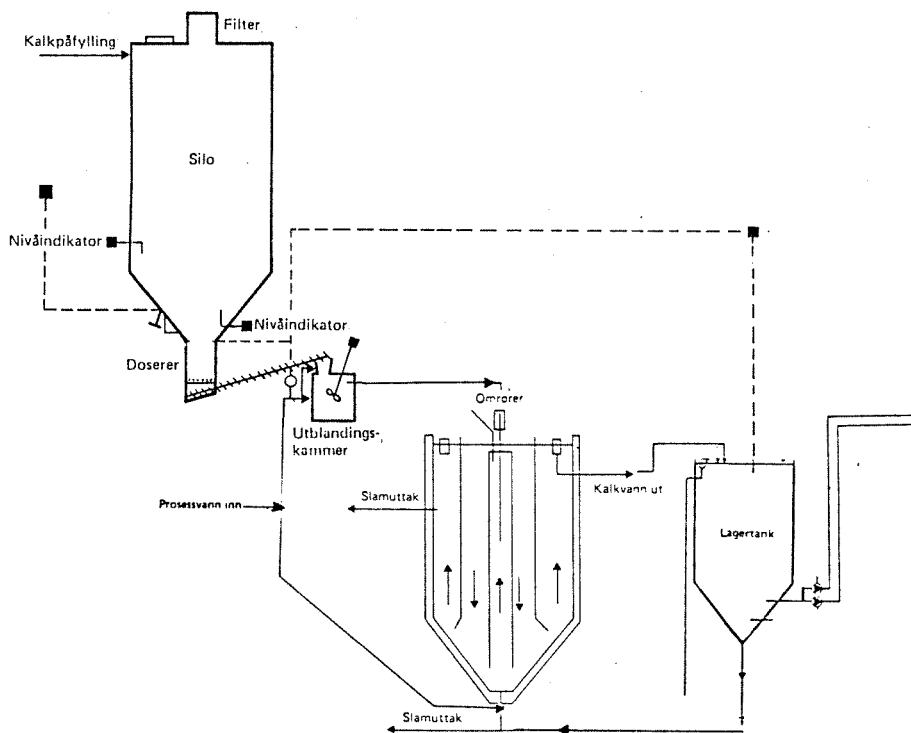




RAPPORT 22|87

0-87016

Prosesstekniske løsninger for kalkdosering i karbonatiseringsanlegg



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 97 00

Prosjektnr.:
0-87016
Undernummer:
I
Løpenummer:
2068
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:	Dato:
PROSESSTEKNISKE LØSNINGER FOR KALKDOSERING I KARBONATISERINGSANLEGG VA-22/87	desember 1987
Forfatter (e):	Prosjektnummer:
Jens Arne Ohren	0-87016
	Faggruppe:
	VA-teknikk
	Geografisk område:
	Antall sider (inkl. bilag):
	36

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
Bergen kommune, Bærum kommune, Franzefoss bruk, Fredrikstad og omegn vannverk, IVAR, NIVA, Norsk Hydro Industrigass, Oslo kommune, Vansjø Vannverk, Vestfold Interkomm. Vannverk	

Ekstrakt:
I denne rapporten er det angitt en prosessteknisk beskrivelse av kalkdoseringsanlegg som forventes å redusere partikkeltilførselen til vannet fra hydratkalken og bedre driftsstabiliteten for anlegget.

4 emneord, norske:

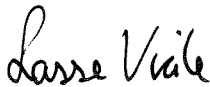
1. Vannforsyning
 2. Vannbehandling
 3. Kalkdosering
 4. Prosessteknikk
- VA-22/87

4 emneord, engelske:

1. Water Supply
2. Water Treatment
3. Lime Dosing
4. Processtechnology

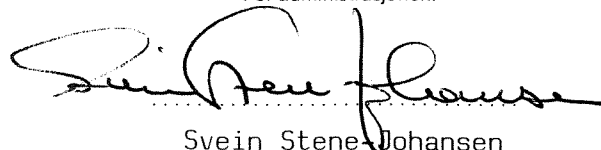
Prosjektleder:


Jens Arne Ohren


Lasse Vråle

Lasse Vråle

For administrasjonen:


Svein Stene-Johansen

ISBN - 82-577-1331-7

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

OSLO

0-87016

PROSESSTEKNISKE LØSNINGER FOR

KALKDOSERING I KARBONATISERINGSANLEGG

Oslo desember 1987

Jens Arne Ohren

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
Forord	2
1. Sammendrag	4
2. Innledning	8
3. Vanlige separasjonsprosesser	10
4. Siling som eneste separasjonsprosess	11
5. Hydratkalktilsetting med filtrering som eneste separasjonsprosess	20
6. Hydratkalkdosering i direkte- filtrering og kjemisk felling	34
7. Faguttrykk	35
Litteratur	37

FORORD

Norsk institutt for vannforskning er engasjert til å utarbeide en prosessteknisk beskrivelse av kalkdoseringsanlegg i karbonatiseringsanlegg. Beskrivelsen skal baseres på konvensjonelle løsninger og bruk av hydratkalk.

Flere forskningsarbeider om karbonatiseringsprosessen er gjennomført ved NIVA i den senere tid. Disse arbeidene er rapportert separat og gjengitt i referansene.

Som en direkte del av dette prosjektet er forsøk gjennomført med hydraulisk belastning på bereder og konsekvenser for vannkvaliteten. Dette arbeidet er rapportert separat. Videre er flere kalkdoseringsanlegg i Sverige evaluert, men resultatene er ikke rapportert.

I denne prosessbeskrivelsen er det lagt vekt på å gi praktiske og konkrete råd om utforming av kalkdoseringsprosessen, for å oppnå et best mulig anlegg. I liten grad er resultater fra ovennevnte forskningsarbeider gjengitt i denne rapporten. De praktiske følgene fra resultatene er imidlertid i stor grad utnyttet.

