

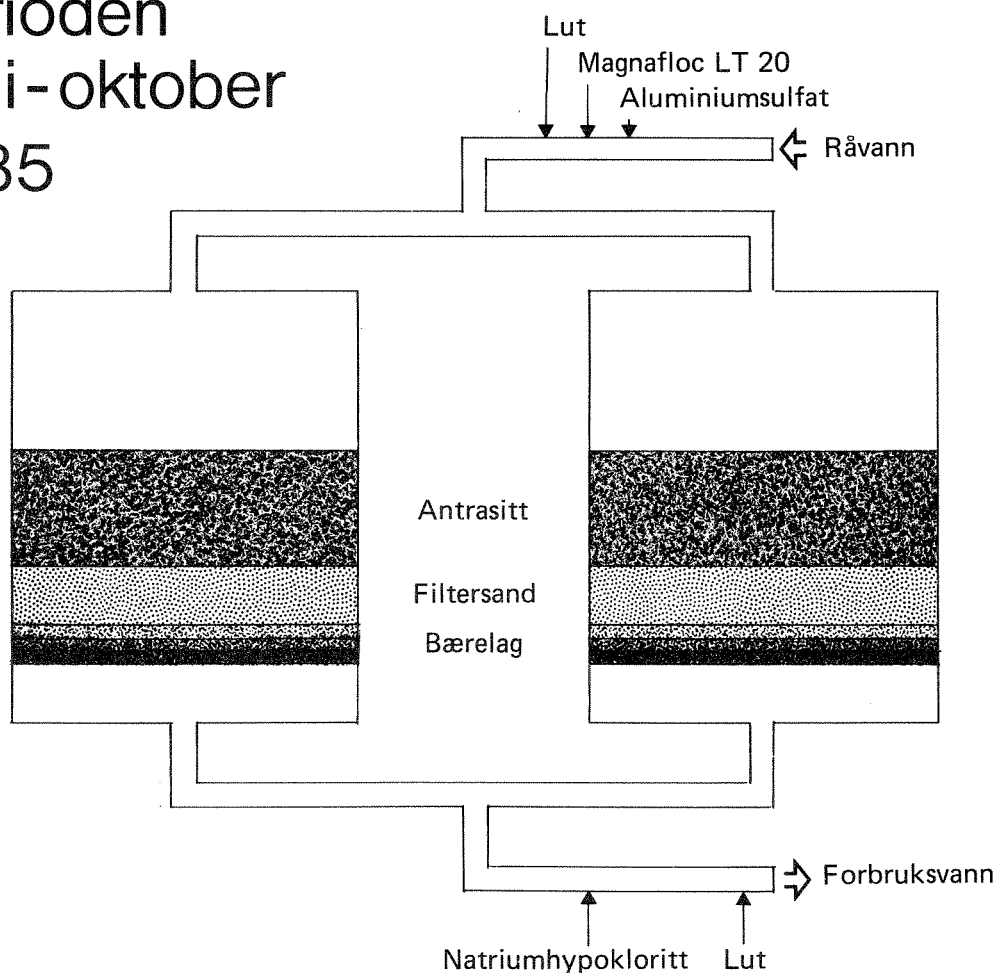
0-  
85211

# RAPPORT 15|85

0-85211

## Fremdriftsrapport for Frogn Vannverk

Perioden  
juni - oktober  
1985



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

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

Sørlandsavdelingen  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065)76 752

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

Prosjektnr.:	0-85211
Undernummer:	
Løpenummer:	1768
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel:  Fremdriftsrapport ved Frogn vannverk  Perioden Juni - oktober 1985 VA-15/85	Dato:  Oktober 1985
	Prosjektnummer:  0-85211
Forfatter (e):  Lasse Vråle	Faggruppe:  Miljøteknisk
	Geografisk område:  Akershus
	Antall sider (inkl. bilag):  53

Oppdragsgiver:  Frogn kommune	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
-------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt:

Det er utbedret en rekke feil og mangler ved Frogn vannverk siden juni -85 og det ble ikke påvist store feil ved flokkuleringstrinnet i rørflokkuleringsanlegg. Derimot ble det avslørt manglende bærelag i minst en av filterne slik at filtersanden var gått tapt og blokkerte det ene filteret. Dette er rettet opp, men andre helt sentrale feil har lenge stått ugjort. Noen av disse er rettet opp nylig, men fortsatt står noen for tur. Oppstarting av polymerdosering og hindring av skjev belastning pluss bedret driftsoppfølging er det viktigste som nå gjenstår.

For å oppnå et driftssikkert permanent renseanlegg anbefales at man bygger om for tilbakespyling med råvann, anlegger kalk- og CO<sub>2</sub>-dosering og forsøker omlegging til magnesium og kalkfelling for å fjerne restaluminiumsproblemet.

4 emneord, norske:
1. Vannrensing
2. Direktfiltrering
3. Humusfjerning
4. Driftsstabilitet
VA-15/85
Frogn kommune

4 emneord, engelske:
1. Water treatment
2. Direct filtration
3. Humus removal
4. Operational stability

Prosjektleder:

Lasse Vråle

For administrasjonen:

Oddvar Lindholm

ISBN 82-577-0961-1

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
OSLO

0-85211

FREMDRIFTSRAPPORT FOR FROGN VANNVERK

Perioden juni - oktober 1985

Oslo, oktober 1985

Prosjektleder: Lasse Vråle

# INNHO L D S F O R T E G N E L S E

	Side:
1. OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER .....	1
2. INNLEDNING .....	5
3. FREMDRIFTEN SIDEN JUNI 1985 .....	6
3.1 Korrespondanse .....	6
3.2 Befaringer og kontrakter med andre konsulenter og tidligere undersøkelser .....	6
3.3 NIVAs egne undersøkelser og ombygginger ved Frogn vannverk pr. 27.08.85 .....	8
3.3.1 Optimalisering av flokkuleringstrinnet .....	8
3.3.2 Påvist sandtap fra filteranlegget .....	10
3.3.3 Andre undersøkelser og ombygginger .....	13
3.4 Planer for videre arbeid etter 27.08.85 .....	14
4. UNDERSØKELSER OG OMBYGGINGER SIDEN 27.08.85 OG FREM TIL IDAG .....	16
5. VIDERE ARBEID .....	21
6. REFERANSER .....	26
Vedlegg 1. Prosesstekniske undersøkelser og renseprosessen ved Frogn vannverk og forslag til løsninger. Notat fra 18 februar 1985	
Vedlegg 2. Handlingsplan for optimalisering av Frogn vannverk. Notat fra 12. juni 1985.	

## 1. OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER

Da NIVA kom inn i arbeidet med Frogn vannverk i februar i år, viste det seg at det manglet utstyr og muligheter for å kontrollere effekten av renseprosessen. Det fantes ingen etablerte prøvetakingssteder for verken råvann, prosessvann eller rensset vann, slik at rensegradene kunne kontrolleres. Det var heller ikke mulig på en enkel måte å kontrollere de fire forskjellige kjemikaliedoseringene som skjer ved anlegget, slik at man kunne vite hvor mye som ble tilsatt pr. m<sup>3</sup> vann. Dessuten var de kontinuerlige registrerende pH målerne feilplassert og hadde store instrumentfeil. Nøye overvåking av pH-verdiene på strategiske punkter i prosessen er viktig for å trimme kjemikaliedoseringen til enhver tid.

Det ble også påvist at kjemikaliedoseringen ikke var optimal, at det var konstant gjennombrudd av aluminiumslam i filterne fordi driftsperiodene var for lange i forhold til hva filterne tålte, at det var flere prosesstekniske forhold som ga dårlige fellingsbetingelser og at det stadig oppsto feil ved ventilene slik at resultatet var dårligere renseeffekter. Flere av disse feilene ble rettet opp før sommeren, men man fryktet at det var noe galt med flokkuleringstrinnet i prosessen fordi man fortsatt ikke fikk like gode resultater ved Frogn vannverk som ved laboratorieforsøkene.

Formannskapet vedtok den 17. juni d.å. å engasjere NIVA direkte for videre arbeid. NIVA gjennomførte i juli og august 16 forsøkskjøringer med et rørflokkuleringsanlegg uten påmonterte filterkolonner og 12 forsøkskjøringer med 5 filterkolonner påmontert, slik at det ialt ble kjørt 60 filtreringsforsøk. Disse resultatene viste at ved sedimentering var den lengste flokkuleringstiden best, men ved filtrering var kort flokkuleringstid best. Ved disse forsøkene ble turbiditet benyttet som måleparamter. Kort flokkuleringstid slik det er ved Frogn vannverk synes med andre ord ikke å være årsak til dårlige rensegrader, snarere en fordel.

Det ble fra perioden i juni påvist flere andre viktige feil som også ble rettet opp. Anlegget ble dessuten ombygd slik at man kunne benytte flytende aluminiumsulfat i en utvendig anlagt tank istedet for

aluminiumsulfat i sekker. Dette fjernet et stort driftsproblem og var nødvendig for å gjøre plass for polymerdosering (Magnafloc LT 20).

Imidlertid ble det mens rørflokkuleringsundersøkelsene pågikk (30. juli), påvist store filtersandmengder på bunnen av spylevannstanken. Mandag 26. august ble filter nr. 2 åpnet i bunnen og det viste seg at filtersanden hadde passert filterdysene og delvis blokkerte filteret. Årsaken til dette kunne bare klarlegges ved å åpne og tømme et filter av gangen. Anlegget må da gå med halv kapasitet og frykten for å gå tom var tilstede. Filter nr. 2 ble tømt 9. september og årsaken viste seg å være at bærelaget som skal forhindre at filtersanden transporteres ut, delvis manglet. Alle dysene viste seg derimot å være i orden. Det samme arbeidet ble utført 18. september for filter nr. 1. Tapt filtersand ut av systemet på grunn av manglende bærelag og delvis blokkering av de ene filteret ble ansett som en hovedfeil som var viktig å få rettet opp.

Etter at Frogn vannverk 18. september hadde fått to effektivt virkende sandfiltere, meldte det seg nå nye problemer. Trykktapet bygde seg nå hurtigere opp, fordi partiklene lettere ble holdt tilbake i filteret. Dette resulterer i redusert vannrensekapasitet, men bedre renseseffekt.

Frogn vannverk har levert vann til konsum i hele perioden også mens det foretas ombygginger fordi det ikke forligger noen andre alternativer. Dette har naturlig nok bidratt til ustabile vannkvaliteter i undersøkelses- og ombygningsperioden. Fargen og turbiditeten i rensset vann har i perioder i det siste vært av tilfredsstillende kvalitet, men restaluminium-innholdet har mesteparten av tiden vært over SIFFs krav.

Selv om mange feil er utbedret inklusiv hovedfeilen i sandfilteret, gjenstår følgende viktige punkter før bedre renseseffekt kan oppnås:

1. Skifte til pH-elektroder til en kvalitet som varer mer enn en uke og få en korrekt oppfølging av disse.
2. Gjennomføre en overgang fra turtallsstyring til fast styring av kjemikaliepumper siden det tydeligvis foreligger en feil i den eksisterende turtallsstyringen.

3. Istandsettelse av de to trykkluftstyrte innløpsventilene slik at spyleslam fra filteret ikke lenger blandes inn på råvannsledningen fordi disse ventilene har stått åpne siden mars.
4. Oppstartning av magnafloccosering som lenge har vært planlagt.
5. Få kontroll med en eventuelle hydraulisk skjev-belastning, for å hindre kritisk overbelastning på en av filterne.

Disse punktene vil forhåpentligvis være utført i løpet av tirsdag 5. november. Onsdag 6. november innstalleres NIVAs MOBILLAB for andre gang ved Frogn vannverk. Det spesielle ved dette utstyret er at aluminiumkonsentrasjonen i forbruksvannet kan måles kontinuerlig. Dette gjør det mulig både å kontrollere hvordan vannkvaliteten blir når de 5 forannevnte punktene er rettet opp, og representerer en glimrende anledning til å fintrimme prosessen. Dessuten vil det bli avslørt om de to parallellfilterne får en uønsket hydraulisk skjev belastning som er årsak til høyt innhold av rest-aluminium.

1. Under forutsetning av at de 5 forannevnte punktene for utbedringer ved Frogn vannverk er utført til onsdag 6. november, vil NIVAs MOBILLAB gi svar på om prosessen ved Frogn vannverk krever en større ombygging.
2. Det er en fare for at prosessen med direktefiltrering kan vise seg ikke å være tilstrekkelig for den råvannskvaliteten man har ved Frogn vannverk. For høy farge i innløpsvannet til filteret, kan gi for høy aluminiumsdosering som resulterer i for høy slamproduksjon som gir for korte filtersykluser. Dette senker anleggets hydrauliske kapasitet. Løsningen på dette er enten å bedre råvannskvaliteten hvis mulig, eller å sette inn et eget flokkulerings- og slamseparasjonstrinn før vannet går inn på filteret.
3. For å få et permanent driftsikkert renseanlegg anbefales det at man går over til tilbakespyling med råvann i stedet for rentvann. Samtidig bør man vurdere å ha egne matepumper for hvert filter. Dette vil kreve et eget råvannsmagasin bygget ved renseanlegget.

