatt i en avstand på ca. 1 meter fra kameraet. I figurtekstene er det oppgitt tidspunkt i videofilmen som bildene er hentet fra og posisjon under opptak (bestemt i ettertid fra kart).

Videobildene viste spor av gjennomført spyling ved at det var parallelle spor på sedimentoverflaten i retning fra utslippsstedet og et lite stykke utover (*Figur 4*). Sedimentet ved utslippsstedet så også ut til å være påvirket av lyst slam, men slamlaget var tynt og kunne ikke skjule partikkelstrukturer på den naturlige innsjøbunnen. Den lyse okerfargen på disse opptakene er reell og indikerer at det kunne være et innslag av jern i partikulær form fra avløpsvannet. Mot den lyse bakgrunnen var sedimentstrukturene noe mer iøynefallende ved utslippsstedet (*Figur 5-Figur 6*), men ellers ikke mulig å skille fra referanseområdet (*Figur 7-Figur 8*).

Det var ingen synlig vekst av planter på sedimentoverflaten, verken ved utslippsstedet eller i referanseområdet. Trolig er grunnområdene nær land så vindeksponert at høyere vegetasjon ikke finner egnet substrat.

Lokaliseringsområdet for utslippet fra vannbehandlingsanlegget og inntrykket av sedimentet basert på videofilming tilsier ubetydelig påvirkning fra utslippet på Rores bunnområder. Som vist under, er det heller ingen tegn til påvirkning av vannmassene ved vanninntaket 300 meter utenfor (*Figur 2*).



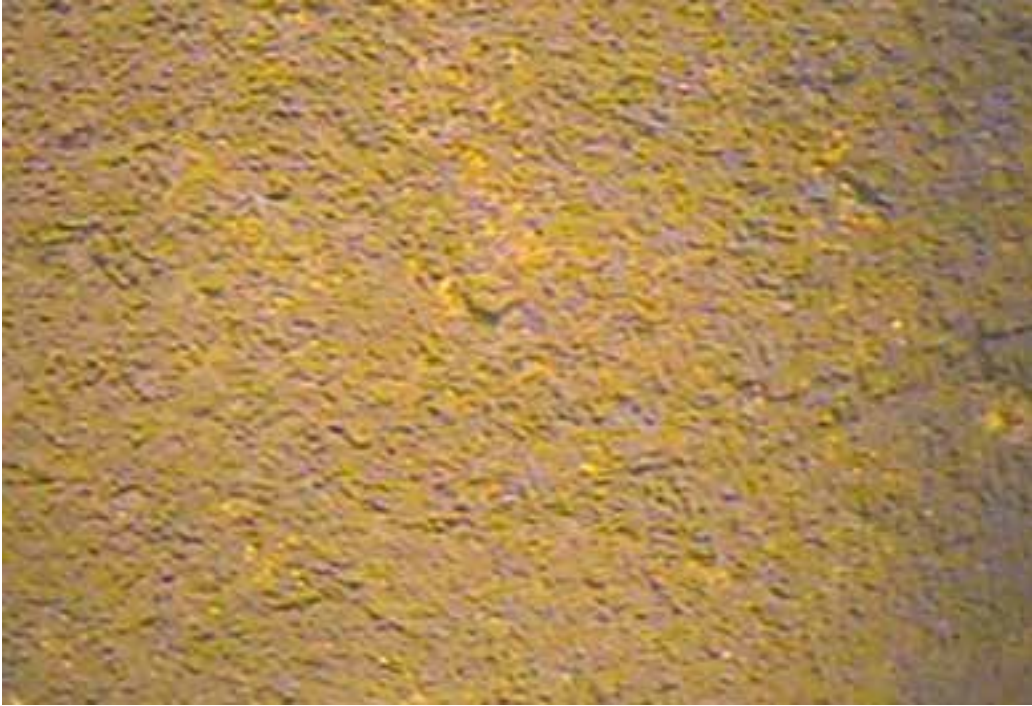
Figur 4. Parallelle spor på sedimentoverflaten 5-10 meter utenfor utslippspunktet (video 2.56 min; EU89: L 8.5546, B 58.3610).



Figur 5. Strukturer på sedimentoverflaten utenfor utslippsstedet (video 3.32 min; EU89: L 8.5544, B 58.3611).



Figur 6. Strukturer på sedimentoverflaten utenfor utslippsstedet (video 6.23 min; EU89: L 8.5542, B 58.3610).



Figur 7. Strukturer på sedimentoverflaten i referanseområdet (REF video 21.28 min; EU89: L 8.5594, B 58.3631).



Figur 8. Strukturer på sedimentoverflaten i referanseområdet (REF video 22.31 min; EU89: L 8.5596, B 58.3632).

4. Rore etter flommen i september 2015

4.1 Data fra ROS-analysen i 2013

Som bakgrunn for tilstanden i Rore etter flommen i 2015, har vi vurdert NIVAs måledata fra 2013 i forbindelse med en risiko- og sårbarhetsanalyse NIVA og SINTEF gjennomførte for kommunene (Berge m.fl. 2014). Vannkjemiske og biologiske data viser at innsjøen var nær referansetilstanden mht eutrofiering for denne typen innsjøer i Norge, se *Tabell 2* under.