Dette prosjektet er finansiert av følgende:

- Bergen kommune.
- Bærum kommune.
- Franzefoss Bruk.
- Fredrikstad og omegn vannverk.
- IVAR (Stavanger).
- NIVA.
- Norsk Hydro Industrigass.
- Vansjø Vannverk.
- Vestfold interkommunale vannverk.

Hovedprinsippene for prosjektet er trukket opp av en styringsgruppe bestående av følgende personer:

- | | |
|-------------------|---------------------------|
| - Kaj Johansen | Bærum kommune. |
| - Astrid Drake | Franzefoss Bruk. |
| - Jens Arne Ohren | NIVA. |
| - Torleif Hals | Norsk Hydro Industrigass. |

Prosjektleder for arbeidet har vært undertegnede.

Jens Arne Ohren

1. SAMMENDRAG

Surt og kalsiumfattig vann virker sterkt tærende på flere typer vannledninger. Denne tæringen kan resultere i svekket rørstyrke, redusert innvendig rørtverrsnitt eller dårlig vannkvalitet. For reduksjon av disse problemer kan vannet tilføres kalsiumkarbonat gjennom tilsetning av hydratkalk og karbondioksyd.

Tilsetning av karbondioksyd er enkelt, mens dosering av hydratkalk er mer komplisert. Kalkdoseringsprosessen er videre kostbar, kan innebære driftsproblemer og tilføre aluminiumsforbindelser og partikulært materiale til vannet.

Ved NIVA er flere forskningsarbeider gjennomført med karbonatiseringsprosessen med hydratkalk og karbondioksyd. Resultatene er gjengitt i separate rapporter og opplistet i referansene.

Denne rapporten omhandler praktiske prosessutforminger for hydratkalkdosering. Flere ulike separasjonsprosesser (filtrering, direktefiltrering m.v.) benyttes i vannbehandlingsanlegg. Disse kan også nyttes til avskilling av partikulært materiale i kalkopløsningen. Kalkdoseringsanleggets utforming og plass i vannbehandlingen bør derfor i stor grad relateres til separasjonsprosessen.

SILING SOM ENESTE SEPARASJONSPROSESS:

Med siling som eneste separasjonsprosess kan vannbehandlingen være følgende:

- Karbondioksydtilsetning
- Hydratkalktilsetning
- Siling
- Desinfeksjon
- Alkalisering.

Helsemyndighetene foretrekker generelt at siling skjer foran desinfeksjon. For mange vanntyper er imidlertid avskillingen av organiske forbindelser gjennom en sil helt neglisjerbar og uten særlig praktisk betydning. For disse vanntypene kan vannbehandlingen vurderes å være:

- Desinfeksjon
- Karbondioksydtilsetting
- Hydratkalktilsetting
- Siling.

Selve kalkdoseringsanlegget med siling som eneste separasjonsprosess bør inkludere følgende prosessenheter:

- Kalksilo
- Kalkutmater
- Blandetank
- Bereder
- Kalklagertank.

FILTRERING SOM ENESTE SEPARASJONSPROSESS.

Når vannbehandlingen omfatter filtre, kan disse utnyttes til avskilling av partikulært materiale fra hydratkalken. Kalkdoseringsens plass i vannbehandlingen kan da være:

- Karbondioksydtilsetting
- Hydratkalktilsetting
- Filtrering
- Klordesinfeksjon
- Klorkontakttid
- Alkalisering.

Til alkalisering kan hydratkalk eller lut benyttes.

Helsemyndighetene foretrekker at filtrering skjer foran desinfeksjon. For mange norske vannkvaliteter avskilles imidlertid organiske forbindelser i liten grad gjennom et filter. I de tilfeller kan vannbehandlingen forenkles til følgende:

- Klordesinfeksjon
- Klorkontakttid.
- Karbondioksydtilsetting.
- Hydratkalktilsetting.
- Filtrering.

I vannbehandlingsanlegg der hydratkalktilsettingen skjer før filtreringen, kan kalkdoseringsanlegget vesentlig forenkles. Hydraulisk belastning i berederen kan da økes betydelig og kalklagertanken helt sløyfes. Kalkdoseringsanlegget kan da inkludere:

- Kalksilo
- Kalkutmater
- Blandetank
- Bereder.

Ved dosering av hydratkalk etter filtrering (for alkalisering), må samme krav stilles til kalkdoseringsanlegget som til doseringsanlegg i behandlingsanlegg med siling som eneste separasjonsprosess. Kalkdoseringsanlegget må da også inkludere en lavt belastet bereder og kalkopløsningstank.

DIREKTEFILTRERING ELLER FULLRENSING SOM SEPARASJONSPROSESS:

Karbonatiseringen kan også skje i fullrense- eller direktefiltreringsanlegg. Vannbehandlingen kan da omfatte følgende prosesser:

- Aluminiumsulfatdosering
- Karbondioksydtilsetting
- Hydratkalktilsetting
- Flokkulering
- Sedimentering
- Filtrering
- Klordesinfeksjon/klorkontakttank
- Alkalisering.

I direktefiltreringsprosessen sløyfes sedimenteringen, og i mange anlegg sløyfes også flokkuleringen.

Kalkdoseringsanlegget for dosering i fellingstrinnet kan ha samme utforming som kalkdoseringsanlegget før filtrering. For alkaliseringen etter klortilsetning kan kalk eller natronlut benyttes. Ved bruk av hydratkalk må kalkdoseringsanlegget inkludere en lavt belastet bereder og kalklagertank.