4. I tillegg anbefales det at man anlegger et karbonatiseringsanlegg ( $\text{CO}_2$  + kalk anlegg) for å beskytte ledningsnettets mot videre nedbrytning og tæring.
5. Ved overgang til kalkdosering ved overgang til et karbonatiseringsanlegg, kan det være mulig for å gå vekk fra aluminiumsulfatdosering, slik at problemet med restaluminium kan elimineres. Flytende magnesiumklorid må doseres sammen med kalk for fjerning av humus. På denne måten kan humusfjerning og alkalisering kombineres.
6. Denne prosessen er ikke utprøvet i fullskala, men den kan vise seg meget fordelaktig fordi den kombinerer humusfjerning og alkalisering som er to viktige enhetsprosesser. Hvis det skulle vise seg at humusfjerningen ikke blir god nok ved denne nye prosessen kan man enkelt komme tilbake til aluminiumsulfat ved å kjøpe det istedet for magnesiumklorid.
7. Det bør være en driftsansvarlig ved renseanlegget som følger anlegget minst et par timer hver dag. Det foreslås at underbrannmester Johannessen tillegges dette ansvaret.



## 2. INNLEDNING

Frogn kommunes nye vannrenseanlegg på Heer har i perioder hatt en vannkvalitet som har vært mindre tilfredsstillende. Vannets farge, turbiditet og aluminiumsinnhold har vært for høyt i forhold til de kvalitetskrav som er satt av SIFF (1976). NIVA ble oppmerksom på forholdet i forbindelse med en undersøkelse av flere norske vannverk, blant disse var ovennevnte vannverk med. I programforslag av 22. desember 1983 og i et senere revidert programforslag av 4. oktober 1984 foreslo NIVA overfor Alfsen og Gunderson A/S en undersøkelse som tok sikte på å komme frem til tiltak som kunne forbedre renseprosessen.

I brev av 16. januar 1985 engasjerte Alfsen og Gunderson A/S NIVA til å gjøre en forundersøkelse og utføre laboratoriefellingsforsøk med råvannet. Senere er det blitt utført flere direktefiltreringsforsøk i et pilotanlegg på NIVA og videre undersøkelser i vannverket. Disse undersøkelsene er rapportert av Lasse Berglind i egen rapport (1).

Formannskapet i Frogn kommune vedtok i møte den 17. juni 1985 å anmode NIVA ved undertegnede å representere Frogn kommune å følge opp fremdriftsplanen for utbedring av Frogn vannverk.

Undertegnede skulle ha ansvaret for fremdrift og styring av optimaliseringsarbeidet med vannverket. Det leverandøren Alfsen og Gunderson (AG) ikke gjør, og som NIVA mener er nødvendig, må NIVA, Frogn eller andre utføre. NIVA arbeider på regning som Frogn garanterer for. Kostnadsfordelingen mellom Frogn kommune og AG tas opp separat etter at anlegget er optimalisert.

Parallelt med Berglinds undersøkelser foretok NIVA også mer driftstekniske undersøkelser av renseanlegget på Heer og installerte utstyr for kontinuerlig overvåking av vannkvaliteten ved turbiditetsmåling. Dette er rapportert av Vråle (2) 18. februar 1985 og er tatt med som vedlegg 1. "Prosesstekniske undersøkelser av renseprosessen ved Frogn vannverk og forslag til løsninger".

I juni utarbeidet Vråle en handlingsplan for optimalisering av Frogn vannverk (3). Dette er presentert i vedlegg 2.

### 3. FREMDRIFTEN SIDEN JUNI 1985

#### 3.1 Korrespondanse

Den 12. juni 1985 sender AG en fremdriftsplan med 12 punkter til Frogn kommune. De fleste av disse punktene er satt opp etter et diskusjonsmøte på NIVA mellom AG og NIVA.

Den 25. juni 1985 sender AG en søknad til Statens Institutt for Folkehelse (SIFF) for godkjenning av renseanlegget på Heer/Frogn vannverk.

Den 4. juli 1985 avslår SIFF AGs søknad. SIFF peker på at de opprinnelig ønsket gjennomføring av pilotforsøk slik at prosessvalg i forhold til råvannskilden kunne klarlegges.

SIFF minner om at de ga seg på dette kravet etter sterkt ønske fra kommune og leverandør med henvisning til at det hastet å få gjennomført byggingen av anlegget. SIFF mener videre at en optimalisering og en eventuell ombygging av renseanlegget må baseres enten på teknologi som man vet vil fungere eller på forsøksdrift i pilotskala eller fullskala.

Bruk av direktfiltrering på humusholdig råvann slik som på Frogn er en relativ ny teknologi med få fullskala erfaringer. Det finnes derfor fortsatt noe upløyd mark innen dette feltet og det er ikke så rart at det har blitt noen overraskelser.

#### 3.2 Befaringer og kontakter med andre konsulenter og tidligere undersøkelser

For å få en bedre oversikt over hvilke erfaringer man har oppnådd ved andre drikkevannsrenseanlegg med direkte filtrering ble det tatt kontakt med andre leverandører og konsulenter som ifølge fagpressen har bygget vellykkede direktfiltreringsanlegg. Denne telefonrunden viste at det er overraskende få anlegg som har fullskala direktefellingsanlegg igang, men at flere er under bygging.

Alfsen og Gunderson hadde ingen andre renseanlegg som de kunne vise frem. Alwatech hadde et anlegg i Snertingdal i Gjøvik kommune hvor de har oppnådd gode resultater og god presse. Dette anlegget var imidlertid svært lite ( $10 \text{ m}^3/\text{h}$ , en 1/20 part av Frogn vannverk) og hadde vesentlig bedre råvannskvalitet. (fargetall ca. 30 mg Pt/l mot Frogns 100 mg Pt/l).

På bakgrunn av det meget høye fargetallet i Frogns råvann mente Alwatech at Sør-Odalen renseanlegg hadde en prosessstype som var mer likt det som burde ha vært benyttet ved Frogn.

Den 23. juli 1985 besøkte følgende personer Sør-Odal renseanlegg; kommuneing. Nesvold; avd.ing. Ødegaard begge Frogn kommune; Løvstad Alwatech og Vråle, NIVA.

Det sentrale spørsmålet for Frogn vannverk er om råvannet har for høy humuskonsentrasjon. (Uttrykt ved fargen som varierer fra 80 til 110 mg Pt/l).

Selv om anlegget ellers settes helt istand, kan det vise seg at driftsperiodene mellom hver tilbakespyling bli så korte at direktefiltrering ikke er egnet. Når fargen er høy må aluminiumsdoseringen økes og slamakkumuleringen i filteret blir da så stor at driftstiden på filteret blir meget kort. Aluminiumsslammet vil bryte igjennom filteret hvis driftstiden trekkes ut og følger vannet ut til forbrukerne.

En komité nedsatt av American Water Works Association (AWWA) foretok en analyse av data om direktefiltrering generelt (4).

Deres konklusjoner var at en farge høyere enn 30 - 40 mg Pt/l eller en turbiditet større enn 15 NTU kan skape problemer for bruk av direktefiltrering. Korte sykluser kan forlenges ved å endre selve filtermediet, ved å tilsette polymer eller ved å endre G-verdiene i flokkuleringsreaktoren.

Det er derfor mye som tyder på at valg av renseprosess ved Frogn vannverk er feil og at det er optimistisk å rense råvannet fra Oppegårdstjern ved direktefiltrering alene.

Ved direktefiltrering er det konvensjonelle flokkuleringsbassenget sløyfet og det finnes ikke mellomsedimenteringsbasseng. Når slambelastningen blir for stor klarer ikke filteret å ta i mot alt slammet uten problemer.

Enkelte konsulenter mener at selv om fargen i råvannet er nede på et akseptabelt nivå for direktefiltrering bør det dessuten kjøres to filtere i serie, slik det gjøres i Snertingdal den såkalte Culligan metoden. Det som ikke tas i det første filteret tas i det andre. Denne metoden gir sannsynligvis en større driftssikkerhet.

Med utgangspunkt i Frogn vannverk blir derfor spørsmålet om man bør ha et eget rensetrinn før vannet går inn på filteret. Alternativt må man velge en filtreringsprosess som har stor plass til slamakkumulering før filtergjennombrudd. Ombygging av AG-filteret til et oppstrøms kontaktfilter kan være en alternativ vei å gå, og vi har vært i kontakt med C.H. Knudsen, Drammen som i hovedsak gjør bruk av denne prosessen. Mulighetene for kjøring av et pilotforsøk med oppstrøms filtrering etter dette prinsippet har vært drøftet.

### 3.3 NIVAs egne undersøkelser og ombygginger ved Frogn vannverk pr. 27.08.85

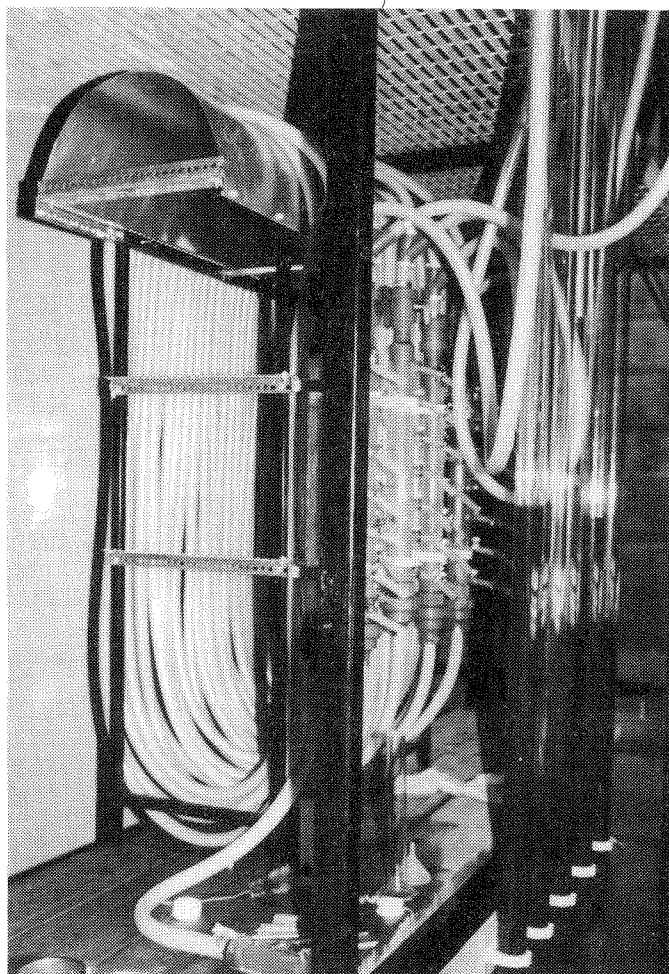
#### 3.3.1 Optimalisering av flokkuleringstrinnet

En av de punktene i handlingsprogrammet fra juni som ble trukket frem som mulige forklaringer til at AG filterne ved Frogn vannverk ikke virket tilfredsstillende, var spørsmålet om flokkuleringstiden for aluminiumsulfaten på tilløpsrøret til filterne var for optimal og eventuell for kort.

NIVA hadde igang et eget forskningsprogram hvor det ble bygget et rør-flokkuleringsanlegg for nettopp å studere kjemikalienes nødvendige reaksjonstid og omrøringsintensitet. Figur 1 viser et bilde av dette anlegget som dessuten måtte videreutbygges med egne filtere for å klare oppgaven ved Frogn vannverk.

Fra forsøksanlegget ble ferdig montert den 5. juli til 21. august er det gjennomført 16 forskjellige forsøkskjøringer med rørflokkulerings-

anlegget alene, uten de 5 påmonterte filterkolonner. Etter det ble det utført 12 forsøkskjøringer med rørflokkulering og filterkolonner i sammenheng. For hvert forsøk kjøres 5 filterkolonner i parallell slik at det i alt er kjørt 60 filtreringsforsøk. Filterkolonnene har en innvendig diameter på 50 mm og er bygd opp på nøyaktig samme måte som AGs fullskala filterkolonner.



Figur 1. NIVAs rørflokkuleringsanlegg som ble benyttet ved Frogn vannverk sommeren 1985.

Resultatene fra disse forsøkene rapporteres i egen rapport. De viktigste hovedkonklusjonene er:

1. Ved direktefiltrering ble det oppnådd best resultat i kolonnene med den korteste flokkuleringstiden i rørflokkuleringsanlegget. Kolonnene med lengst flokkuleringstid i røranlegget hadde kortere driftstid før filtergjennombrudd oppsto.

2. Ved sedimentering viste resultatene det stikk motsatte resultat med best resultat ved uttak til filtrering ved stasjon 5, hvor det er lengst flokkuleringstid. Dessuten viste undersøkelsene at rørhastigheten måtte senkes vesentlig lavere enn det den er i tilløpsrørene ved Frogn vannverk for å unngå fnokkoppbrytning.
3. Resultatene viser med andre ord at så lenge det benyttes aluminiumsulfat alene og direktefiltrering er det ikke påvist uheldige virkninger av de korte oppholdstidene i rørflokkuleringstrinnet ved Frogn vannverk. Årsakene til de dårlige resultatene ved Frogn vannverk må følgelig skyldes noe annet enn flokkuleringstrinnet.