Konsentrasjonen av fosfor, som er begrensende næringsstoff for algevekst, gir god tilstand, mens algevolum og klorofyll gir svært god tilstand. Forskjellen skyldes at en del av fosforet er bundet til løste humusstoffer i vannet (fargetallet var 21-35 mg Pt/L) og dermed lite tilgjengelig for algene. Vannet er svakt surt (pH 5,6-6,4) pga sur nedbør og humusstoffer (naturlige organiske syrer).

Siktedypet målt mot en hvit Secchi-skive var nede i 3,2 meter i mai 2013, og ellers nær 4 meter. Tilstanden basert på siktedypet var moderat i følge Berge m.fl. (2014), men skal klassifiseres som god (siktedyp i området 3,8-4,3 m) hvis vanntypen fastsettes med et fargetall på 30 mg Pt/L og ikke 20 mg Pt/L. Med et middel-tall for 2013 på 27 mg Pt/L, vil vi anbefale å bruke 30 og ikke 20 som grunnlag.

Sammenhengen mellom fargetall og siktedyp indikerer at variasjonen i siktedyp styres av variasjonen i fargetallet og ikke algemengde, og at det er naturlige organiske syrer som forårsaker moderat tilstand. De svært lave klorofyll - og algevolumverdiene viser at planteplanktonet i innsjøen ikke bidrar mye til å sette vannfargen.

Tabell 2. Data fra fysisk/ kjemiske undersøkelser i Rore i 2013 (Berge m.fl. 2014; tabell 5.3.).

Tabell 5.3. Fysisk kjemiske og algologiske analyseresultater fra Rorevannet 2013. Vannkvaliteten er klassifisert etter siste versjon av vannforskriftens klassifiseringsveileder. Klorofyll er regnet som en biologisk responsparameter og skal tillegges mer vekt enn de andre mht. til eutrofiering

Parameter	Benevn./dato	22.05.2013	12.06.2013	03.07.2013	14.08.2013	11.09.2013	30.10.2013	Middel
Klorofyll-a	µg/l	0,72	1,4	1,9	1,7	1,2	0,8	1,29
Algevolum	mg/l	73,1	125,5	126,1	126,8	66,2	44,5	93,70
Total fosfor	µg P/l	4,5	7,1	4,1	3,7	8	5,9	5,95
Total nitrogen	µg N/l	430	430	410	400	380	420	411,67
Siktedyp	m	3,2	3,9	4,1	4,5	4,4		4,02
Turbiditet	fNU	0,58	0,72	0,52	0,39	0,44	0,4	0,51
pH	pH-enheter	5,8	6,4	5,6	6,1	6	5,7	5,93
Konduktivitet	mS/m	2,8	2,9	3,1	2,7	2,6	2,8	2,82
Farge	mg Pt/l	35	29	28	22	21	25	26,67

Svært god 

God 

Moderat 

Dårlig 

Svært dårlig 

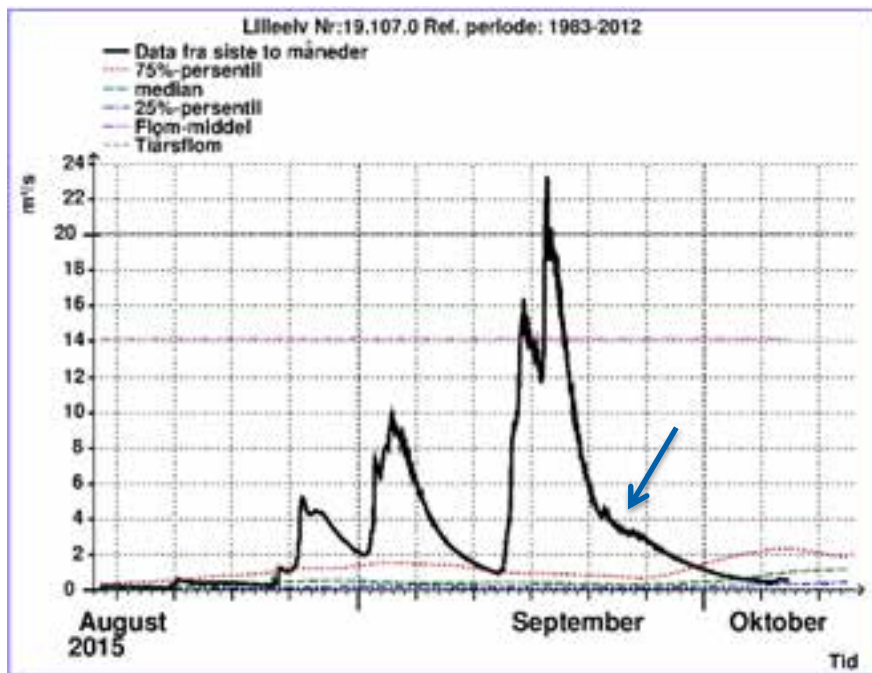
4.2 Hydrologiske forhold

Det ble antatt at storflommen omkring 15. september 2015, se vannføringskurven for Lilleelv (sidevassdrag nederst i Nidelva, Arendal) i *Figur 9*, førte til innstrømming av vann fra Nidelva til Rore gjennom Bjørsund. Men det var ingen direkte målinger av vannstrøm eller strømretning som kunne bekrefte dette.