UHELDIG PAVIRKNING AV VANNKVALITETEN FRA HYDRATKALK:

Hydratkalk inneholder bl.a. en del aluminium- og ikke løsbare bestanddeler. Uriktig prosessvalg, dimensjonering eller drift av anleggene kan føre til store aluminium- eller partikkeltilførsler til renvannet. I forsøk utført ved NIVA er turbiditetsverdier på 2 - 10 FTU (og i enkelte tilfeller høyere verdier) registrert i renvannet tilsatt moderate mengder hydratkalk og karbondioksyd. Kvalitetsnormene til drikkevann tilsier at turbiditet i vannet bør være under 0.5 FTU for godt drikkevann. Ved en riktig utforming av kalkdoseringsanleggene kan dette kravet innfris og ovennevnte problemer unngås.

2. INNLEDNING

Sur nedbør har ført til lave pH-verdier i mange overflatekilder som benyttes til drikkevann. Også mer humusbelastede kilder som i liten grad er utsatt for sur nedbør, kan ha noe lave pH-verdier. Videre har de fleste norske overflatekilder lavt kalsiuminnhold.

Vannverkernes ledningsnett av betong, asbest-sementrør, beskyttende og ubeskyttede jernrør, forskjellige metaller m.v. er sterkt utsatt for korrosjon ved disse vannkvaliteter. Korrosjonen kan føre til flere uheldige effekter som f.eks.:

Svekket rørstyrke
Minskert innvendig rørtverrsnitt (ubeskyttede jernrør)
Redusert vannkvalitet.

Den samlede gjenskaffelsesverdien av norske vannledningsnett er muligens over hundre milliarder kroner. Forfallet i ledningsnettet kan derfor ha stor økonomisk betydning, ved siden av at det kan innebære redusert vannkvalitet hos forbruker.

I de senere år er flere forskningsarbeider igangsatt omkring forfallet i ledningsnett og tiltak for å stoppe dette. Ett av tiltakene det er fokusert sterkt på, er tilsetning av hydratkalk og karbondioksyd til vannet. Metoden benyttes mye i Sverige og Finland og er en av de mest aktuelle for mellomstore og store vannverk i Norge.

Dosering av karbondioksyd er ukomplisert, mens dosering av kalk kan innebære driftsmessige vanskeligheter. Kalkdoseringsprosessen er videre kostbar og kan gi uheldige påvirkninger av vannkvaliteten.

NIVA gjennomførte i 1986 en undersøkelse av 7 kalkdoseringsanlegg på vannverk (1). Tilstanden for flere av disse anleggene var dårlig, med en rekke driftsproblemer. De fleste av anleggene var ikke i stand til å dosere de kalkmengder som karbonatiseringsprosessen krever, uten store partikkeltilførsler til vannet.

Flere store vannverk har planer om utbygging av karbonatiseringsanlegg i løpet av de nærmeste årene. Disse anleggene antas i stor grad å benytte norsk kalk. Prosessen er sterkt relatert til kalkens spesifikke egenskaper, og i dette prosjektet er det forutsatt bruk av norsk hydratkalk. I motsetning til en rekke andre vannbehandlingsprosesser, kan utenlandske erfaringer fra kalkdosering bare i begrenset grad utnyttes.

Kalkdoseringsprosessen er svært plass- og kostnadskreven. Et eksempel fra et vannbehandlingsanlegg illustrerer dette. Der utgjør arealene til berederne og lagertanken for kalkopløsning nesten 50 prosent av arealene til filtrene i direktefiltreringsanlegget. P.g.a. de store høydene i berederne er de prosentvise volumandelene enda større. Berederne eller øvrige prosessenheter i dette kalkdoseringsanlegget er ikke overdimensjonerte.

De uavklarte forholdene ved kalkdoseringsprosessen var bakgrunnen for NIVA's engasjement på dette området. Prosjektet har imidlertid svært begrensede økonomiske rammer. Innenfor disse rammene var det ikke mulig å gå inn på alle uavklarte forhold ved prosessen. Siden mange norske vannverk har siling som eneste separasjonsprosess, og slamavskilling er en essensiell del av kalkdoseringen, inngikk forsøk med slamavskilling av kalkopløsning gjennom en bereder i dette prosjektet. Resultatene fra disse forsøkene er gjengitt i en egen rapport (2).

Som nevnt benyttes kalk og karbondioksyd i flere svenske vannverk. Kalktypen som benyttes her, er ikke helt ulik de norske hydratkalktypene. Flere av disse anleggene ble gjennomgått og evaluert. I tillegg er erfaringer fra norske anlegg innhentet. Særlig er erfaringene fra Vansjø vannverk tillagt stor vekt. Kalkdoseringsanlegget ved dette anlegget fungerer bra. Trolig er anlegget ett av de mest funksjonsriktige kalkdoseringsanlegg som hittil er bygget i Norge.

Bruk av ulesket kalk kan være økonomisk gunstig for store anlegg. Denne kalktypen faller imidlertid utenfor rammen av dette prosjektet og omtales ikke nærmere her.

3. VANLIGE SEPARASJONSPROSESSER.

Hydratkalk inneholder store mengder uløsbare bestanddeler som er vesentlig å avskille ved tilsetting til vann. Ved valg av kalkdoseringsprosess må dette tillegges stor vekt.

For fjerning av slam ved kalktilsetting anbefales generelt filtrering av vann etter tilsetting av kalkoppløsning. Selv om filtrering av vann også har flere andre fordeler for vannkvaliteten, har relativt få norske vannverk i dag filtrering. Antallet vil trolig øke i framtiden, men i flere år framover vil mange norske vannverk (også større) ha siling som eneste separasjonsprosess. En stor vekt er derfor lagt på beskrivelse av en kalkdoseringsprosess i anlegg med siling som eneste separasjonsprosess.

De mest anvendte separasjonsprosesser i Norge er:

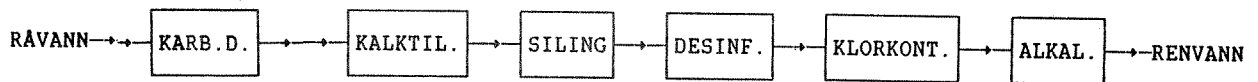
- Siling
- Filtrering
- Fullrensing/direktefiltrering.