### 3.3.2 Påvist sandtap fra filteranlegget

Etter hvert som det ble klart at kort flokkuleringstid før filteret, ikke var hovedårsaken til de dårlige rensegradene ved Frogn vannverk ble arbeidet med å finne andre feil tappet opp. Det er en ulempe ved Frogn vannverk at man aldri ser vannet fordi alt går i lukkede rør og tanker. Tidligere ikke mulig å ta prøver av vannet på strategiske punkter og heller ikke kontrollere vannføringer og doseringsmengder. Nå er disse mulighetene gradvis bygd inn og en rekke mindre feil er fjernet.

Et spørsmål som man stadig stiller seg er hvorvidt begge filterne som går i parallell, behandler samme vannmengde og gir samme renseseffekt. Skjev hydraulisk belastning kan oppstå fordi filterne ikke har like god tilbakespyling slik at filterne blir like rene. Dessuten kan man lure på hvor effektiv programmet for tilbakespyling er.

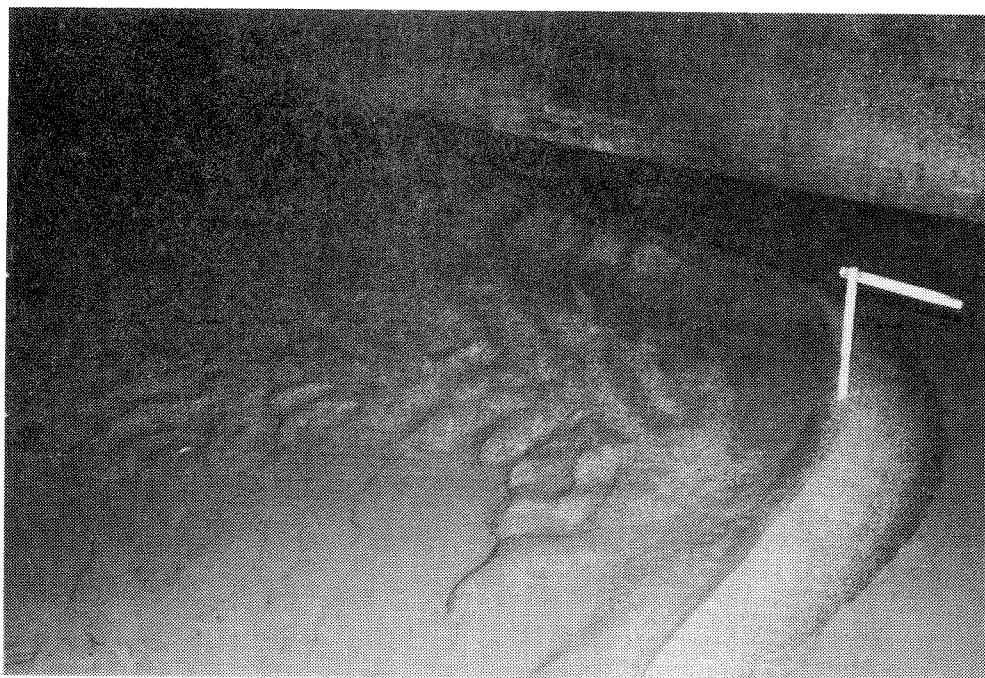
Det ble lagt merke til at når tilbakespylingsprogrammet av en eller annen årsak ble brutt, startet filtreringen på nytt uten at filter nr. 2 som ble spylt sist, var ferdig rengjort.

Trykktapsmåleren ble ombygget slik at den alternativt kunne måle trykktapet over filter nr. 2. Normalt vil vannføringen over filter 1 øke hvis trykktapet i filter 2 øker slik at trykktapet i begge filterne alltid blir like stort. Ujevn tilbakevasking av filterne vil altså skape skjev belastning, som igjen fører til for stor filtreringshas-

tighet. Dette betyr dårligere rensegrad i det beste filteret og slamgjennombrudd i det dårligste.

Det ble gjennomført flere undersøkelser av rensset vann fra begge filterne på samme tid. Disse målingene tydet på dårligere renseresultater i filter nr. 2 og bekrefter den skjeve belastningen.

Det ble den 30. juli besluttet å gjennomføre en inspeksjon i spylevannstanken for å se om deler av sanden var havnet der. Undertegnede gikk ned i tanken og det ble påvist store sandmengder og litt antrasitt som lå i tykke lag på bunn ca. 10 - 15 cm, 6 - 8 m<sup>2</sup>. Figur 2 viser filtersand på bunn av spylevannstanken.



Figur 2. Store filtersandmengder ble påvist på bunnen i spylevannstanken hvor den ikke skulle være.

Mulighetene for at mye av sanden var vasket videre ned til pumpestasjonen for avløp er høyst sannsynlig.

Allerede samme dag ble det kjørt filtreringsforsøk hvor en av de 5 forsøkskolonnene ble tømt for sand. Hovedkonklusjonen var at antrasitten alene ikke holder slammet tilbake og gir dårlig renseeffekt med høy turbiditet.

Det neste spørsmålet ble så hvilken vei sanden har kommet inn i spylevannstanken:

1. Via spylevannet
2. Via filtratvannet (på forbrukersiden).

Alfsen og Gundersons nøkkelpersoner var på denne tiden på ferie slik at videre undersøkelser måtte utsettes.

Det ble gjort forsøk på å lage prøvetakingsteder på spylevannsledningene. Dette har man fortsatt ikke fått til slik at en optimalisering av spylevannsprogrammet fortsatt ikke kan utføres.

Spylevannsprogrammet virker idag lite effektivt i forhold til den tiden som medgår og bør rettes på.

Flere forhold tyder imidlertid på at minst en av filterne mister sand via filterbunnen på forbruker siden.

Den 21. august ble det gjennomført et møte mellom AG, Frogn kommune og NIVA på Frogn vannverk, hvor blant annet sandtap problemet ble lagt frem.

Mandag den, 26. august 1985 ble filter nr. 2 åpnet i bunnen. Store hardpakke sandmasser blokker mannehullet og intens hakking måtte til for å grave seg frem til bunnplaten. Det var for trangt til å klarlegge årsaken til at sanden har passert gjennom filteret, men det synes klart at flere av de 425 dysene i bunnen må være ødelagt på en eller annen måte.

Hovedkonklusjonen:

Det er i alle fall helt klart at anlegget ikke kan virke når slike tilstander blir påvist. Spørsmålet er om også filter nr. 1 også har sandtap på filtersiden. Dette filteret ble åpnet 28. august 1985. Her fant man bare mindre sandmengder.



### 3.3.3 Andre undersøkelser og ombygginger

#### a) Overgang til flytende aluminiumsulfat

Den største og viktigste ombyggingen ved Frogn vannverk som er gjennomført i løpet av sommeren er overgangen til flytende aluminiumsulfat som kjøpes fra Borregaard. Det er anlagt en midlertidig tank utlånt av Borregaard på utsiden av sør-vestveggen. Dette tiltaket vil ikke forbedre renseeffekten så mye men, fjerner en unødvendig og arbeidskrevende operasjon for driftsoperatørene og frigir plass til magnafloc doseringen.

#### b) Istandsettelse av pH-målere

Det ble påvist viktige feil ved kablene på pH-elektrodene ved renseanlegget foruten at pH-elektrodene var gamle og "døde" forlenget. Utstyret forøvrig ble av NIVAs eksperter bedømt som meget bra og man fant ingen grunn til å skifte ut dette. Feilene ble rettet opp, nye elektroder fra AG ble skaffet tilveie og nye prøvetakingssteder ble etablert. pH-måleren ble deretter kalibrert og for første gang kunne man måle prosessvannet på riktig sted og med riktig pH. Etter ca. 2 uker var imidlertid begge pH-elektrodene "dårlige" igjen og det er spørsmål om man ikke bør gå over til et annet fabrikat.

#### c) Bruk av polyelektrolytt - magnafloc LT 20

Under filtreringsforsøkene i NIVAs rørflokkuleringsanlegg ble det også kjørt forsøk med hjelpekoagulanten magnafloc LT 20. Disse undersøkelsene ga meget gode resultater og filtreringstiden ble vesentlig forlenget. Det ble faktisk ikke påvist filtergjennombrudd i det hele tatt innenfor det tidsrommet som var tilgjengelig for kjøring.

Anbefaling: Det tilrettelegges for magnafloc dosering i de gamle oppløser-tankene for aluminiumsulfat etter diverse ombygginger. Dette arbeidet er igang.

d) Forsøk med magnesiumklorid-felling av humus istedet for bruk av aluminiumsulfat

De to siste filtreringsundersøkelsene ble kjørt med magnesium, kalk og lut og uten aluminiumsulfat dosering i det hele tatt. Resultatene fra disse forsøkene er meget lovende og videre undersøkelser bør gjennomføres. Hvis aluminiumsulfat kan sløyfes i sin helhet ved overgang til magnesium vil restaluminiumsproblemet bli eliminert. Dette oppfattes som et hovedproblem og bør derfor undersøkes nærmere.

e) Diverse undersøkelser og påviste feil

Ventilene som styres automatisk ved anegget setter seg ofte fast, og dette fører til store problemer og dårlig vannkvalitet. Det er helt avgjørende at alle ventilene i anlegget skiftes ut til en type som har bedre driftssikkerhet og som ikke setter seg fast etter en stund.

De trykkluftstyrte ventilene inn til begge filterne var tidligere automatisk regulerte ventiler. I mars ble disse skiftet fordi de ikke holdt tett, men de nye ventilene passet ikke med automatikken. Disse står nå alltid åpne. Dette fører til at filter nr. 2 fylles med spyleslam, og gir en dårligere tilbakevask. Disse manuelle ventilene bør skiftes og det bør forsøkes med tilbakeslagsventiler eller ventilene bør istandsettes slikt at de igjen blir automatisk. Det står på leveranser fra Nordic Valves A/S.

3.4 Planer for videre arbeid etter 27.08.85

Hovedårsaken til de dårlige renseseffektene ved Frogn vannverk er nå klarlagt og skyldes tap av sand fra filtermassen fra filter nr. 2. Denne sanden har akkumulert seg under filterbunn og delvis i rørene på forbrukersiden og er tappet inn i spylevannsbassenget via filtratvannledningen. Noe sand har også gått ut på nettet. Sanden vil delvis også blokkere tilbakespylingen som dermed blir mindre effektiv.

Det gjenstår å se om filter nr. 1 har samme problem. Dette ble klarlagt 28. august 1985 da også filter nr. 1 åpnes i bunn for nærmere inspeksjon.

Det ble påvist ved forsøk at manglende sand i filteret vil gi dårlig renseeffekt. Men årsaken kan også være at filter nr. 2 er mer eller mindre tett og at hovedvannmengden går via filter nr. 1. Da blir flatebelastningen i filter nr. 1 altfor stor med tilsvarende redusert effekt.

Neste skritt ble å klarlegge hvorfor sanden i filter nr. 2 har gått tapt via filterdysene. Det var nødvendig å tømme hele filteret for å inspisere bunnpata. Dette er en stor og kostbar jobb og planene om en alternativ ombygging måtte da være klar. Spørsmålet var om man skulle bygge de to filteret opp på samme måte eller om man burde gå over til en annen prosess.

Det ble drøftet muligheten av å invitere et begrenset antall leverandører/konsulenter til å komme med forslag til ombygging av anlegget.

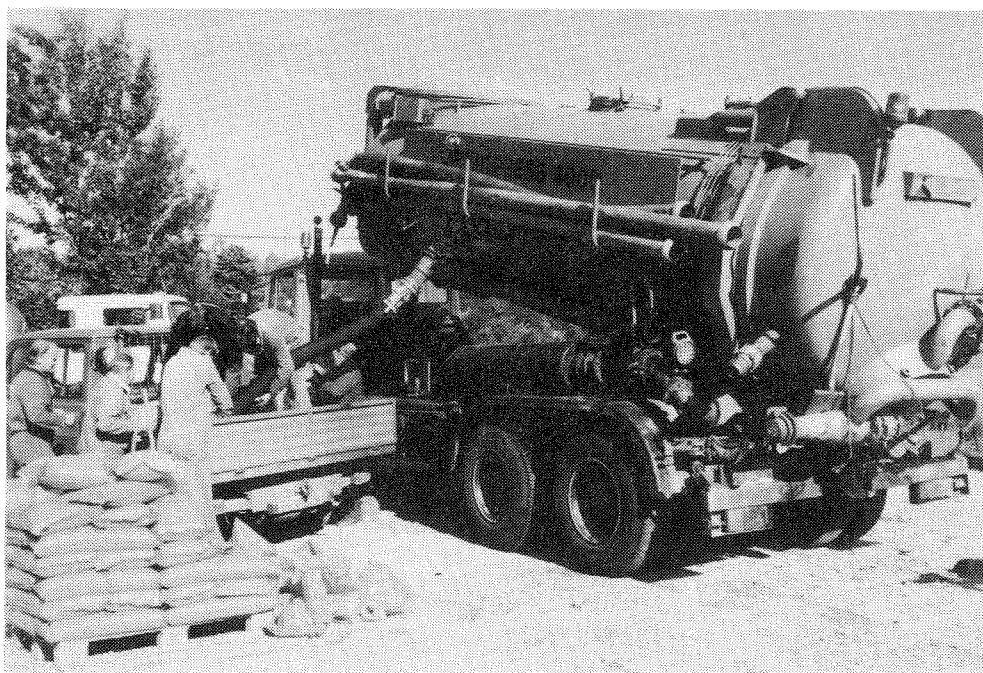
Anlegget bør etter vår mening ombygges, slik at det kan tilbakespyles med råvann istedet for rentvann fra det lille Heer høydebassenget ( $600 \text{ m}^3$ ). Dette øker anleggskapasiteten og frigjør bruken av høydebassenget. Muligheten for å trekke inn Holteigenbassenget ( $3000 \text{ m}^3$ ) i vannproduksjonssammenheng skulle dermed også øke. Det er dessuten uheldig for prosessen og tilbakespyle rentvann.