Av Rores eget nedbørfelt, utgjør delnedbørfeltet til utløpet av innsjøen Syndle 114 km² (60 %) og delnedbørfeltet til utløpet fra Vigelandsvann 50 km² (26 %). I disse to feltene er også den spesifikke

avrenningen størst, slik at avrenningen fra disse to feltene utgjør 90 % av totalavrenningen fra Rore. Dette arealet har spredt bosetting og begrenset med landbruksarealer. Stor flom kan imidlertid føre med seg humusstoffer og partikler fra skogs- og myrområder som ellers ikke blir utsatt for slike vannmasser og grave ut løsmasser både i upåvirkede arealer og i kulturlandskapet.

Det ble gjennomført prøvetaking for noen vannkjemiske og bakteriologiske parametere i Rore den 23.9.2015. På dette tidspunktet var flommen på retur i mindre vassdrag (Figur 9), men vannføringen var fortsatt høy i Nidelva og det ble antatt at Rore i større eller mindre grad fortsatt ville være preget av Nidelva-vann.



Figur 9. Vannføringskurve for Lilleelv, nederst i Arendalsvassdraget. Vannføringstoppen var større enn 10-årsflom. Pilen indikerer datoen for prøvetaking i Rore.

4.3 Måleprogram og resultater

Det ble etablert prøvetakingsstasjoner på 10 steder midtfjords i et horisontaltrasekt fra Bjorsund i nordøst til Roresanden i sørvest og ved vanninntakene. I tillegg ble råvannsinntakene til Arendal og Grimstad vannverk prøvetatt. Koordinatene for prøvetakingspunktene er gjengitt i Tabell 3.

Vannkjemi. Prøver for analyse av total fosfor (P), ortofosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$), totalt nitrogen (N), nitrat (NO_3) og totalt organisk karbon (TOC) ble hentet fra dypene 1 m, 10 m og inntaksdypet ved begge vannverkene (Arendal: 27 m, Grimstad: 38 m), samt fra 3 m dyp ved stasjon 2-10. Ved stasjon 1 ble prøven tatt på 1 m dyp, da største dyp her (nær Bjorsund) var 2 m. Konduktivitet, pH og turbiditet ble også målt på alle prøver.

Bakteriologi. Prøver for analyse av koliforme bakterier, *Escherichia coli* (E. coli) og intestinale enterokokker ble hentet fra overflatevannet på stasjon 1-10, samt fra råvannsinntaket ved Arendal og Grimstad vannverk.

Feltmålinger. Vanntemperaturen ble registrert i vertikaltransekter på stasjon 1-10 og ved vannverkene med en loggende CTD-sonde (Saiv model 204). Denne måler konduktivitet, temperatur og dybde. Sonden ble senket til største dyp, men ikke dypere enn 50 m. I tillegg ble temperaturen i vannhenteren (Ruthner 2 L med termometer) notert i hver prøve. Det ble benyttet en Secchi-skive for måling av siktedyp og farge. Fargen er beskrevet etter Secchis inndeling.

Tabell 3. Koordinater for alle prøvetakingspunktene oppgitt i desimalgrader (EU89). Se også Figur 12 for plassering av stasjoner.

Stasjonsnr./sted	Breddegrad °N	Lengdegrad °Ø
St. 1 Rore	58,4161	8,5879
St. 2 Rore	58,4091	8,5784
St. 3 Rore	58,4018	8,5713
St. 4 Rore	58,3948	8,5643
St. 5 Rore	58,3896	8,5561
St. 6 Rore	58,3826	8,5547
St. 7 Rore	58,3763	8,5532
St. 8 Rore	58,3691	8,5548
St. 9 Rore	58,3624	8,5489
St. 10 Rore	58,3558	8,5418
Arendal vv	58,4060	8,5758
Grimstad vv	58,3617	8,5494

Feltdata fra 23.9.2015 (*Tabell 4*) viser at temperaturen på prøvetakingsdypet på 3 meter var 14,7 °C. Data fra CTD-sonden viste 14,6 °C på samme dyp. Temperaturen målt med CTD-sonden viste 6,5 °C ved vanninntaket til Grimstad vannverk og 11, 8 °C ved inntaket til Arendal vannverk. Temperaturprofilene som ble tatt opp ved de to vannverkene (*Figur 10*) var helt overlappende og viste et sirkulerende øvre vannlag fra 0 til 24-25 meter. Profilene fra stasjon 3-10 viste også svært like gradienter og er ikke med i rapporten. Ved stasjon 2 var største dyp og største måledyp 22 meter. Her var det 14,6 °C ned til 15 meter og deretter svakt avtakende til 14,3 °C på 22 meter.