For optimal utnyttelse av disse prosesser for avskilling av partikulært materiale fra kalkdoseringen, er beskrivelsen inndelt etter ovennevnte separasjonsprosesser.

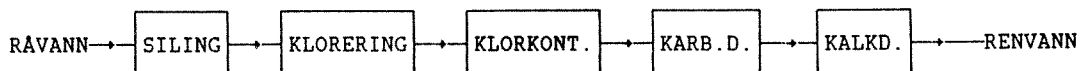
4. SILING SOM ENESTE SEPARASJONSPROSESS.

Nødvendig vannbehandling for et vannverk knyttes til vannkvaliteten i vannkilden som benyttes. Svært mange vannkilder har bra kvalitet med siling som eneste separasjonsprosess. Med karbonatisering kan vannbehandlingen være følgende:

- Karbondioksydtilsetting
- Hydratkalktilsetting
- Siling
- Desinfeksjon
- Klorkontaktid
- Alkalisering.



Figur 1. Flytskjema for kalk - karbondioksyd-anlegg med siling som eneste separasjonsprosess.



Figur 2. Flytskjema for alternativ prosessoppbygging av kalk - karbondioksyd-anlegg med siling som eneste separasjonsprosess.

Siling og desinfeksjon omtales ikke i detalj da disse prosessenheter er godt kjent. Det nevnes bare at karbonatisering kan føre til beleggdannelser på sildukene, som ved vanlig spyling kan være vanskelig å avskille fullt ut. Høytrykksspyling, eventuelt supplert med syrevasking av silduken kan derfor periodevis være nødvendig.

4.1. Karbondioksyd-tilsetting.

Tilsetting av karbondioksyd faller utenfor rammen av dette prosjektet og omtales ikke i detalj her. Noen råd om doseringspunktet gis likevel.

Tilsetting av karbondioksyd kan i prinsippet skje flere steder i prosessen. Doseringen bør skje under trykk i lukkede systemer og ikke i åpne basseng. Inntaksledningen kan f.eks. være et egnet

doseringspunkt. Ved utilstrekkelig trykk i ledningen, kan den f.eks legges i en U-form, med doseringspunktet i lavbrekket. I eksisterende anlegg kan inntaksledningen innenfor veggen i vannbehandlingsanlegget (før f.eks. silkamre), være relativt kort og gi utilstrekkelig innblanding før bassengene. Doseringspunktet for karbondioksyd kan da legges noe utenfor veggen til vannbehandlingsanlegget, slik at god innblanding kan sikres under trykk i ledningen, før vannet når et åpent basseng.

En god innblanding av karbondioksyd kan sikres ved montering av diffusor inne i inntaksledningen. Diffusoren bør kunne demonteres for rengjøring. For å lette denne demonteringen kan den f.eks. monteres inne i et T-rør på inntaksledningen.

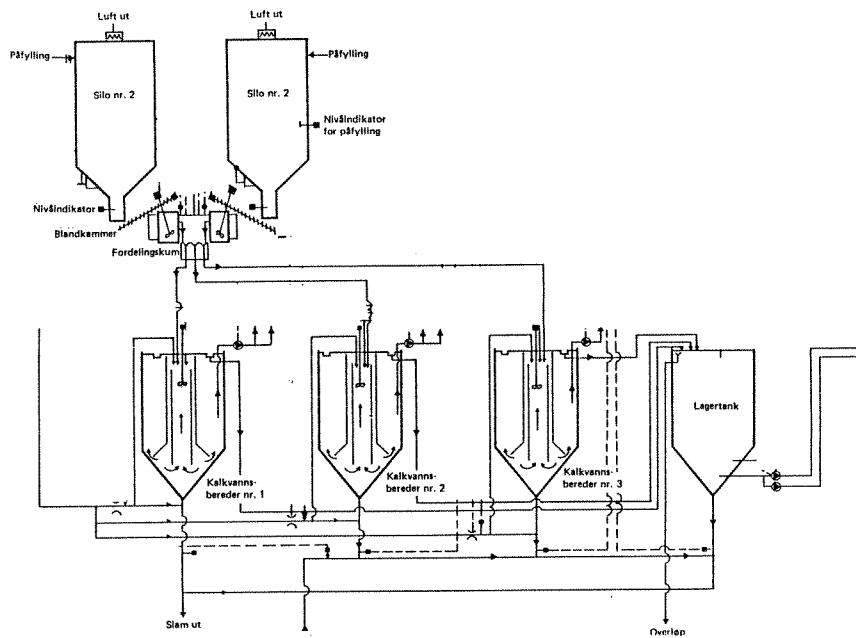
Opplysninger om øvrige deler av karbondioksydanlegget medtas ikke her, men gis av leverandøren for karbondioksyd.

4.2. Desinfeksjon.

Klor har best desinfiserende effekt for bakterier ved lave pH-verdier. Ved pH-verdier over 6.5 - 7 tapes klorets bakteriedrepende effekt betydelig. Dette innebærer at desinfeksjonen med klor bør foregå før karbonatiseringen, eller at karbonatiseringen bør skje til pH under 6.5 - 7 før klorering. Etter klorkontakt-bassenget bør pH-verdien justeres til ønsket verdi (pH 8 - 8.5) med f.eks. lut eller hydratkalk.

Helsemyndighetene har imidlertid ingen krav om at pH-verdien bør ligge under pH 6.5 - 7 for bruk av klor til desinfeksjon.

Også UV-desinfeksjon bør skje før kalktilsettingen. Tilsettingen av kalkoppløsningen kan innebære partikkeløkninger i vannet. Disse partiklene kan redusere UV-strålenes effekt. Videre kan doseringen føre til beleggdannelse på kvartsglassene i UV-anlegget, som kan være vanskelig å rengjøre.