Det bør også sees i nærmere på spylevannsbehandlingen som idag går den lange veien til avløpsrenseanlegg via en alt for liten pumpestasjon. Spyleprogrammet for anlegget bør dessuten forenkles og effektiviseres.

#### 4. UNDERSØKELSER OG OMBYGGINGER SIDEN 27.08.85 OG FREM TIL IDAG

Den eneste muligheten for å finne ut hva som var feil ved filterne ved Frogn vannverk og hvorfor filtersanden var lekket ut av anlegget via dysene på forbrukervannsidens, var å tømme filterne. Først når filteret er tømt kan årsaken fastslås. Avhengig av hvilken feil man fant kunne det være ønskelig å gjøre forskjellige ting. Bæreplaten i filteret har 425 spesialdyser og over disse er det tre separate bærelag med hver sin spesielle kornfordeling for å holde filtersanden på plass. Det vil alltid være fare for sandtap ved en slik løsning. En ulempe ved bæreplaten i AG filteret er at det styrkemessig er det svakeste leddet og AG tillater ikke større flatebelastning enn 15 m/h. Ved magnafloccosering kan det være ønskelig å kjøre helt opp til 30 m/h.

Det ble allikevel bestemt at alle nødvendige sandlag kjøpes inn på forhånd før filteråpning, men at antrasitten benyttes om igjen. Forberedelsene til filterutskiftningen tok noe tid, men den 9. september var alt klart. Sand og antrasitt ble suget ut ved hjelp av en spesialslamsugende bil (figur 2).



Figur 3. Spesial slamsugebil Univac press 4000 ble benyttet for tømming og fylling av sand og antrasitt ved Frogn vannverk.

Da filteret var tømt kunne følgende konklusjon trekkes:

1. Bærelaget i filter 2 var ikke plassert slik det skulle og mange av dysene hadde ikke bærelag over seg i det hele tatt. Denne feilen er nok til at filtersanden kan passere ut igjennom filterdysene.
2. Det ble ikke påvist feil på dysene.

Det kan altså slås fast at slurvete installasjon av bærelaget var årsaken til filtersandtapet.

Fire dager etter filtersandutskiftningen forelå følgende erfaringer. Filtertrykket bygde seg opp meget hurtig. Midlertidig måtte filtertrykket før tilbakevask økes fra  $0,25 \text{ kg/cm}^2$  til  $0,50 \text{ kg/cm}^2$ . Det ble gjort forsøk med å kjøre hvert filter alene med riktig flatebelastning ( $100 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Det viste seg da at filter 2 allerede etter kort tid hadde et trykktap etter tilbakespyling på  $0,40 \text{ kg/cm}^2$ . Tvangsstyrt tilbakespyling av filter nr. 2 senket dette starttrykket til  $0,08 \text{ kg/cm}^2$ .

Konklusjonen på dette er følgnede:

1. Den eksisterende automatiske tilbakespylingen virker ikke for filter nr. 2. En av årsakene til dette er de åpne ventilene før filterene som det lenge er blitt bedt om at bør byttes. Slam blandes inn på råvannsledningen.
2. Tilbakespylingsprogrammet må gjennomgås og effektiviseres.

Parallelt med dette ble det bestemt at også filter nr. 1 burde tømmes og istandsettes på samme måte som filter nr. 2. Dette ble utført den 18. september 1985.

Straks etter at Frogn vannverk nå hadde to effektivt virkende filtere i drift meldte det seg nye problemer. Nå hadde sandfilterne en meget rask trykktapsoppbygging og tilbakespylte allerede etter 2,5 timer. Dette medførte at det såvidt var nok spylevann til begge filterne.

Frykten for å gå tom for spylevann var meget stor. Gradvis ble trykktaps oppbygging noe lavere og det gikk ca. 5 timer mellom hver tilbakevask.

Disse nyeste erfaringene med senket anleggskapasitet var ventet og Vråle kalte inn til krisemøte på NIVA 24. september hvor problemene ble gjennomgått.

Følgende stikkord fra møte kan oppsummeres:

- Nytt filter på plass.
- Meget rask trykktapsoppbygging.
- Oppsal mener at finstoff som nå gradvis vaskes ut er årsaken til den meget raske trykktapsoppbyggingen.
- Alle er imidlertid enige om at raskere trykktapsoppbygging er en naturlig følge av at filterne nå er riktig installert og at de virker mer effektivt.
- Problemet er at renseanleggets kapasitet er senket vesentlig og at frykten for å gå frem for spylevann er tilstede.
- Det er et klart behov for å gjennomføre tiltak som øker anleggets produksjonskapasitet.
- Følgende tiltak er aktuelle:
  - \* Optimalisere tilbakespylingen
  - \* Tilbake-spyle med råvann
  - \* Tilsette polyelektrolytter (Magnafloc LT 20).
- Det var enighet om at tilsetning av polyelektrolytter er helt avgjørende for å øke rensegraden. Fordelene med bruk av polyelektrolytter kan nå imidlertid være noe begrenset, fordi anleggets trykktapsoppbygging nå er rask. Dessuten tåler ikke anlegget et trykktap over  $1 \text{ kg/cm}^2$ .

- Vråle påpekte at det var et hovedproblem at to filtere stod i parallell drift med en felles pumpe. Små forskjeller i tilbakesvaskingen i de to filterne fører til skjev belastning. Det kan være kritisk for filterets drift.
- Det ble diskutert om en egen overvåking av hvert av filterne ville være ønskelig. Dette kan enkelt gjøres med eksisterende turbiditetsmålere og vekselvis pumping fra hver av filterne for eksempel hvert 15 minutt.
- Styringen av anlegget ble også diskutert. Idag styres anlegget proporsjonalt med vannføringen. Denne vannføringen varierer maksimalt 5 %. det hevdes fra Frogn kommune at frekvensstyringen i perioder virker feil og gir gal dosering. Det er derfor ønskelig å kutte ut den kompliserte styringen å kjøre etter forriglingsprinsippet altså uavhengig av vannføringen og dermed eventuelt kutte ut de systemer som skaper feilene. Vråle var litt betenkt til dette og ville helst finne feilen, men ga seg da både leverandøren og Frogn kommune var enige og da det bare var snakk om en enkel omkobling for å prøve.
- Mangelen på automatiske stengeventiler inn til hvert filter som ble satt ut av drift i mars ble også drøftet. Siden dette er med på å redusere virkningen av tilbakespylingen var det full enighet om å løse dette hurtigst mulig.

Vråle har tidligere tatt opp spørsmålet om å bruke tilbakeslagsventiler istedet for de trykkluftstyrte ventilene som det stadig er problemer med. Leverandører og Ødegaard mente imidlertid at trykkluftstyrte ventiler burde brukes

- Møte avdekket også uenighet om hva som var galt ved de trykkluftstyrte ventilene. Opsahl og Ødegaard dro sammen ned til Nordic Valves A/S for å avklare dette.

Den 7. oktober startet AG med videre utbedringer i lys av diskusjonene fra ovenforstående møte. Følgende punkter gjennomføres:

1. Ombygging til polyelektrolytt dosering (magnafloc).
2. Flytting av pH-elektroder for prosessvann og rentvann inn på laboratoriet og installasjon av elektroder som virker mer enn "en uke".
3. Overgang fra tyristorstyring av kjemikaliepumper til direkte styring. Det foreligger mistanker om feil ved tyristorstyringen som gir feil kjemikaliedoseringen. Vannføringen fra pumpene variere mindre enn 5 % slik at hensikten med tyristorstyringen idag er minimal.
4. Automatisk lukking av innløpsventilene til hvert filter istandsettes. Mangler deler fra Nordic Valves A/S. Har stått ute av funksjon siden mars.
5. Installasjon av vannmåler på tilførselsledningen til en av filterne og to håndmanøvrerte ventiler for å utjevne eventuelle skjev belastninger.
6. Optimalisering av tilbakespylingen. Det gjelder både å kutte ut unødvendige pauser og operasjoner i programmet for å øke anleggets hydrauliske kapasitet, og å trimme spylevannshastigheten slik at antrasitt og sand ikke blander seg.



## 5. VIDERE ARBEID

All erfaring med Frogn vannverk til nå har vist at det har sviktet på en rekke felt. Selv om mange mindre detaljer nå er rettet på og hovedfeilen med bærelaget i sandfilterne er funnet og utbedret, viser de seneste renseresultatene at noen vesentlig forbedring fortsatt ikke har funnet sted.

NIVAs mobillab som blant annet kan måle kontinuerlig utslipp av restaluminium har vært i drift ved Frogn vannverk siden 15.10.85 og skal stå frem til 22.10.85. Resultatene fra denne viser stadig store restutslipp av aluminium, men kjemikalie doseringen ble hurtig korrigert av Johannessen ved Frogn Brannvesen etter at systemet var på plass. Det virket som om trimmingen av kjemikaliemengden ikke var helt ajour. Vannets farge og turbiditet bedret seg vesentlig.

Imidlertid er følgende fire forhold ennå ikke ordnet:

1. Effektive pH-elektroder som virker over lengre tid er ennå ikke installert. Disse vil lette den daglige kjemikaliedoseringen.
2. Omkobling fra den mer kompliserte frekvensstyringer til fast styring av kjemikaliepumpen og justering av dataprogrammet vil redusere feildoseringen.
3. Istandsettelse av trykkluftstyrte innløpsventiler til hvert filter. Har vært ute av drift siden mars og hindrer effektiv tilbakespyling. Dessuten oppstår det stadig feil på alle de trykkluftstyrte ventilene i anlegget.
4. Oppstartning av hjelpekoagulantdosering. Dette arbeidet skulle vært forberedt for lenge siden. Det er nå klart for oppstartning, men det er pr. idag ikke gjort.

Alle disse fire punktene må gjennomføres før det er håp om bedre driftsresultater. Det arbeides med dette disse dager, men NIVAs mobil lab må flyttes før alle punktene er utbedret.

Hvor bra resultatet kan bli etter at disse punktene er utført er fortsatt noe usikkert.

Nedenfor redegjøres for hvilke punkter som uansett bør forbedres hvis Frogn vannverk skal bli et permanent og driftssikkert renseanlegg.

1. Allerede i utgangspunktet er det tvil om prosessen ved Frogn vannverk direktefiltrering, er i stand til å redusere fargen fra 100 - 110 mg Pt/l til akseptable grenser i et trinn. Mange hevder at det ikke er mulig å klare dette med direktefiltrering. Driftssyklusene mellom hver tilbakevask vil bli for korte slik at vannrensekapasiteten blir forliten. Den siste tiden med effektive filtere har da også vist at dette har blitt et problem etter at filterne ble istandsatt. Frykten for å gå tom for spylevann er overhengende siden spylevannet idag hentes fra det lille høydebassenget på Heer (600 m<sup>3</sup>).

Tiden mellom tilbakevask kan økes ved å sette inn et trinn som fjerner slam før det legger seg på filteret. Dette krever en meget stor ombygging.

En annen måte å øke filterkapasiteten på er å gå over fra tilbakespyling med rentvann til å tilbakespyle med råvann. Råvann er det hele tiden nok av og frykten for å gå tom er da redusert. pH-verdien i råvannet er dessuten relativt lik prosess pH-verdien noe som er en stor fordel. Kapasiteten øker fordi man slipper å benytte allerede rensert vann. Det kan muligens vise seg vanskelig å tilbakespyle med råvann fra dagens pumpesystem og det er mulig at det må bygges et eget spylevannsmagasin ved renseanlegget med egne spylepumper.

Det største problemet idag kan vise seg å være at filterne blir skjevt belastet. De to filterne som står i parallell har bare en tilførselsledning og pumpe. Små forskjeller i tilbakevaskingen kan gi forskjellig motstand og dermed skjev belastning. Større filtreringshastigheter i en av filterne vil straks gi dårligere rensresultater. Det er i første rekke bestilt en egen vannmåler

og to håndmanøvrerte ventiler for å få kontroll med tilførselen til hver av filterne. Det kan vise seg at ombyggingen med en pumpe til hvert filter er nødvendig for å få konstante filtreringshastigheter i hvert filter uavhengig av tilbakevaskingen. En slik ombygging kan la seg kombinere med et nytt råvannsmagasin ved renseanlegget også med tanke på tilbakespyling med råvann.

### Overgang fra aluminiumsulfat til kalk- og magnesiumfelling

Restaluminiumsproblemet ved Frogn vannverk skyldes først og fremst at aluminiumsulfat benyttes som fellingsmiddel for å fjerne humus. Restaluminium blir høy både fordi man bommer på optimale kjemikaliedoseringer, fordi prosessen selv ved optimale forhold gir noe for høyt løst aluminiumrest og fordi aluminiumslammet som felles ut, klarer å passere filteret.