Som figuren viser, lå vanninntaket til Arendal vannverk helt i øvre del av termoklinen og kun 2 meter under det sirkulerende vannlaget denne dagen. Hadde flommen kommet noen få uker seinere, ville sannsynligvis termoklinen ha ligget under inntaksdypet. Inntaksdypet til Grimstad vannverk lå derimot langt under termoklinen denne dagen.

I sommerhalvåret skiller termoklinen det øvre sirkulerende vannlaget fra det vesentlig kaldere bunnvannet. Termoklinen kjennetegnes av at det er i dette dypet temperaturen reduseres raskest med dypet. Denne skarpe gradienten sørger for at det er forholdsvis liten vannutveksling mellom det sirkulerende vannlaget øverst i innsjøen og bunnvannet. Slik sett er den en barriere mot forurensningspåvirkning for vanninntakene via nedbørfeltet og Nidelva. Men jo høyere opp i vannet inntaket ligger, jo kortere tid varer denne beskyttelsen. For Arendal vannverk, vil beskyttelsen i den isfrie perioden typisk kunne vare fra etableringen av termoklinen i mai og fram til første halvdel av oktober. For Grimstad vannverk vil beskyttelsen vare nesten helt fram til fullsirkulasjon, trolig til midt i november. Ved stabile isforhold vil begge vannverksinntakene kunne være beskyttet mot forurensningspåvirkning, men ved temperaturer i Nidelva på 2-4 °C kan dette vannet i en flomsituasjon kunne komme inn i dypere liggende vannlag i Rore.

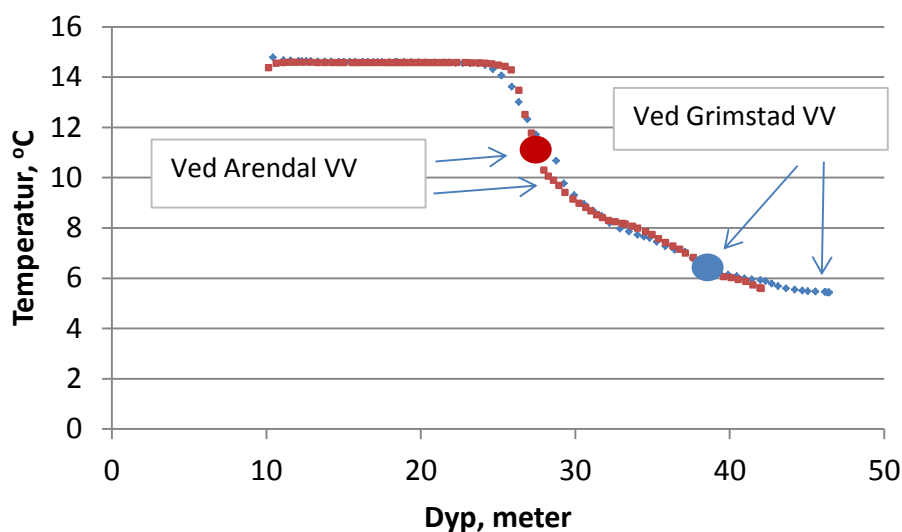
Siktedypet var 4,0 m i nesten hele innsjøen. Siktedypet var dermed ikke forskjellig fra det som ble målt i 2013 (middelverdi på 4,0 m). Fargen var overveiende gullig brun, og med mindre horisontale forskjeller.

De vannkjemiske resultatene er gitt i *Tabell 5* og *Figur 11*. Rorevannet var forholdsvis surt, med pH mellom 5,6 og 5,9. Vannprøven nær Bjorsund skilte seg fra de øvrige ved å ha høyere pH (5,86). Den høye verdien ved Bjorsund indikerer påvirkning av vann fra Nidelva fordi elva kalkes til pH-verdier på omkring 6,0 på

denne tida. Lavest pH (5,59) var på St. 6 i det midterste området av Rore. Dette punktet ligger nærmest innløpet fra innsjøen Syndle, som trolig bidrar med forholdsvis surt vann inn i Rore. Andelen av årlig tilsig via Syndle til Rore er 64 %, og det vil si at det sure vannet herfra normalt vil dominere i Rores vannmasser.

Tabell 4. Siktedyp, farge og temperatur på alle målestasjoner i Rore den 23.9.2015.