Figur 3. Flytskjema av kalkdoseringsanlegg med siling som eneste separasjonsprosess.

4.3. Kalkdosering.

Figur 3 viser flytskjema av et kalkdoseringsanlegg. Anlegget består av følgende hoveddeler:

- Kalksilo
- Hydratkalkdoserer
- Blandkammer
- Bereeder
- Kalklagertank
- Doseringspumper.

Generelt bør et kalkdoseringsanlegg ha selvfall mellom alle prosessenheter. Fortrinnsvis bør pumping av kalkopløsning begrenses til kun dosering av ferdig kalkopløsning til hovedvannstrømmen i vannbehandlingsanlegget.

For reduksjon av beleggdannelse og igjentettinger, samt forenklet rengjøring av ledninger, bør avstander mellom de ulike enheter i kalkdoseringsanlegget begrenses til et minimum. Dette krever gjennomarbeidede planer av kalkdoseringsanlegget. I helt nye vannbehandlingsanlegg bør kalkdoseringsanlegget nøye integreres i hele vannbehandlingsprosessen.

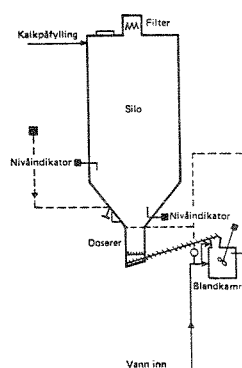
I det følgende gis en omtale av vesentlige forhold ved de ulike hoveddeler i kalkdoseringen.

4.3.1. Leveranseform av hydratkalk.

Hydratkalk kan leveres på ulike måter. Fra en norsk kalkleverandør leveres hydratkalk i bulk eller sekker på 20 eller 40 kg eller i storsekker på 600 kg.

Av forskjellige årsaker er hydratkalk best egnet for de store og mellomstore norske vannverk. Til disse vannverkene bør hydratkalk leveres i bulk med tankbil og blåses direkte inn i silo gjennom et lukket system. Leveranse av hydratkalk i småsekker kan være arbeidsmiljømessig ubehagelig. Videre øker risikoen for fukt-påvirkning av kalken ved uriktig håndtering eller lagring.

4.3.2. Kalksilo.



Figur 4. Prinsippskisse av kalksilo, kalkutmater og blandetank.

Hydratkalken bør lagres i silo. Dersom kun en silo installeres, bør volumet være minimum en tankleveranse, i tillegg til reservevolum. For øvrig bør volumet dimensjoneres etter forbruk, leveringshyppighet m.v.

Fuktighet i kalken kan skape driftsforstyrrelser. For reduksjon av fuktpåvirkning i kalken ved lagring, bør siloen plasseres i et eget isolert og oppvarmet rom med konstant temperatur. Åpne basseng, lekkе vannrør eller andre forhold som gir fuktighet, bør ikke være i samme rom som kalksiloen.

I eksisterende vannverk, hvor plass for en høy og volumkrevende silo er vanskelig, kan den f.eks. anlegges fritt fra vannbehandlingsbygget. Siloen, inkludert det lille rommet under siloen, bør isoleres og kles og forsynes med låsbar dør, for å lette inspeksjon av utmatingsutstyret under siloen. En termostattstyrt elektrisk varmeovn bør installeres for å sikre en jevn og tilstrekkelig høy temperatur, som reduserer kondens i kalk og doseringsutstyr. Mellom siloveggen og den isolerte kledningen rundt siloen, kan det med fordel være et lite mellomrom for å sikre tilstrekkelig varmetilførsel til kalken lengre oppe i siloen. En ulempe ved plassering av silo utenfor vannbehandlingshuset, er vanskeligere tilgjengelighet inne i selve siloen på vinterstid. Ved riktig utforming vil inspeksjon mer sjelden være nødvendig.

Flere vannverk i Norge har kalksiloer av betong. Disse siloene er dårlig egnet for kalklagring. Ru betongoverflater kan innebære heft av kalken langs veggene i siloen. Videre er vibrasjonssystemer i betongsiloer vanskelig å få effektive. Siloer for hydratkalk bør derfor produseres i stål. Sveiseskjøter og andre innvendige uregelmessigheter er viktig å utglatte, for reduksjon av heft langs siloveggen. Siloen bør ha konisk eller pyramidisk utformet bunn. For å unngå sterk sammenpressing av kalken som kan gi brodannelser, bør vinkelen mellom den vertikale siloveggen og den koniske eller pyramidiske bunnen være liten. Noe eksakt tall for denne overgangen er vanskelig å angi, men vinkelen mellom vertikalplanet og den skrå bundelen bør være under 30 o.

Påfyllingen av kalk bør skje fra tankbil gjennom et fastmontert påfyllingsrør. En biloppstillingsplass med brukbar tilgjengelighet for tankbiler bør anlegges så nære siloen som mulig. Siloen bør ha et fastmontert tilførselsrør for kalkpåfylling, som ender over maksimumsnivå for kalkinnholdet i siloen. Et utløpsrør fra toppen av siloen og til friskluft, er viktig for utslipp av luften som fortrenses fra siloen under påfylling av kalk. Under påfylling av kalk er luften vanligvis svært støvholdig. Et posefilter bør derfor installeres på denne lufterledningen. Filteret bør automatisk kunne rengjøres ved f.eks. påmonterte vibratorer.

Et manometer kan monteres i toppen av siloen for kontroll av trykket inne i siloen under påfylling. Rask påfylling og høyt trykk kan komprimere kalken og gjøre utmating vanskelig og medføre tilstopping av doseringen.

Siloen bør utstyres med luke for manuell inspeksjon og atkomst inne i siloen. Dette kan være nødvendig ved f.eks. bro- og kanaldannelser i kalken. Manuell oppstaking kan da være påkrevet. Dette arbeidet kan være ubehagelig, men nødvendig også ved bra utformede siloer. Ved plassering av inspeksjonsluke og utforming av rommet for siloen bør det tas hensyn til at stige må medbringes inn i siloen.