Idag benyttes lut (NaOH) både for å justere prosess pH-verdien og for å tilfredsstille SIFFs pH-krav på utløpet.

Dosering av kalk for å heve pH er langt mer ønskelig enn lut. Dessuten kan det være ønskelig å gå over til karbonatisering av drikkevannet med  $\text{CO}_2$  + kalkdosering for å hindre at Frogn's ledningsnett gradvis går i oppløsning. Denne prosessen er sterkt å anbefale uansett hva slags renseprosess man benytter, og stadig flere anlegg i Norge vurderer nå å benytte  $\text{CO}_2$  + kalkdosering for å gi rørene korrosjonsbeskyttelse når det benyttes bløtt overflatevann.

Ved enkelte anlegg har man kjørt kalkbehandlet humusholdig vann inn på filterne og oppnådd god humusfjerning. Imidlertid har man ved enkle forsøk ved NIVA påvist meget god fjerning av humus ved kalk- og magnesiumdosering. Det er dessuten gjennomført to forsøk i NIVAs rørflokkuleringsanlegg ved Frogn hvor kalk og magnesium har vist seg at man får humusfjerning.

Hovedproblemet med Frogn vannverk synes å være det høye restaluminiumsinnholdet i vannet. Overgang fra aluminiumsulfat til en prosess med humusfjerning med kalk og eventuelt magnesium vil umiddelbart fjerne

restaluminiumsproblemet. Samtidig vil man kombinere humusfjerning og effektiv alkalisering av vannet som både stanser kalsiumutlekkningen fra veggene i asbestsementrørene og fra korrosjonsbeskyttelsen på nye vannledningsrør. Dette øker asbestsementrørenes levetid og hindrer at sementforingen i nyere vannledningsrør blir borte slik at rørene begynner å ruste.

Forskjellene i kjemikaliedoseringen i prosessen er følgende:

Eksisterende prosess kjemikaliedosering	Ny prosess kjemikaliedosering
1. Aluminiumsulfat 2. Lutdosering 3. Magnaflocdosering SANDFILTER 4. Natriumhypokloritt 5. Lutdosering.	1. Kalkdosering 2. Evt. magnesiumdosering SANDFILTER 3 Natriumhypokloritt 4. CO <sub>2</sub> -dosering

Det kreves ingen nye enhetsprosesser. Magnesiumkloriden doseres på samme måte som aluminium og oppbevares i samme tank. Det kreves imidlertid at det bygges en kalksilo og oppløser et CO<sub>2</sub>-doseringsapparat.

Fordelen ved denne prosessen er først og fremst at det er færre fellingkjemikalier å dosere og at man får korrosjonsbeskyttelse av vannledningsnettet i tillegg og at man blir kvitt restaluminiumproblemet. Ulempen er at humusfjerning med kalk og magnesium er en relativt lite utprøvde prosess.

Ved en slik ombygging vil man allikevel ikke gjøre noe galt fordi man fortsatt kan benytte aluminiumsulfat for humusfjerning og kalk istedet for lut til pH justering. I tillegg får man karbonatisering av vannet. Mange mener at det er vesentlig riktigere å benytte kalk (Ca) i stedet for lut (Na) både utfra helsemessige grunner og spesielt ut fra korrosjonstekniske forhold.

Bedring av driftsforholdene ved anlegget

Det er viktig hurtigst mulig å bedre den daglige driftsoppfølgingen ved anlegget utover det å etterfylle kjemikalier. Det kan gjøres ved å la underbrannmester Johannessen få hovedansvaret for driften ved anlegget. Detaljene bak dette kan drøftes videre.

## 6. REFERANSER

- (1) Berglind, L.: "Undersøkelse av vannkvaliteten ved Frogn vannverk" 21. januar - 4. juli 1985. NIVA-rapport 0-85301. 20. juni 1985.
- (2) Vråle, L.: "Prosesstekniske undersøkelser av renseprosessen ved Frogn vannverk og forslag til løsninger". NIVA-notat 0-85211 datert 18. februar 1985.
- (3) Vråle, L.: "Handlingsplan for optimalisering av Frogn vannverk". NIVA-notat 0-85211, datert 12. juni 1985.
- (4) AWWA Committee Report: Organics removal by coagulation: A review and research needs. Journal of American Water Works Association (AWWA). Oct. 1979.

VRA/GUM  
24.10.85  
JN:r/85211  
ID:VRA3

V E D L E G G 1

PROSESSTEKNISKE UNDERSØKELSER AV RENSEPROSESSEN VED  
FROGN VANNVERK OG FORSLAG TIL LØSNINGER

NOTAT

0-85211

PROSESSTEKNISKE UNDERSØKELSER AV RENSEPROSESSEN VED  
FROGN VANNVERK OG FORSLAG TIL LØSNINGER

Oslo, 18. februar 1985

Lasse Vråle



INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	3
2. INSTALLASJON AV KONTINUERLIG REGISTRERENDE INSTRUMENTER FOR Å AVSLØRE PROSESSTEKNISKE PROBLEMER OG FORLØPENDE MALING AV VANNKVALITET	4
3. RESULTATVURDERINGER, FEILPÅVISNINGER OG OPTIMALISERENDE TILTAK	5
3.1. Manglende muligheter for feilpåvisning	5
3.1.1. Etablering av prøvetakingssteder	5
3.1.2. Registrering av drikkevannsproduksjon og spyle- vannsmengde pr. døgn	6
3.1.3. Etablere kontrollmuligheter for kjemikaliedosering	6
3.1.4. Kontroll og flytting av anleggets permanente "online" pH-målere	7
3.2. Erfaringer fra overvåkingen av renseprosessen	7
3.2.1. Ustabile pH-verdier i prosessvannet før filter	8
3.2.2. Innstilling av optimal aluminiumdosering	10
3.2.3. Undersøkelse av driftstiden før filtergjennombrudd	11
3.2.4. Forlengelse av den sammenhengende driftstiden	12
3.3. Andre tiltak ut fra observasjoner	13
3.3.1. Tilberedning av kjemikalier	13
3.3.2. Etablere et sentralt målepunkt på nettet for automatisk overvåking av lekkasjevannmengdene	13
VEDLEGG	14

## 1. INNLEDNING

Dette notatet beskriver resultatene av en tilleggsundersøkelse ved Frogn Vannverk i tilknytning til NIVA's undersøkelser av vannkvaliteten ved Frogn Vannverk i tidsrommet 21.1.-12.2.85. Den første undersøkelsen ble bestilt av leverandøren av renseanlegget og hadde en økonomisk ramme på kr 25.000. Den er rapportert av Lasse Berglind i NIVA-notat 85301 datert 13.2.85

Hensikten med den første undersøkelsen var å klarlegge doseringsforhold og rensresultat fra laboratorieundersøkelser og foreta enkle prøvetakinger og vurderinger av anlegget. Undertegnede Lasse Vråle var med i dette prosjektet for å se nærmere på den prosessstekniske siden av anlegget.

Befaringen av anlegget 21.5.84 viste at problemene ved Frogn Vannverk ikke bare er knyttet til optimalisering av fellingskjemikaliene, men at tekniske problemere ved driften av prosessen også er tilstede. Undertegnede tok derfor kontakt med kommuneingeniøren i Frogn dagen etter for å få anledning til å installere måleinstrumenter som kunne avsløre prosessstekniske problemer.

Kommunen stilte seg positiv til dette og garanterte en økonomisk ramme for kr 25.000 for dette. Undertegnede er ansvarlig for denne delen av arbeidet, mens Lasse Berglind er ansvarlig for de bestilte laboratorieundersøkelsene fra Alfsen og Gundersen.

På bakgrunn av det store tidspresset som er i saken har NIVA's to saksbehandlere foreløpig utarbeidet hvert sitt notat om resultatene fra de to undersøkelsene.

Meningen er at de to notatene skal legges frem for leverandøren og kommunen og at man i fellesskap skal komme frem til de nødvendige tiltak.

2. INSTALLASJON AV KONTINUERLIG REGISTRERENDE INSTRUMENTER FOR Å AVSLØRE PROSESSTEKNISKE PROBLEMER OG FORTLØPENDE MÅLING AV VANNKVALITET

Det vises til Berglinds notat datert 13.2.85.: "Undersøkelse av vannkvaliteten ved Frogn Vannverk i tidsrommet 21.1.-12.2.85.

NIVA installerte den 30.1.85 følgende 4 feltinstrumenter på strategiske plasser i anlegget:

1. Hach turbiditetsmåler med kontinuerlig registrering på utløpsvannet til forbruker.
2. Tre pH-målere for kontinuerlig registrering av pH på følgende steder:
  - a) på råvannssiden men etter lutdosering
  - b) på prosessvannssiden etter aluminiumdosering både før og etter filter
  - c) på rentvannssiden etter hypoklorittdosering men før lutdosering.

Alle 4 signalene ble overført til en 6 punktsskriver for visuell avlesning av resultatene på anlegget.

I tillegg ble vannmålersignalet for levert vannmengde fra anlegget og trykktapsmålingene i det ene filteret også overført til den samme skriveren slik at vi har en meget god oversikt over hva som til enhver tid skjer i renseanlegget.

Signalene ble også overført til en logger i tilfelle det skulle bli aktuelt med videre databearbeiding.

Selve resultatene fra utskriftene er ikke tatt med i dette notatet. Jeg har begrenset meg til å trekke fram sider ved prosessen som krever nærmere omtale. Vurderingene er gjort på grunnlag av dataregistrering fra perioden 30.1. til 9.2.85.

### 3. RESULTATVURDERINGER, FEILPAVISNINGER OG OPTIMALISERENDE TILTAK

#### 3.1. Manglende muligheter for feilpåvisninger

Generelt kan det sies at det mangler en del utstyr og installasjoner som gjør det vanskelig å identifisere feil og problemer ved renseanlegget. Periodevis dårlig vannkvalitet vil først bli oppdaget hos forbrukerne og av Follo kjøtt og næringsmiddelkontroll som har rutinemessig prøvetaking av drikkevannet ute på distribusjonsnettet.

Dette faktum skaper usikkerhet blant driftsoperatørene og hindrer mulighetene for rask utbedring og justering av kjemikaliedoseringen ved anlegget. Det gjør ikke saken enklere at driftsoperatøransvaret deles av hele 7 ansatte i brannvesenet. Følgende forhold bør ivaretas:

##### 3.1.1. Etablering av prøvetakingssteder

Det er ikke avsatt stusser med kraner slik at det enkelt kan tas prøver på strategiske punkter mellom enhetsprosesser og kjemikalieinnblandingspunkter. Dette bør gjøres på følgende punkter:

1. På råvannet
2. Etter lutdosering ved innløp
3. Etter aluminiumdosering før filter
4. Etter filter før hypoklorittdosering
5. Etter hypoklorittdosering men før lutdosering
6. Etter lutdosering på rentvannssiden.

Noen av disse punktene kan muligens kombineres med eksisterende uttak, men det bør sørges for god innblanding.

Manglende muligheter for prøvetaking etter enhetsprosesser og dosering av de tre kjemikalierne, aluminiumsulfat, lut og hypokloritt hindrer på stedet kontroll.

Ved alle kloakkrensaneanlegg over en viss størrelse finnes det automatiske prøvetakere for kontinuerlig driftskontroll. Dette er ikke i samme grad gjennomført ved vannverk viktigere. Automatisk prøvetaking av drikkevann er dessuten vesentlig enklere ved vannverk. En fast prøvetakingsrutine av rensset vann bør vurderes.

### 3.1.2. Registrering av drikkevannsproduksjon og spylevannsmengde pr. døgn

Det er helt sentralt at anlegget utstyres med et telleverk slik at den daglige drikkevannsproduksjon kan registreres av driftsoperatørene. Anlegget er utstyrt med en førsteklasses vannmengdemåler, men ikke telleverk. Denne elektromagnetiske vannmengdemåleren måler både forlengs og baklengs; Vannproduksjonen forlengs og spylevannsmengden baklengs. Begge deler er av helt avgjørende betydning for å vurdere prosessens funksjon, økonomi og spesifikke kjemikalieforbruk over lengre perioder. Dessuten vil spylevannsforbruket i forhold til levert vannmengde, være en viktig faktor når filtreringstiden skal vurderes.

Det bør derfor foretas følgende installasjon: "Telleverk med integratør for både vannproduksjon og spylevannsmengden."

Dette er en relativt rimelig installasjon, men fordi anlegget ikke har fast driftsoperatør anbefales installasjon av en telletrykker. Den skriver automatisk ut vannføringen digetalt på forhåndsbestemte tidspunkt. NIVA har meget god erfaring med disse.

### 3.1.3. Etablere kontrollmuligheter for kjemikaliedosering

Det finnes idag ingen gode og enkle metoder for å kontrollere hvilke kjemikaliemengder som tilsettes råvannet ved de enkelte rensetrinn. Dette løses ved å installere gjennomsiktige graderte målesylindre hvor kjemikalieoppløsningen kan tas inn ved åpning av kraner. Kjemikalieforbruket i øyeblikket kan derved kontrolleres ved å sammenligne antall ml/min. eller ml/sek. (volum og stoppeklokke benyttes) som doseres i forhold til vannmålerens vannmengde i samme tidsrom.