Stasjonsnr./sted	Siktedyp, meter	Farge	°C, 1m	°C, 3 m	°C, 10 m	°C, inntaksdyp
St. 1 Rore	-	Gulbrun				
St. 2 Rore	4,1	Gullig brun		14,6		
St. 3 Rore	4,0	Brungul		14,7		
St. 4 Rore	4,0	Gullig brun		14,7		
St. 5 Rore	4,0	Gulbrun		14,7		
St. 6 Rore	4,0	Gullig brun		14,7		
St. 7 Rore	4,0	Gullig brun		14,7		
St. 8 Rore	4,1	Gullig brun		14,7		
St. 9 Rore	4,5	Gulbrun		14,6		
St. 10 Rore	4,0	Gulbrun		14,7		
Arendal vv	4,0	Brungul	14,6		14,1	7,1
Grimstad vv	4,0	Gulbrun	14,7		14,5	6,6



Figur 10. Temperaturgradienter i Rore ved Grimstad og Arendal vannverk. Termoklinområdet er i området 25-30 meter. Vanninntakene (indikert med ringer) er på 38 meters dyp ved Grimstad vv og på 27 meter ved Arendal vv.

Næringssalts situasjonen etter flommen var kjennetegnet av at konsentrasjonen av total fosfor (tot P) var omkring 4 µg/L og at løst, uorganisk P (fosfat) ikke kunne påvises. Fosforkonsentrasjonene tilsvarer referanseverdien ihht. vannforskriften for denne innsjøtypen (dyp, svært kalkfattig, klar; lavlandet). Konsentrasjonen av total nitrogen (tot N) på om lag 400 µg/L ligger klart høyere enn referanseverdien på 200 µg N/L, men noe under god/moderat-grensen på 475 µg N/L. Det forholdsvis store avviket for tot N skyldes trolig langtransportert forurensning (sur nedbør) og ikke lokale tilførsler. Konsentrasjonene av tot P var lavere enn det som ble målt i 2013, mens tot N-konsentrasjonene var på samme nivå. Det var ingen horisontale gradienter.

En svært tydelig gradient fra nord til sør var det imidlertid for nitrat, som hadde de laveste konsentrasjonene (160 µg N/L) ved Bjorsund og de høyeste (185 µg N/L) ved Roresanden (*Figur 11*). Denne gradienten kan tolkes på ulike måter. Den kan skyldes at Nidelva, med lave nitratkonsentrasjoner, har strømmet inn i og påvirket Rore i nesten hele lengderetningen. Men det kan også skyldes at Rore har hatt forholdsvis høy konsentrasjon av nitrat før flommen, at vann fra Syndle med noe lavere konsentrasjon har påvirket midtpartiet og at Nidelva med enda lavere konsentrasjon har påvirket området ved Bjorsund. Dette siste er mest sannsynlig, basert på andre måledata. Data for konduktivitet og turbiditet kan belyse dette noe nærmere.

Konduktivitet er et mål på løste salter i vannet, og hadde klart høyest verdi ved Bjorsund. Den var klart lavest ved Roresanden. De målte verdiene etter flommen (2,45-2,61 mS/m) var klart lavere enn de som ble målt i 2013 (2,6-3,1 mS/m). Nidelva er normalt kjennetegnet av lavere konduktivitet enn dette, med måleverdier gjengitt i ROS-rapporten på 1,4-1,7 mS/m (Berge m.fl. 2014) og i kalkeeffektkontrollen i området 1,3-2,2 mS/m ved Rygene i 2014 (Hindar 2015). Måleverdiene fra kalkeeffektkontrollen i Rorevassdraget ved Kiland var i området 2,3-4,5 mS/m samme år.