Ved påfylling av kalk til siloen forekommer overtrykk inne siloen. Det finkornige kalkstøvet trenger lett ut gjennom eventuelle åpninger i luka og fører til støvplager i omkringliggende rom. Hensyn bør tas til dette problemet ved utforming av luka, slik at luka er helt tett i lukket posisjon, selv ved det overtrykket som oppstår inne i siloen under påfylling av kalk.

Nivåindikatorer bør monteres i minimum 3 ulike nivåer inne i siloen. Nivåene kan være ved full silo, ved nivå for kalkbestilling og like over utmatingsskruene. Nivåindikatoren over utmatingsskruene kan automatisk igangsette en slegge ved f.eks. bro eller kanaldannelser i kalken. Slegga bør monteres i siloens koniske del og slå mot tverrenden av et forsterket stålstykke. For å unngå unødig komprimering av kalken, bør slegga kun slå noen få slag.

Vibratorer montert på siloveggen er et alternativ til slegge, men kan komprimere kalken for sterkt. Vibratorplater montert innvendig i siloens koniske del er også et alternativ. Disse krever trykkluft og er vanskelig å vedlikeholde og neppe særlig mer egnet enn slegge.

Mellom siloen og kalkutmateren bør et spjeld monteres. Ved påfylling av kalk eller reparasjoner i utmateren kan dette lukkes.

3.3.3. Kalkutmateren.

Figur 3 viser en prinsippskisse av en kalkutmater. Denne monteres under siloen og mater kalk ut av siloen for videre transport til blandetanken for vann.

Kalkutmateren og transportskruen bør ikke være i rom med fuktighet (åpne basseng, lekkе rør m.v.). En løsning som finnes på svært mange norske vannverk, er silo i ett rom og kalkutmater i rommet under, som doserer kalken direkte ned i en åpen blandtank for vann. Denne løsningen er svært uheldig og innebærer en rekke driftsproblemer.

Mange problemer med kalkdoseringen kan tilbakeføres til kalkutmateren. Ikke sjelden fungerer eldre modeller utilfredsstillende. En av årsakene er lite utmatingsareal og få utmatingskruer. Kalken kan komprimeres unødig sterkt og føre til lettere broddannelser i utmatingssonen i kalksiloen.

Utmatingen av kalk bør skje over et minimum areal under siloen. Utmatingensarealet bør stå i forhold til doseringsmengde. Antall doseringskruer bør være minimum 3 og gjerne opp mot 8 - 10. Ved et lite antall doseringskruer bør diameteren på disse økes og dekke hele utmatingsarealet. Doseringsskruenes omdreinings-hastighet bør styre doseringsmengden.

Doseringsskruene kan mate kalken ned i en trakt for videre transport til blandkammer for vann. Dette kan skje med en transportskrue med konstant omdreinings-hastighet, uavhengig av kalkdoseringen. Transportskruen kan være horisontal eller svakt skrånende oppover. Den bør forsynes med luke for måling og kalibrering av doseringsmengden.

Både kalkdoseren og transportskruen bør helt innelukkes for å hindre inntrengning av luft og fuktighet til kalken i siloen og i doserings- og transportsystemet. Dekselet over utmatings- og transportskruene bør forsynes med tette lokk for inspeksjons- og vedlikeholdsmuligheter.

Ved frittstående plassering av silo utenfor vannbehandlingshuset, bør transportskruen isoleres på den strekningen den går utenom hus, for å hindre kondens og fuktproblemer i den på vinterstid.

3.3.4. Blandetank.

Figur 4 viser en skisse av blandetanken. I denne prosessenheten blandes kalk kontinuerlig med vann. Innblandingen er langt fra enkel, og mange problemer i kalkdosering kan tilbakeføres til uheldig utformet blandetank.

Transportskruen for kalk munner ut over blandetanken og strør kalken ned i vannet. En hurtigomrører bør monteres i tanken for god blanding av kalk og vann. Omrøringsintensiteten bør være tilstrekkelig for å hindre sedimentering av partikulært materiale i bunnen av tanken, og for å sikre en tilfredsstillende kalkutnyttelse.

Blandtanken bør produseres av stål og være helt lukket for å redusere tilførselen av luft og dermed innblanding av karbondioksyd i kalkopløsningen i tanken. Tilførsel av luft kan øke dannelsen av kalsiumkarbonat i kalkopløsningen.

Langs veggene i blandtanken, ved overgangen mellom vann og luft og i området der kalken drysses ned i vannet vil belegg kunne oppbygges. Toppen av tanken bør forsynes med tett luke for inspeksjon, vedlikehold og periodevis avskraping av dette belegget.

I området der hydratkalken føres ut av transportskruen og drysses ned i vannet i blandtanken, vil kalkstøv kunne gi beleggdannelse. Disse beleggdannelsene kan i noen tilfeller bygges opp så mye, at de i verste fall helt kan tilstoppe kalkdoseringen. Periodevis avskraping av disse beleggdannelsene er derfor nødvendig.

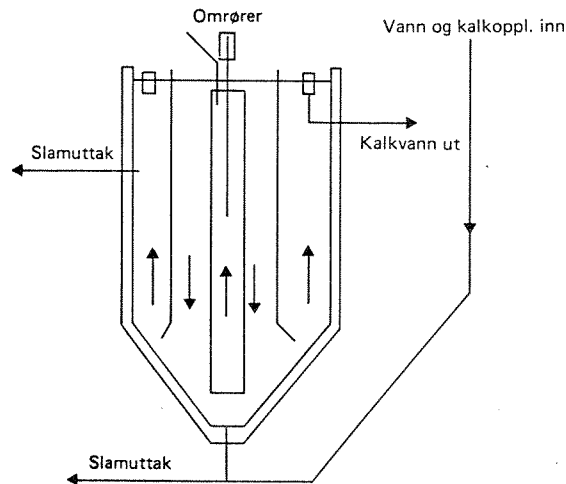
En dusj kan monteres inne i blandtanken for demping av kalkstøvet. Denne dusjen vil kunne føre til økt fuktighet i luften i blandetanken. Systemet kan likevel gi en positiv totaleffekt.