Riktig dosering av kjemikalier spesielt før filteret er helt sentralt for at prosessen skal ha muligheter til å virke etter sin hensikt.

#### 3.1.4. Kontroll og flytting av anleggets permanente "online" pH-målere

Det er installert 2 "online" pH-målere. De har digital avlesning på tavla i kontrollrommet. Elektrodene er plassert etter lutdosering på innløp og før lutdosering på utløp. Sannsynligvis har tanken vært at pH-elektrodene skulle være med å overstyre kjemikaliedoseringen. Slik har det ikke blitt og NIVA er enig i denne beslutningen. Kjemikaliebehovet vil normalt endre seg relativt tregt. pH-elektrodene krever hyppig kontroll og må skiftes jevnlig for å vise riktig. Feil måling vil føre til feildosering.

Derimot vil visuell overvåking av pH-verdien være en nyttig informasjon for driftsoperatøren for å vite om kjemikaliedoseringen er riktig. pH-målingen bør derfor opprettholdes, men målepunktene bør flyttes til følgende viktige punkter:

1. Etter innblanding av aluminiumsulfat rett før filter. pH-verdien skal her ligge mellom 5,5 til 6,1. Fintrimming krever mer erfaring med prosessen.
2. Etter lutdosering på utløpet (rentvannet) når luten er homogent innblandet. pH-verdien skal her være over 8,5 men ikke alt for høyt over.

Kontroll av pH-elektroden viste at de pH-verdiene som måles idag og som daglig inntas i driftsprotokollen er helt misvisende på grunn av gamle og ikke rengjorte elektroder. Den ene av anleggets pH-målere viste opptil 3 pH-enheter feil!

#### 3.2. Erfaringer fra overvåkingen av renseprosessen

Hovedproblemer ved renseprosessen synes i utgangspunktet å bestå av følgende elementer:

1. Ikke optimalisert kjemisk felling eller koagulering.
2. Mer eller mindre konstant gjennombrudd av aluminiumsslam i filterene.

3. Prosesstekniske forhold som gir dårligere fellingsbetingelser.
4. Mekaniske feil som kan oppstå ved anlegget.

Det er ikke sikkert at alle disse forholdene er til stede og det var viktig å finne ut hva som er hovedårsaken til den dårlige vannkvaliteten.

Aluminiumsulfat tilsettes råvannet for å fjerne humustoffer som gir vannet en brunaktig farge, og for å fjerne partikler som kan skape turbiditet. Fjerning av større og mindre partikler i råvannet vil normalt også medføre at innholdet av organisk stoff, bakterier, og enkelte metaller felles ut og bedrer vannkvaliteten. Hvis aluminiumen ikke tilsettes i riktige mengder og ved riktig pH-verdi vil felling og koagulering finne sted i mindre grad. Den tilsatte aluminiumsmengden vil da i større grad passere filteret uhindret sammen med stoffer i råvannet. Det andre problemet er at selv om prosessen går optimalt og utfellingen virker bra må slammet som er svært aluminiumsholdig holdes tilbake i filteret. Gjennombrudd vil føre til at utfelte stoffer inklusiv aluminium vil føres ut på forsyningsnettet.

#### 3.2.1. Ustabile pH-verdier i prosessvannet før filter

pH-målingene i prosessvannet etter lutdosering før filter og etter filter viser store pH-svingninger. Spesielt under filtervask når trykket synker lekker lut inn på innløpssiden og øker pH i vannet før filteret. Dette fører til at pH-verdien etter al-dosering bli for høy. Det ble derfor installert en mottrykksventil av AG. Men behovet for lutdosering på innløpet kan diskuteres. Denne lutdoseringen ble stengt 6.2. og pH-verdien i prosessen stabiliserte seg på 5,7 som synes å være i nærheten av et optimalt område. Ved å kutte ut luten på innløpet er mulighetene for feildosering redusert. Kombinasjonen Na(OH) og aluminiumdosering har dessuten vist seg å være uheldig i noen tilfeller. Hvis aluminiumdoseringen senere må økes kan det vise seg nødvendig å dosere et alkaliseringsmiddel. Da anbefales bruk av soda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  istedet for NaOH, hvis det praktisk og økonomisk lar seg gjennomføre.

Det viser seg også at lutdoseringen på utløpet forstyrrer pH-verdien i begynnelsen av fellingsprosessen etter filtervask. Dette skyldes at NaOH doseringen er noe høy som gir høy pH. Ved tilbakespyling trekkes vann med høy pH inn og foran filteret. Dette vannet resulterer i for høy pH i prosessen som gir dårlig rensing den første tiden.

pH-målingene på innløpet tyder dessuten på at det kan være en lekkasje på innløpet fordi det ser ut som om vannsøylen trekker seg noe tilbake.

Første betingelse for at prosessen skal gå bra er at kjemikaliene doseres riktig til enhver tid, og at pH-verdien i prosessteget holder seg stabil.

Følgende alternative løsninger kan tenkes:

1. Mottrykksventil monteres på lutdoseringspumpeledning (er allerede utført av AG).
2. Kontroll av styringssignaler for kjemikaliepumper (styres idag av vannmengdemåler for rentvann). Retter feil hvis det finnes.
3. Senke lutdosering på utløpssiden slik at konsekvensene av tilbakespyling med vann med høy pH reduseres.
4. Vurdere tilbakespyling med råvann istedet for rensset vann.

Det siste punktet er relativt drastisk og krever nærmere vurderinger. Hvis man kan unngå å bruke rentvannet til tilbakespyling løses imidlertid også andre viktige problemer og gir noen fordeler:

1. Mindre pumpeenergiforbruk fordi spylevannet ikke løftes lenger enn til rensanlegget. Nå løftes det helt opp til det lille høydebassenget på Heer (600 m<sup>3</sup>).
2. Unngår store hastigheter i rentvannsledningen i motsatt retning som kan medføre at slam rives løs fra veggene.



3. Får større oppfyllingsvolum i høydebassenget på Heer tilgjengelig slik at renseanlegget får lengre driftsperioder mens det går. Stadig stopp og kjøring virker uheldig på prosessen. Idag er det ni driftsstarter mellom hver filtervask!
4. Unngår at lutdosering på utløpet trekkes inn i filteret.
5. Unngår styring av spylevannsmengde med motorstyrt ventil.

Et annet viktig poeng er at en annen årsak til for høy pH i startfasen i prosessen er at aluminiumsulfatdoseringen ikke kommer igang før det går vann i vannmåleren ut av renseanlegget (styres av vannmåleren). Lengre perioder med kjøring av rensset vann til avløp som foreslått av AG vil derfor ikke løse dette problemet.

Det kan være riktig å dosere aluminiumsulfat til vannet i siste del av tilbakespyling med råvann slik at prosessen straks kommer igang.

### 3.2.2. Innstilling av optimal aluminiumsdosering

Den eksakte doseringsmengden idag er vanskelig å ha full oversikt over på grunn av manglende kontrollinstallasjoner. Den synes nå å være ca. 30 mg aluminiumsulfat pr. liter, men jartest-undersøkelsene indikerte ca. 50 mg/l som optimaldose. Mange har imidlertid rapportert om dårlig sammenheng mellom disse enhetene og det sies at det ofte bare benyttes 50 % av den optimale jartest-dosen, når vannet direkt-filtreres.

Fullskala optimalisering av kjemikaliedoseringen er mulig så lenge NIVA's "online" turbiditetsmåler er i drift.

Lasse Berglind gjorde et forsøk på å justere doseringen til det jartesten viste. Først ble al-doseringen økt (8.2. kl. 1500) og pH-verdien sank til 5,35. Turbiditeten økte straks som indikerte dårligere vannkvalitet. Riktig ille ble det da lutdoseringen på innløpet også ble startet. Anlegget ble stilt tilbake. Forsøk på å senke doseringen bør også utprøves.

### 3.2.3. Undersøkelse av driftstiden før filtergjennombrudd

Alle turbiditetsmålingene viser at det konsekvent oppstår filtergjennombrudd tidlig i filtreringsfasen. Til å begynne med etter filtervask er turbiditeten i rensset vann dårlig, inntil prosessen kommer igang. Deretter stabiliserer den seg på et lavt og tilsynelatende akseptabelt nivå. Deretter blir turbiditeten gradvis dårligere igjen.

Først ble filtermassens tilstedeværelse kontrollert ved at filterne ble åpnet. Kontrollen viste at mesteparten var på plass men at det manglet 34 cm filtermasse i det ene og 18 cm i det andre. Dette kan alene ikke være forklaringen på de raske gjennombruddene.

Kontroll av litteraturdata viser at slik forholdene er ved Frogn vannverk kan vi ikke vente så mye mer. Det vises her til vedlegg 1.

Det enkleste og viktigste som kan gjøres for en umiddelbar bedring av vannkvaliteten ved Frogn Vannverk er derfor:

"Driftstiden mellom hver filtervask må reduseres fra ca. 16 timer til ca. 4,3 timer for å unngå filtergjennombrudd. Det betyr at filtertrykket ved tilbakespyling må senkes fra 50 cm v.s. som det er idag til 20 cm v.s. som er det trykket da filteret begynner å gi dominerende slamgjennombrudd".

1. Hovedproblemet er at aluminiumdoseringen danner svake slamfnokker som lett fører til gjennombrudd.
2. En medvirkende årsak til tidlig gjennombrudd er at vedlegg 1 viser at filtreringshastigheten for vanlig aluminiumsfelling på direkte filter er i høyeste lag, nemlig 14 m/h. Den var opprinnelig lavere, men ble økt da pumpekapasiteten ved Oppegårdstjernet ble økt sist sommer.
3. En tredje årsak kan være at filtersanden inneholder utfellingsprodukter blant annet fra mangan og jern som ikke fjernes ved tilbakevask.

4. Flokkuleringstrinnet før filteret er for dårlig. Spesielt bør flokkuleringsforholdene undersøkes nærmere. Så vidt vi kan bedømme finnes det nesten ikke flokkulering i det hele tatt! Dette bør undersøkes nærmere. NIVA har et prosjekt med rørflokkulering i oppstartingsfasen som kan vise seg å være av nytte for Frogn.

En løsning av hver av disse punktene kan vise seg å bedre vannkvaliteten vesentlig, men det er vanskelig på nåværende tidspunkt å si hvilket av disse punktene som betyr mest for å forlenge driftstiden mellom filtervask uten at filtergjennombrudd oppstår. Det er viktig for å øke kapasiteten ved renseanlegget ved at driftstiden mellom filtervask blir så lang som mulig eller at flatebelastningen økes.

Ad.1 Krever utprøving med andre fellingskjemikalier. Jern har vist seg uegnet men andre kan tenkes. En mulighet er å tilsette hjelpekoagulant f.eks. Magnafloc LT20, Algenat etc. Erfaringer fra andre steder har vist at filterhastigheter da kan økes helt opp til 30 m/h med vesentlig økning i kapasitet.

Ad.2 Senkning av filterbelastningen. Krever senkning i pumpekapasiteten. Dette kan forlenge driftstiden før filterbelastning, men senker samtidig kapasiteten. Bør vente litt med dette.

Ad.3 Krever i første omgang regenerering av filteret. Fremgangsmetoden er vist i Berglinds notat. Filtermassen som savnes bør dessuten erstattes.

Ad.4 Krever ombygging av innløpsrørene. Bør anvente nærmere undersøkelser for å se hvor kritisk dette er.

#### 3.2.4. Forlengelse av den sammenhengende driftstiden

Målingene viser at anlegget har 8 perioder mellom hver filtervask. Disse start og stopp-forholdene har en negativ innvirkning på vannkvaliteten. Sammenhengende drift vil kreve et annet styringsopplegg fra høydebassenget. Det bør undersøkes om anlegget kan kjøres slik at driften blir mer sammenhengende.

### 3.3. Andre tiltak ut fra observasjoner

#### 3.3.1. Tilberedning av kjemikalier

Anlegget krever daglig ettersyn og driftsinngrep blant annet for å fylle på aluminiumsulfat fra sekker og blande opp med vann. Når en hel sekk aluminiumsulfat helles opp i en tank på kort tid vil mye bli oppløst i lang tid. Dette kan gi variable konsentrasjoner i oppløsningen med tilsvarende variable resultater i prosessen.

Det foreslås derfor at man går over til å dosere flytende aluminiumsulfat som fås kjøpt. Derved spares hele arbeidstrinnet med sekkepåfylling, usikkerhet ved oppløsning fjernes og det bør benyttes tanker som er store nok slik at lageret rekker for mer enn en dag. Driftsoperatørene kan derved i større grad bruke tiden til å kontrollere prosessen fremfor bare å blande kjemikalier.

#### 3.3.2. Etablere et sentralt målepunkt på nettet for automatisk overvåking av lekkasjevannmengdene

Frogn Vannverk kan få problemer når vannforbruket øker til sommeren. Det er derfor viktig at det etableres en vannmålerstasjon med automatisk registrering av lekkasjevannmengdene slik at tiltak kan settes inn i tide. NIVA har god erfaring med slike systemer og kan gi eksempler både på hvordan lekkasjeomfanget kan overvåkes på en enkel måte og hvordan vannforbruket til hagevanning etc. enkelt kan øremerkes.

Flere av de tiltakene som er foreslått i denne rapporten kan føre til redusert kapasitet i vannproduksjonen ved anlegget og det er derfor viktig å hindre unødig vannforbruk ute på nettet for å slippe å "råkjøre" anlegget.