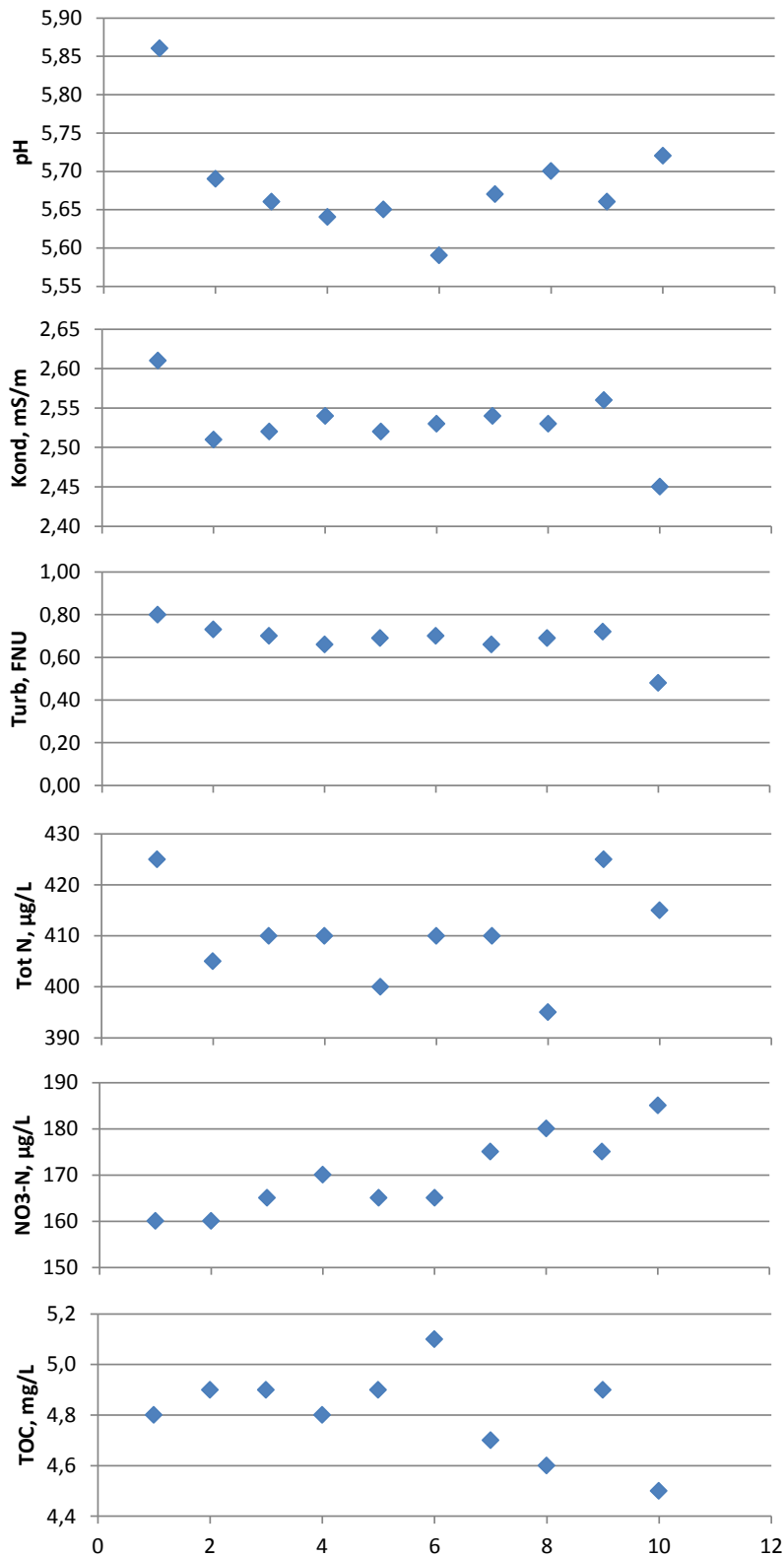
Høyere konduktivitet i Rore enn i Nidelva under normale forhold skyldes større tilførsel av sjøsalter med nedbøren nær kysten. Ved flom i sidevassdrag til Nidelva og utvasking fra landbruksarealer langs elva antas det at konduktiviteten øker i Nidelva og eventuelt utjevner noe av forskjellen.

Turbiditet er først og fremst et mål på partikler i vann, og verdiene for FNU lå i området 0,66-0,80 på st. 1-9 i Rore. Verdien var imidlertid klart lavere ved Roresanden (0,48). Måleområdet fra 2013 var 0,39-0,72, som er noe lavere enn i september 2015. Disse resultatene og også konsentrasjonsgradienten for TOC (total organisk karbon) tyder på at turbiditeten i Rore økte etter flommen og at vannmassen ved Roresanden kan ha befunnet seg i en bakevje og i mindre grad vært utsatt for påvirkning av vannmasser fra områder lengre ute i innsjøen.

Resultatene for prøvene som ble tatt på 1 og 10 meters dyp ved vannverkene skiller seg ikke vesentlig fra horisontalserien. Men resultater for prøvene fra inntaksdypet var klart forskjellig fra resultater fra dypene over for alle parametere med unntak av tot P. Vannet ved inntaksdypet hadde høyere konduktivitet og lavere turbiditet. Det liknet slik sett på den vannkvaliteten som ble målt i 2013.

Tabell 5. Vannkjemiske data fra Rore i en horisontal gradient (st. 1-10) og i vertikalsnitt ved vannverkene.

St.navn	Dyp 1	pH	Konduktivitet mS/m	Turbiditet FNU	Tot-N µg N/l	NO ₃ +NO ₂ µg N/L	TOC mg C/l	Tot-P µg P/l	PO ₄ -P µg P/l
St 1 Rore	1	5,86	2,61	0,80	425	160	4,8	4	<1
St 2 Rore	3	5,69	2,51	0,73	405	160	4,9	4	<1
St 3 Rore	3	5,66	2,52	0,70	410	165	4,9	4	<1
St 4 Rore	3	5,64	2,54	0,66	410	170	4,8	4	<1
St 5 Rore	3	5,65	2,52	0,69	400	165	4,9	4	<1
St 6 Rore	3	5,59	2,53	0,70	410	165	5,1	4	<1
St 7 Rore	3	5,67	2,54	0,66	410	175	4,7	5	<1
St 8 Rore	3	5,70	2,53	0,69	395	180	4,6	4	<1
St 9 Rore	3	5,66	2,56	0,72	425	175	4,9	4	<1
St 10 Rore	3	5,72	2,45	0,48	415	185	4,5	4	<1
Arendal VV	1	5,65	2,50	0,67	405	165	4,9	4	<1
Arendal VV	10	5,60	2,51	0,84	430	160	5,2	4	<1
Arendal VV	27	5,50	3,12	0,56	535	250	4,3	3	<1
Grimstad VV	1	5,67	2,54	0,61	400	180	4,7	3	<1
Grimstad VV	10	5,71	2,54	0,62	405	180	4,5	3	<1
Grimstad VV	38	5,44	3,00	0,38	455	250	4,1	3	<1



Figur 11. Vannkjemiske data fra stasjon 1-10 i Rore i en gradient fra Bjorsund (st. 1) til Roresanden (st. 10).