Tanken bør forsynes med tømmeledning for periodevis tømning og rengjøring.

Vannet til blandtanken bør uttas fra hovedvannstrømmen før tilsetning av karbondioksyd (viktig) for å redusere dannelsen av kalsiumkarbonat i blandtank, rør og bereder. For lite forurensede råvannskilder er dette vanligvis uproblematisk. For forurensede kilder kan imidlertid bruk av ubehandlet vann være uheldig, når kalkopløsning doseres til rentvannet (etter desinfeksjon). Vannet til blandtanken passerer da ikke renseprosessen, og bakterier og andre urenheter avskilles ikke på vanlig måte. Imidlertid gjennomgår vannet flere timers oppholdstid med kalkkonsentrasjoner omkring 1 - 1.5 mg/l. Få mikrober er i stand til å overleve særlig lenge ved de høye pH-verdiene som da oppstår. Videre vil en god del partikler fra vannet sedimentere i berederen. Likevel bør oppmerksomhet gis dette problemet.

4.3.5. Berederen.

Hydratkalken inneholder en rekke urenheter som er viktig å avskille før dosering til renvannet. Utilstrekkelig avskilling av disse urenheterne kan innebære betydelige slamtilførsler til vannet (inkludert aluminium) og resultere i uakseptable turbiditetsverdier ved tilførsel til renvannet. Ved riktig dimensjonering avskilles disse urenheter i berederen, samtidig med oppløsning av hydratkalken.



Figur 5. Prinsippskisse av bereder.

Berederen kan utformes på flere ulike måter. En utforming som tar hensyn til mange ulike funksjoner vises i figur 5. Berederen har mange fellestrekk med en vertikal sedimenteringstank. Den lages mest hensiktsmessig i betong for store volumer og i stål eller betong for mindre volumer. Uavhengig av materiale bør bunnen være pyramidisk for lettere uttak av slam.

For å redusere sedimenteringen av kalsiumforbindelser i berederen og øke kalsiumeffektiviteten, bør beskyttede omrørersystemer installeres sentrisk i berederen. Disse kan utformes som to vertikale sylindere inne i hverandre og monteres fra overflaten

og nesten ned til bunnen i berederen. Sentrisk i indre sylinder bør en omrører installeres, som framkaller en vertikal oppadrettet strøm.

Den konsentrerte kalkopløsningen fra blandtanken kan tilføres noe nede i berederen i indre sylinder. Omrøreren sikrer en god innblanding og reduserer sedimentering av uoppløste kalsiumforbindelser. Den indre sylindere bør nesten nå opp til vannoverflaten i berederen og tillate den vertikale og oppadrettede strømmen her å passere over kanten til ytre sylinder (se piler i figur 5). Den ytre sylindere bør nå over berederoverflaten slik at kalkopløsningen her presses i en vertikal nedadrettet strøm. Ytre sylinder kan nederst brettes ut til et skjørt mot berederveggen. I ytre og nedre del av berederen blandes kalkopløsningen videre ut med vann fra bunnen av berederen og stiger sakte opp til overflaten.

Vann bør fortrinnsvis tilføres berederen nederst i den pyramidiske bunndelen. Den vertikalt oppadrettede strømmen her reduserer sedimenteringen av partikulære kalsiumforbindelser og øker kalkutnyttningen. Bare de tyngste partiklene tillates å synke her.

Kalkopløsningen trekkes av på toppen av berederen, og partikulært materiale bør da i størst mulig grad være avskilt. Avtrekket bør skje gjennom sagtaggede utløpsrenner spredt over hele berederoverflaten. For få renner eller dersom disse er plassert nær berederveggen, kan resultere i skjev hydraulisk belastning i berederen når slamteppet nærmer seg overflaten.

I berederen (utenfor ytre sylinder) balanserer partiklene i kalkopløsningen mellom gravitasjonskrefter og skjærkreftene fra den oppadrettede vannstrømmen. Disse to kreftene virker i hver sin retning og fører til at partikler i noen grad finner sitt balansepunkt på ulike steder i berederen, avhengig av bl. a. størrelse og egenvekt på partiklene, vannets temperatur m.v. Ved stabil drift av berederen finnes vanligvis en markert overgang mellom en klar og partikkelfattig kalkopløsning i den øverste delen av berederen og et sterkt partikkelrikt slam i nederste del av berederen. Undersøkelser (2) utført ved NIVA viser et høyt innhold av bl. a. suspendert stoff, kalsium og aluminium i slamdelen i berederen. I det klare kalkvannet i toppen av berederen registreres derimot et betydelig lavere aluminiumsinnhold. Resultatene viser klart en sedimentering av aluminiumsforbindelser i hydratkalken gjennom berederen. Også innholdet av kalsium er betydelig lavere i kalkopløsningen i toppen av berederen.

Ved økninger i hydraulisk belastning gjennom berederen stiger slamteppet. Noe avhengig av økningen i belastningen kan slamteppet nå helt opp til overflaten i berederen. Lenge før slamteppet når overflaten i berederen, øker partikkelinnholdet i kalkopp-

løsningen i toppen av berederen. I enkelte tilfeller kan økningen bli stor. Doseringer av mindre enn 3 prosent kalkopløsning til renvann kan da øke turbiditetsverdiene i renvannet til langt over grenseverdiene for godt drikkevann. I liten grad øker innholdet av kalsium under de samme forholdene. For mer detaljerte resultater vises det til litteratur (2).