## VEDLEGG 1

### Tekniske beregninger for Frogn Vannverk

#### 1. Vannføringsfilterbelastning fra kontinuerlige målinger på spesialutstyr installert av NIVA perioden 30.1. til 9.2.85

Filter areal: Totalt areal pr. filter	: 7 m <sup>2</sup>
Tot. areal for begge filtrene	: 14 m <sup>2</sup>
Dimensjonerende timeleveranse for begge filtrene	: 212 m <sup>3</sup> /h
Dimensjonerende driftstid pr. døgn	: 20 timer
Dimensjonerende døgnproduksjon ved maks. belastning av filtrene	: 4230 m <sup>3</sup> /d
Målte vannføringer mens filteret er igang, ved filterstart etter tilbakespyling 94 % av skalaen tilsvarende 215 m <sup>3</sup> /h	: 202 m <sup>3</sup> /h
Vannføring når filtreringen avbrytes ved maks trykktap for tilbakespyling 90 % å 215	: 194 m <sup>3</sup> /h
Gjennomsnittlig vannføring	: 198 m <sup>3</sup> /h
Vannmengden synker jevnt mellom disse grensene i forhold til at trykktapet bygges opp.	
Filtreringshastighet (begge filtrene kjøres parallelt)	: <u>14 m/h</u>

#### 2. Driftstid mellom hver tilbakevask

Frogn Vannverk har en rekke pauser i løpet av dagen på grunn av lite oppfyllingsvolum mellom minimum og maksimum nivåer.

Gjennomsnittlig har anlegget ca.	: 8 pauser/dag
Gjennomsnittlig er disse pausene på ca.	: 1 h/dag
Tapt driftstid pr. dag er ca.	: 8 t/dag
Tilbakespylingsprosessen tar vanligvis ca.	: 35 min.

Samlet driftstid mellom hver tilbakespyling har vært

fra	: 13,1 t (783 min)
til	: 16,0 t (963 min)
gjennomsn. ca.	: 15 t (900 min)

Trykktapsoppbygning mellom hver tilbakevask før automatisk tilbakespyling starter er meget stabil og har vært

Etter filtervask ved start	: 0,07 kg/cm <sup>2</sup>
eller	: 7 cm væskesøyle
Rett før filtervask ved stoppfilter	: 0,53 kg/cm <sup>2</sup>
eller	: 53 cm væskesøyle

### 3. Vannproduksjon mellom hver filtervask

Vannproduksjon mellom hver filtervask varierer noe avhengig av hvor lang tid det har tatt å bygge opp trykktapet.

På det laveste har den vært $198 \text{ m}^3/\text{h} \times 13,05$	: $2584 \text{ m}^3/\text{syklus}$
På det høyeste har den vært $198 \text{ m}^3/\text{h} \times 16 \text{ h}$	: $3168 \text{ m}^3/\text{syklus}$
Gj.snittlig har den vært ca. $198 \text{ m}^3/\text{h} \times 15 \text{ h}$	: <u><math>\sim 3000 \text{ m}^3/\text{syklus}</math></u>
Ved tilbakevask medgår det med følgende (ikke kontrollert av NIVA)	: $90 \text{ m}^3/\text{syklus}$
% spylevannsforbruk $90/3000 \times 100$	: <u>3 %</u>

KONKLUSJON: Dette er langt fra avskrekkende men forutsetter at spylevannsmengder er viktig.

### 4. Driftstid før filtergjennombrudd

Den kontinuerlige målingen av turbiditet gir beskjed om når slamfnokkene bryter igjennom filteret. Grensen er satt til 0,3 NTU (SIFF). Filteret har ikke mye og gå på da turbiditeten på sitt beste er ca. 0,2 NTU. Det er lett å se at filtratvannskvaliteten etter kort tid begynner å forverre seg.

Ut fra fire filtersykluser er filtergjennombrudd registrert ved følgende trykktap og driftstid etter oppstartning.

Filter syklus	Dato kl. for start	Filtertrykk ved gj.brudd cm v.s.	Driftstid frem til gjennombrudd
1	30.1. kl. 2100	19 cm v.s.	291 min.
2	1.2. kl. 2030	18 cm v.s.	255 min.
3	2.2. kl. 2230	16 cm v.s.	231 min.
4	7.2. kl. 1030	24 cm v.s.	324 min.

Gjennomsnitt av de tre første syklusene:

Trykktap	: 18 cm v.s.
Driftstid	: 260 min
eller	: 4,3 timer

Den siste syklusen er utført med noe trimming i prosessen.

KONKLUSJON: Gjennombrudd skjer etter vesentlig lavere driftstid og trykktap enn det som gjelder idag. Filtervask er idag innstilt på 50 cm v.s. væskesøyle men aluminiumsulfaten gir gjennombrudd allerede ved ca. 20 cm v.s.

## VEDLEGG 2

Sammenligning av resultatene fra Frogn Vannverk med tidligere erfaringer på direkte filtrering med to mediafilter.

Tidligere erfaringer sier blant annet:

- Aluminiumsulfat alene gir svake fnokker og raske gjennombrudd for vanlige filtreringshastigheter, noe som skyldes at de utfelte aluminiumhydroksyd - humus kompleksene har svak struktur. Økende Al-dose medfører raskere gjennombrudd.

Det er utført arbeider av Eikebrokk som viser at trykktapet i et 2media antrasitt sandfilter med aluminiumsulfatfelling alene gir gjennombrudd allerede etter 100 minutters filtrering og trykktap på ca. 40 cm v.s. ved en filterbelastning på 14,7 m/h. Den optimale filtreringshastigheten ved disse betingelsene bør ikke overstige 12 m/h men er 14 m/h ved Frogn Vannverk. Filtringstiden ved Frogn Vannverk er vesentlig lengre, minst 9 ganger så lang som det som Eikebrokk fant i sitt pilotanlegg.

Sammenligninger av optimale doseringer av Al i jartest og ved 2media filtrering viser dårlig sammenheng. Flere rapporterer at optimal dosering i filteret er ofte 50 % av hva jartest resultatene sier. NIVA har funnet ca. 50 mg aluminiumsulfat som optimalt ved anlegget mens ca. 30 mg aluminiumsulfat benyttes ved anlegget.

Råvann med høyere konsentrasjon av farge og turbiditet krever høyere aluminiumsdosering og lavere pH for optimal felling. Bli råvannet for konsentrert kan direktefiltreringsprosessen gi problemer. Grensen er vanskelig å fastslå.

American Water Works Association har konkludert med at farge høyere enn 30-40 mg Pt/l eller en turbiditet større enn 15 NTV kan skape problemer. Disse tall er langt lavere enn hva Culp har angitt. Råvannet ved Frogn varierer mellom 80-110 Pt/l.

Korte sykluser kan forlenges ved å endre selve filtermediet, ved å tilsette polymer eller ved å endre G-verdiene i flokkuleringstrinnet.

Rapporten konkluderer ellers med at det kreves høyere G-verdier og kortere oppholdtider i flokkuleringsreaktoren i forhold til konvensjonell sedimentering/filtrering. Optimal pH ligger i området 5-7, mens vanlige Al-doser er 0-10 mg Al/l.

Polymerdosering vil øke trykktapet, men gir sterkere fnokker slik at det tillates vesentlig høyere filtreringshastigheter.

VRA/LIS

19.2.85

DISK:VRA5



V E D L E G G 1

HANDLINGSPLAN FOR OPTIMALISERING AV FROGN VANNVERK

0-85211

## HANDLINGSPLAN FOR OPTIMALISERING AV FROGN VANNVERK

### 1. INNLEDNING

Frogn Kommune bad i møte 3.6. vedrørende Frogn vannverk, NIVA om å utarbeide en handlingsplan for hva som må gjøres for å bedre vannkvaliteten til forbrukerne ved Frogn vannverk. Planen følger nedenfor. Den inneholder punkter som er viktige for vannkvaliteten slik forbrukerne opplever den.

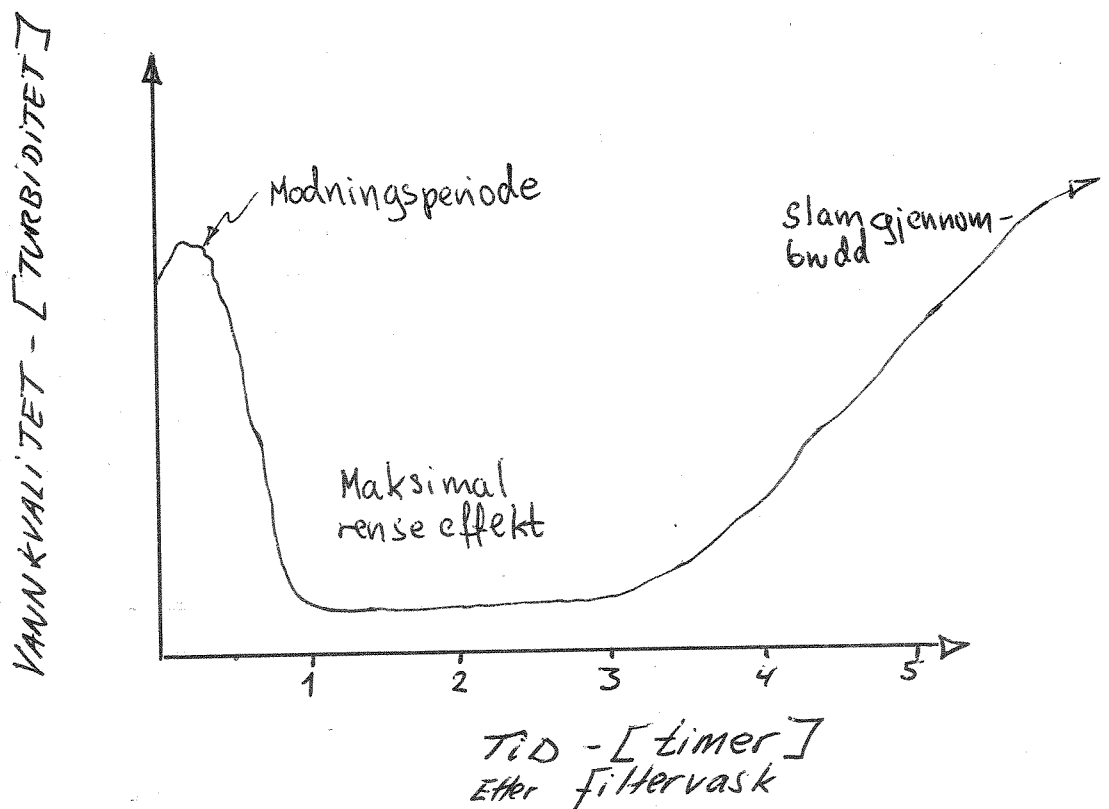
Handlingsplanen er basert på undersøkelser som er utført ved NIVA både på oppdrag fra Alfsen og Gunderson og Frogn kommune. Følgende notater og rapporter ligger til grunn for vurderingene:

1. Notat. Undersøkelse av vannkvaliteten ved Frogn vannverk i tidsrommet 21.1. til 12.2.85. (0-85301). Datert 13.2.85. Lasse Berglind.
2. Notat. Prosesstekniske undersøkelser av renseprosessen ved Frogn vannverk og forslag til tekniske løsninger (0-85211). Datert 18.2.85. Lasse Vråle.
3. Undersøkelser ved Frogn vannverk 29.3.85 (0-85301). Datert 16.4.85. Lasse Berglind.
4. Notat. Prosesstekniske undersøkelser av renseprosessen ved Frogn vannverk og forslag til løsninger (0-85211). Datert 24.5.85. Lasse Vråle.
5. Brev. Undersøkelse av vannkvaliteten ved Frogn vannverk (0-85301). Datert 24.5.85. Lasse Berglind.

## 2. HANDLINGSPLAN

### 2.1. Installasjon av blandprøvetakere for råvann og rensed vann inn og ut av Frogn vannverk

Hensikten er tosidig. Først og fremst er det viktig å oppnå representative gjennomsnittsprøver både av råvann og rensed vann for å se renseseffekten ved rensenanlegget. Spesielt vil vannkvaliteten i det rensede vannet endre seg innenfor korte tidsintervaller slik at det er helt nødvendig å ta blandprøver for å kunne sammenligne renseseffektene. Typiske vannkvalitetsvariasjoner er vist i figur 1.



Figur 1. Typisk vannkvalitetsforløp ut fra direkte filtreringsanlegg slik som ved Frogn vannverk.

Den andre hensikten med dette punktet er å skille renseanleggets virkning på vannkvaliteten fra de forholdene på nettet som innvirker på vannkvaliteten og som i større grad er Frogn kommunes ansvar alene. Kommuneveterinæren bør også analysere på vannprøvene fra inn- og utløpsvann ved renseanlegget. Ved å begrense prøvetakingen til renseanlegget slipper man den ventetiden som går med til å kaste ansvaret frem og tilbake mellom byggherre og leverandør.

Arbeidet med installasjon av prøvetakere består i følgende:

1. Sveise på rørstusser på innløpsledning og utløpsledning. På utløpsledningen bør vannet hentes ca. 20 meter utenfor bygningen for å sikre at alle kjemikaliene er godt innblandet.
2. Montere håndventil, luftstyrt 1" hylseventil og stillbart tidsrelle med både pausetid og arbeidstid (tidligere erfaringer foreligger).
3. Prøvetakingskanner.