Resultater av bakterieprøvene (Figur 12) viser at Rore var påvirket av koliforme bakterier (34-122 MPN/100 mL) og *E. coli* (4-12 MPN/100 mL) på hele strekningen fra Bjorsund til Roresanden. Disse bakteriegruppene, spesielt *E. coli*, er indikatorer på fersk fekal forurensning. Prøvene ble tatt i overflaten, men en må regne med at hele det sirkulerende overflatelaget fra null til 24-25 meter var påvirket. Det var en svak tendens til lavere *E. coli*-tall mot Roresanden, men motsatt tendens for koliforme bakterier. Vi velger å tolke dette som at det ikke var noen klar forskjell i lengderetningen fra Bjorsund til Roresanden.

Normalt er det 10-30 ganger lavere konsentrasjoner av intestinale enterokokker enn *E. coli* i fersk kloakk. Det ble ikke påvist intestinale enterokokker i innsjøens overflatevann til tross for at disse normalt overlever lenger enn *E. coli*. Forholdstallet mellom koliforme og *E. coli* var forholdsvis høyt (10 i middel). Det tyder også på at den fekale forurensningen nok hadde vært i vannet en god tid før prøvetaking, slik at en del av *E. coli* – bakteriene og eventuelt også intestinale bakterier var dødd ut.

Ved vannverksinntakene ble det verken registrert intestinale enterokokker (< 1 cfu/100 mL) eller *E. coli* (< 1 MPN/100 mL), og antall koliforme var begge steder 3 MPN/100 mL. Dette er klart lavere bakterietall enn de som ble funnet regionalt i overflaten, og viser at termoklinen på dette tidspunktet var en god hygienisk barriere.

Det kan være flere kilder enn Nidelva til de målte *E. coli* og koliforme bakteriene. Den usystematiske horisontale fordelingen tyder på det, og det kan være vanskelig å ta stilling til hva som er viktigste kilde. Vannkjemidataene indikerer imidlertid at kildene kan være i Rores eget nedbørfelt. Under kraftig regn i dagene før prøvene ble tatt ble det sikkert vasket ut fekal forurensning via de fleste tilløpsbekkene, men det skal ganske mye til for å få målbare konsentrasjoner av *E. coli* på prøvepunktene så langt unna de aktuelle kildene. Fortynningen har også vært stor. I bekker og elver ser man gjerne de høyeste konsentrasjonene av fekale indikatorbakterier under det verste regnet (first flush + kloakkoverløp), men etter en tid kan vannføringen fortsatt være høy, mens bakteriekonsentrasjonene er betydelig redusert. Det kan dermed også være at bakterietallene i Rore var høyere i en tidligere fase av flommen.



Figur 12. Konsentrasjon (most probable number/100 mL) av bakterier i Rore den 23.9.2015. Tall i rødt til venstre er *E. coli*, mens tall til høyre er koliforme bakterier. Inntaket til Grimstad vannverk ligger litt sør for punktet med bakterietallene 6,52 i figuren, mens inntaket for Arendal vannverk ligger mellom punktene 6,34 og 5,44.

5. Diskusjon og anbefalinger

5.1 Avløp fra vannrenseanlegget

Alle måleverdier for akrylamid etter mai 2013 er under laboratoriets rapporteringsgrense og også under grenseverdier satt for drikkevann og biologiske forhold. Inkluderes tall fra før mai 2013, er nær 75 % av måleverdiene under rapporteringsgrensen. Basert på vurderingen som er gjort her, bør utslippet av akrylamid fra vannbehandlingsanlegget og til Rore settes til null eller ubetydelig.

Når akrylamid ikke kan påvises i avløpsvannet og rapporteringsgrensen er under grenseverdien for drikkevann og under PNEC-verdiene, mener vi det er usannsynlig at akrylamid fra renseanlegget kan ha en økologisk effekt i innsjøen Rore. Måledata fra NIVA og SINTEFs ROS-analyse viser da også at innsjøen er nær referansetilstanden mht algevolum og algesammensetning for denne type innsjøer i Norge.

Video-opptakene viser at sedimentet umiddelbart utenfor Grimstad vannverk hadde en struktur med parallelle striper som skyldes spylevann. Sedimentet var lyst, trolig forårsaket av noe slam fra renseanlegget, men slamlaget var svært tynt og kunne ikke skjule partikkelstrukturen på den naturlige innsjøbunnen. Sedimentets overflatestruktur, om en ser bort fra det tynne slamlaget, ble vurdert å være den samme som på referansestasjonen. Liten synlig påvirkning skyldes at utslippet fra renseanlegget kommer ut relativt grunt og fortynnes raskt i en svært eksponert strandsone.

Undersøkelsen i Rore i september 2015 viser at vannet ved vanninntaket til Grimstad vannverk hadde lavere turbiditet og TOC-konsentrasjon enn overflatevannet. Det hadde også lavere pH. Det indikerer at det ikke er noen påvirkning av utslippet fra vannverket ved vanninntaket 300 meter lenger ut i innsjøen.

På denne bakgrunn ser vi ikke nødvendigheten av videre undersøkelser i Rore mht eventuelle effekter av akrylamid eller avløpet fra renseanlegget.

5.2 Tilstand etter flommen

Rore var påvirket av flommen i september 2015, i og med at vannet var noe mer turbid enn det som antas å være normalt (basert på 2013-data). Overflatevannet inneholdt også koliforme bakterier, og E.coli ble funnet på alle målestasjoner. Det antas at målbar påvirkning av fersk fekal forurensning ikke er normalsituasjonen for innsjøen. Andre parametere viser at Rores vannkvalitet var meget god, og den var nær referansetilstanden mht total fosfor. Vannet er imidlertid surt og tilstanden moderat (pH-området 5,2-5,9) for en klar og kalkfattig vanntype som Rore med fargetall på 10-30 mg Pt/L.

Flere av måleparameterne, spesielt pH, nitrat og total fosfor, viser at Nidelva-vann i liten eller ingen grad forårsaket dårligere vannkvalitet i Rore. pH i Nidelva ser ut til å ha vært høyere og nitratkonsentrasjonen lavere enn i Rore. På bakgrunn av dataene er det også lite sannsynlig at store mengder Nidelva-vann kan ha strømmet inn i Rore. Store vannmengder fra Syndle og Vigelandsvann kan ha hindret dette, og kan være forårsaket av at Rores vannstandsøkning kom forut for flomtoppen i Nidelva. Men dette kunne ikke verifiseres med direkte målinger.

Den 23. september 2015 var innsjøen fortsatt termisk sjiktet, og termoklinen fungerte som en hygienisk barriere ved at vannverkenes inntak lå i underkant av denne. I en tilsvarende situasjon i en fullsirkulasjonsperiode, dvs. en periode uten termisk lagdeling, ville trolig partikkel- og bakteriekonsentrasjonen ved vanninntakene vært mer lik det som ble målt i overflatevannet under flommen i september 2015. Med mindre grad av islegging pga forventet høyere temperatur i årene som kommer, vil perioden med fullsirkulasjon også kunne bli lengre. Risikoen for påvirkning ved vanninntakene er dermed økende i årene som kommer.

5.3 Anbefaling om undersøkelser

Rore er råvannskilde for hele Arendal- og Grimstadregionen, og det er uavklart hvordan en flom i en mer ugunstig situasjon kan påvirke Rores vannmasser ned til vanninntakene for de to vannverkene. Arendals vannverk er mest utsatt fordi det ligger høyere i vannmassen og fordi det er nær Bjorsund og dermed lettere kan påvirkes av innstrømmende vann fra Nidelva. Det foreslås derfor en regelmessig eller situasjonsbestemt (ved flom) overvåking i årene framover.

Undersøkelsen bør gjennomføres ved flom etter fullsirkulasjon, dvs. i november/desember, eventuelt ved flom i løpet av vinteren hvis det ikke har dannet seg is på Rore. Det bør måles på de samme parameterne som i denne undersøkelsen. Antall prøvetakinger ved slike episoder kan diskuteres, men en førsituasjon og en situasjon ved eller umiddelbart etter en flomtopp i Nidelva vil være gunstig for å dokumentere påvirkning.

Ved varsel om flom bør det settes ut utstyr for kontinuerlig registrering av konduktivitet, temperatur og vannstrøm/strømretning i Bjorsund på Roresiden (*Figur 13*). Plasseringen er innenfor Bjorsund naturreservat, og det bør undersøkes om eventuelle installasjoner krever dispensasjon fra fredningsforskriften.



Figur 13. Anbefalt plassering av målestyr i Bjorsund (firkant). Inntak for Arendal vannverk er indikert med kryss.

6. Referanser

- Berge m.fl. 2014. Analyse av Rore og nedbørfelt. NIVA-rapport 6686. 215 s.
 Drikkevannsforskriften. Forskrift av 2001-12-04 nr. 1372 om vannforsyning og drikkevann. Helse- og omsorgsdp.
 Hindar, A. 2015. Vannkjemi i Arendalsvassdraget. I: Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2014, s. 15-17. Rapport M-412. Miljødirektoratet.
 Klif. 2010. Forventninger til industriens utslippskontroll. TA 2748-2010, 3 sider.
 SFT 2008. Veileder for prøvetaking og analyse av miljøgifter; Miljøgifter i innløps- og utløpsvann fra avløpsrensianlegg. Rapport 2378. 61 s.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no