NIVA kan påta seg å koordinere arbeidet.

Materialkostnadene vil beløpe seg til anslagsvis kr 2000-3000,-, men sveise og gravearbeid kommer i tillegg. Arbeidskostnadene vil sannsynligvis beløpe seg til ca. kr 3000,-. Antatt total kostnad eks. gravearbeid anslås til kr 6000,-, i og med at dette arbeidet ikke er bestilt eller forsøkt utført er det naturlig at dette betales av Frogn kommune. Arbeidet kan utføres straks det gis klarsignal.

## 2.2. Istandsettelse av anleggets permanente pH-målere

Hensikten med disse pH-målerne er å gi driftsoperatørene informasjon om pH-forholdene i prosessen for å vite om prosessen går normalt og om man må justere kjemikaliedoseringen. Dette forutsetter at det finnes driftspersonale som har opplæring til å nyttiggjøre seg slik informasjon. NIVA har hatt stor nytte av å måle pH-svingningene på ulike plasser i prosessen, men kunne ikke bruke de eksisterende pH-målerne. Årsaken var at elektrodene var for gamle og var "døde" og kabelskjermingen var for dårlig. Elektrodene viser derfor store feil.

NIVA har hatt opp til tre pH-elektroder i sving på Frogn. Disse er kalibrert hver uke når målingene er i gang. Dette er målere som Frogn betaler leie for. NIVA har i april og mai lenge ønsket å trekke disse instrumentene tilbake fordi brukerne står i kø for å ta dem i bruk på andre prosjekter. Gjentatte henvendelser om å få satt i stand de eksisterende pH-målerne har til nå ikke ført frem.

Som foreslått i NIVAs straksnotat datert 14.5.85 ønsker NIVA at anleggets permanente pH-målere på vannverket settes i stand. Nye elektroder kjøpes inn og kabelskjerming forbedres. Arbeide kan utføres av NIVAs instrumentsentral ved Arne Veidel. Arbeidet vil sannsynligvis koste ca. kr 3000,- og spares hurtig inn i form av redusert leie til NIVA-instrumenter. Arbeidet kan utføres straks det gis klarsignal.

### 3. OPTIMALISERING AV FLOKKULERINGSTRINNET

Denne oppgaven er sannsynligvis den viktigste for å bedre vannkvaliteten ved Frogn vannverk, men vil samtidig kreve betydelig innsats både i form av forundersøkelser og eventuelle ombygningsinvesteringer.

Problemet består i at reaksjonstiden for oppbygging av fnokker før de skal avskilles på filteret sannsynligvis er for liten. Reaksjonstiden i flokkuleringstrinnet er tiden fra tilsetning i røret til filteret nås. Denne er ca. 5 sek. i (1,77 m/s i hovedledningen) de rørpartiene som har en omrøringsintensitet (G-verdier) som betyr noe. Litteraturen anbefaler fra 3 til 15 minutter for direkte filtrering slik som ved Frogn vannverk når konvensjonelle flokkuleringstanker benyttes. Rørflokkulering er imidlertid en anerkjent og mer effektiv måte å bygge opp fnokker på, men er ikke så kjent. NIVA tok i fjor opp rørflokkulering som forskningsprosjekt og i ferd med å avslutte oppbygningen av et testanlegg for rørflokkulering. Dette anlegget var tiltenkt andre oppgaver, men vi er villige til å benytte anlegget for å undersøke flokkuleringstrinnet ved Frogn vannverk. Dette vil gi svar på hvordan flokkuleringstrinnet ved Frogn vannverk best kan utformes.

Programmet for denne oppgaven er følgende:

NIVAs rørflokkuleringsanlegg monteres opp ved Frogn vannverk hvor det kjøres parallelt med vannverket. Kjemikalietilsatsen trimmes inn for optimale forhold, farge, turbiditet og restaluminium i rørsystemets sedimenteringskolonner måles. Det bygges opp sandkolonner hvor kombinasjonen rørflokkulering utprøves. Det må påregnes at undersøkelsene i rørflokkuleringsanlegget minst vil ta 2 uker. Dessuten vil det gå en ukes tid for oppmontering av råvannstank, pumper, slanger, doseringspumper, måleutstyr etc. Rapporteringen vil sannsynligvis også ta noen uker. Det må derfor minst regnes en måned fra klarsignal gis til hovedkonklusjonene foreligger om hvordan flokkuleringstrinnet bør utformes. Denne forundersøkelsen vil sannsynligvis koste ca. kr 70.000,- inkludert analysekostnader.

Siden NIVA er interessert i å få erfaring med rørflokkuleringsanlegget kan man vurdere at noen av kostnadene betales av NIVA. Arbeidet kan igangsettes straks det gis klarsignal.

Målet med forundersøkelsen er å gi klare direktiver for hvordan flokkuleringstrinnet best kan utformes. Dette arbeidet bør startes straks deretter. Omfanget vil være avhengig av konklusjonene i undersøkelsen.

#### 4. PROSESSOPTIMALISERENDE TILTAK

##### 4.1. Oppløsning og dosering av hjelpekoagulant Magnafloc LT-20 gjøres permanent

Forsøkene til nå har vist at dosering av Magnafloc LT-20 har en positiv effekt på renseprosessen, men tilsetningspunkt og oppløsnings-systemet er neppe optimalt.

Tilsetning av hjelpekoagulant er nødvendig når aluminiumsulfat anvendes og opplegget bør installeres permanent. Dette krever at aluminiumsdoseringen bør flyttes ut for å få bedre plass. Aluminiumsdoseringen bør følgelig gjennomføres ved å gå over til flytende aluminium som lagres i en stor utvendig tank.

#### 4.2. pH-justering av skyllevann fra høydebasseng

Returspyling med alkalisert rentvann fra høydebassenget på Heer medfører at filterlaget trekker til seg vann med høyere pH enn optimal verdi. Når prosessen starter opp tar det tid å skifte ut dette vannet og modningstiden i filteret blir unødig lang. Hvis denne vann-typer ikke kan skiftes ut med råvann kan det være aktuelt å anlegge pH-justering av vaskevannet.

#### 4.3. Al-doseringen i første filtratet optimaliseres

pH-kurvene på NIVAs registreringsutstyr viser at aluminiumsdoseringen i den første fasen av prosessoppstart etter filtervask, mens vannet går til avløp er for liten og må økes. Dette utføres av AG.

#### 4.4. Driftsperioden mellom hver filtervask må senkes

Som tidligere påpekt må driftsperioden mellom hver filtervask senkes for å unngå slamgjennombrudd i filteret. Filtervask styres automatisk ved måling av trykkøkningen i filteret. Denne økningen er foreslått senket fra 500 enheter i dataanlegget, tilsvarende 5 meter væske-søyle eller  $0,5 \text{ kg/cm}^2$ , til 250 enheter tilsvarende 2,5 meter væske-søyle eller  $0,25 \text{ kg/cm}^2$ . Dette vil redusere driftstiden mellom hver filtervask fra ca. 16 timer til ca. 8 timer.

Denne endringen krever et AG inngrep i programmet for styringen, men bør også utføres enklere ved en justering som kan foretas av driftsoperatørene.

Flytting av mottrykksventiler på kjemikalieslanger så langt frem til doseringspunktet som mulig.

## 5. KAPASITETSØKENDE TILTAK

### 5.1. Øke magasineringsvolumet på høydebassenget

Frogn vannverk har idag en kapasitet på  $200 \text{ m}^3/\text{h}$  og går idag 16 timer mellom hver filtervask og kan derfor produsere  $3200 \text{ m}^3$  mellom hver filtervask uten avbrudd. Imidlertid leverer anlegget sitt rensede vann til det gamle Heer høydebasseng som bare har ett oppfyllingsvolum på  $600 \text{ m}^3$  som også skal inneholde  $75 \text{ m}^3$  til spylevannsprosessen. Det betyr at vannverket får stadige driftsstans fordi bassenget på Heer fylles opp. Om våren er det 7-8 driftsstopp av ca. 1-2 timer i døgnet og ca. 8-10 timer som går tapt hvert døgn. Alle disse stoppene har en uheldig innvirkning på prosessen på grunn av at det tar tid å få prosessen igang igjen. Når forbruket er lite blir det mange stopp med korte kjøreperioder. Når forbruket er stort arbeider anlegget langt mer kontinuerlig slik som om sommeren.

Det nye bassenget på Holteteigen har et volum på  $3000 \text{ m}^3$ , men er ikke tatt i bruk blant annet fordi det ligger 5 meter for lavt. Hvis dette bassenget kunne tas i bruk kan renseanlegget produsere mer vann om natten, fylle opp magasinet og ha en større vannreserve om dagen. Renseanlegget ville arbeide jevnere og derved gi en bedre vannkvalitet.

Det kreves tiltak fra Frogns side for å trekke det nye høydebassenget ved Holteteigen inn i systemet.

### 5.2. Overgang til spyling av filterne med råvann

Idag er man avhengig av å tilbakespyle filterne med rent vann fra Heer høydebasseng. Dette senker magasineringskapasiteten til utjevning over døgnet med et forbruk på  $75 \text{ m}^3$  rentvann ved hver spyling. Det alkaliske rentvannet har dessuten en uheldig virkning på filteret.

Hvis man kunne ha tilbakespylt med råvann kan alle disse tre problemene reduseres. Tilbakespyling med råvann kan gjøres på 2 måter.



- a) Enten ved å lagre råvann i egen tank ved renseanlegget å pumpe det inn direkte med egne pumper.
- b) Eller å tilbakespyle direkte fra råvannsledningen.

Det siste alternativet er enklest og rimeligst, men råvannspumpene idag er muligens for små til å gi de spylevannshastighetene som anbefales (55 m/h). Råvannsledningens diameter er muligens også noe for liten i dette tilfellet. Dette må undersøkes nærmere.

En annen fordel ved å tilbakespyle med råvann er at man slipper de store hastighetsendringene i rørledningen for rentvann som river løs slam fra veggene.

### 5.3. Økning av filtreringshastighet ved bruk av hjelpeflokkulant

Den optimale filtreringshastigheten når aluminiumsulfat brukes alene er 8-11 m/h. Ved Frogn vannverk er hastigheten 14 m/h, altså litt for høy når aluminium brukes alene. Dette skyldes at pumpekapasiteten ble økt sist sommer fordi vannforbruket var høyere enn anleggets kapasitet med det lille Heer høydebassenget. Med hjelpeflokkulant skal det i følge litteraturen være mulig og kjøre med 25-30 m/h. For å få til dette må man først rydde unna de mindre problemene og deretter øke pumpekapasiteten ytterligere.

Dette tiltaken vil imidlertid ha liten hensikt så lenge kommunen ikke gjør noe med høydebassengene sine.

## 6. VANNFORBRUKSSENKENDE TILTAK

### 6.1. Etablere en sentral overvåkings målestasjon for vannforbruk, lekkasjevannmengde og vann til hage og jorbruksvanning

Denne målestasjonen er enkel å etablere og det foreligger erfaringer fra andre kommuner. Med en slik løpende informasjon om hvilke forhold på nettet som forårsaker de store vannforbrukene kan man enklere si hvilke tiltak som bør iverksettes for å hindre uønsket vannforbruk og senking av vannkvaliteten hos forbrukerne.

## 7. GJENNOMFØRING

Punktene 1, 2, 4.3, 4.4 kan gjennomføres straks. Punkt 4.4, senking av driftstiden mellom hver filtertilbakevask, kan kreve nøye overvåking av vannforbruk og vannbehov. Dessuten bør det gis klarsignal for NIVA til å sette igang NIVA instrumentene for registrering av vannkvalitet igjen (idag står bare instrumentene der). Det er dessuten viktig at justering av driftstiden gjøres så enkel at alle kan forandre den uten vanskelighet. Det er idag bare få som kan endre den. NIVA vil også gjerne forsikre seg at punktene 1 og 2 utføres tilfredsstillende.

Punkt 3, optimalisering av flokkuleringstrinnet, bør NIVA få ansvaret for å gjennomføre. Det bør igangsettes straks fordi det tar noe tid å finne ut hva som bør gjøres. Det krever dessuten ekstrabevilgninger.

Punkt 4.1. henger litt sammen med resultatene av punkt 3 og bør derfor kjøres sammen. Forberedelsene for overgang til flytende aluminiumsulfat bør imidlertid startes opp så raskt som mulig.

Forøvrig er det spesielt viktig å komme igang med punkt 5.1. fordi kapasiteten ved Frogn vannverk er svært avhengig av dette. Punkt 5.1. henger dessuten sammen med punkt 5.2 og 6.1. Vi foreslår at disse punktene må drøftes nærmere i forhold til de lokale muligheter og at NIVA og Frogn kommune må se på dette i samarbeid. Dette må man så komme tilbake til.

Det er helt nødvendig at NIVA får et klart signal fra Frogn kommune hvordan vi skal forholde oss videre i denne saken og i hvilken grad vi engasjeres videre for å få saken ut av døvannet. I så fall må våre utgifter garanteres og hvem som skal være ansvarlig for de forskjellige undersøkelsene må klarlegges.

Lasse Vråle