Ved dosering av kalkopløsning til renvannet bør hydraulisk belastning være jevnest mulig gjennom berederen. P.g.a. varierende vannforbruk er denne stabiliteten vanskelig å oppnå. Store renvannstanker eller utjevningssjøer på ledningsnettet innebærer jevnere belastning gjennom vannbehandlingsanlegget og dermed også jevnere belastning gjennom berederen. En fullstendig utjevning er imidlertid kostbar og neppe realistisk å gjennomføre.

Utjevning kan også forekomme i lagertanken for kalkopløsning, og omtales nærmere senere.

Berederne er areal- og volumkrevende. Ved de store vannverkene utgjør de en stor del av totalkostnadene for kalkdoseringsanlegget. Viktig er derfor en riktig dimensjonering av berederen. Berederen kan inndeles i en klarfase del øverst, en slamedel under og en slamedel/fordelingsdel nederst. Høyden på de ulike deler kan variere en god del avhengig av bl. a. belastningsvariasjonene gjennom berederen. Ved selv små variasjoner i hydraulisk belastning bør den øverste delen med klar kalkopløsning være minimum 2 meter. Ved variasjoner i hydraulisk belastning gjennom berederen bør høyden på denne delen økes utover ovennevnte. For å oppnå en tilfredsstillende kalkutnyttning og slamavskilling bør slamedelen også ha en høyde på minimum 2-3 meter. I tillegg til ovennevnte kommer den pyramidiske bunndelen som i høyde avhenger av arealet på berederen. Totalt blir derfor berederhøyden 6 - 8 meter. Dersom berederen dimensjoneres for variasjoner i hydraulisk belastning, bør høyden økes eller i det minste ligge i den øverste del av angitte totalhøyde.

Overflatehastigheten og dermed arealene for berederne er en annen viktig dimensjoneringsfaktor for beredne. Lavere overflatehastighet gir bedre partikkelavskilling i kalkvannet, men samtidig selvsagt økte anleggskostnader. En rekke forsøk er gjennomført av NIVA med ulike hydrauliske belastninger gjennom berederen, hvor hydraulisk belastning er relatert til partikkelinnhold i kalkvannet i toppen av berederen. Jevne overflatehastigheter ned mot 0.35 m/h i berederen ga innhold av suspendert stoff i kalkvannet i berederoverflaten på oppimot 90 mg SS/l. Ved økninger i hydraulisk belastning økte også innholdet av suspendert stoff betydelig i kalkvannet i toppen av berederen. Dersom slamteppet ligger høyt i berederen, (berederen i stor grad er

fyllt med slam) kan økninger i hydraulisk belastning resultere i enda større økninger i innhold av suspendert stoff i kalkvannet i toppen av berederen. Ved store og raske variasjoner i hydraulisk belastning gjennom berederen, bør derfor overflatesthastigheten senkes. Videre bør utpumping av slam skje hyppigere.

Temperaturen har også en betydning for partikkelens stige-hastighet, og dermed partikkelinnholdet i kalkopløsningen i berederoverflaten. Mange norske vannverk har inntak i elv eller nær overflaten i innsjøer med temperaturer ned mot 0 °C på vintertid. Lave temperaturer gir lavere oppløsningshastigheter på hydratkalk og høyere viskositet på vannet. Begge faktorer tilsier økte berederoverflater.

Oppløsningshastigheten av kalk i vann avhenger generelt av kalkens korngradering, vannets temperatur og innhold av H⁺-ioner eller omrøringsintensiteten mellom kalk og vann. Høyere vann-temperatur eller innhold av H⁺-ioner, mindre korngradering eller større omrøringsintensitet gir raskere oppløsning av kalken.

Oppløsningen for hydratkalk avhenger av vanntemperaturen. Ved 0 og 20 °C er den henholdsvis 1.85 og 1.65 g/l. Konsentrasjonen i kalklagertanken må ligge under metningspunktet for hydratkalk i vann, for å unngå avsetninger på vegger, renner, rør, pumper m.v. Siden vann og konsentrert kalkopløsning ikke tilføres i samme punkt, kan lokalt høye konsentrasjoner forekomme enkelte steder i berederen. Når disse forhold tas i betraktning, bør hydratkalktilførselen til berederen ikke overskride 1.5 g/l. Uten avskilling av kalsium i berederen gir denne hydratkalktilførselen kalsiumkonsentrasjoner på 600 - 700 mg Ca/l, og i noen tilfeller noe høyere innhold. Ofte skjer imidlertid en ufullstendig oppløsning av kalk, som fører til unødig sedimentering av kalsiumforbindelser i berederen. Disse kalsiumforbindelsene føres ut av berederen og til avløp gjennom bunnen på berederen eller gjennom slamtapping midt i berederen. P.g.a. uttappingen og sedimenteringen kan kalsiumkonsentrasjonen i utløpet av berederen være mindre enn angitt ovenfor, selv med hydratkalkdosering på 1.5 g/l.

Utløpsrennene bør være sagtaggete og fordeles over hele berederoverflaten. Individuell fininnstilling av nivået på rennene bør være mulig. På rennene avsettes lett et belegg av kalsiumkarbonat etter noen dagers drift. Dette belegget må enkelt kunne fjernes for å unngå ubalanse i strømmingen gjennom berederen. Viktig er det derfor at utløpsrennene anlegges lett tilgjengelig for denne rengjøringen.

Betydelig høyere kalsiumkonsentrasjoner enn de ovenfor angitte forekommer under slamteppet i berederen. Målinger (2) har vist et kalsiuminnhold på mellom 8 og 30 mg Ca/l i slamlaget i berederen, som er 12 til 50 ganger høyere enn doseringen av hydratkalk skulle tilsi. Årsaken til denne høye konsentrasjonen er sedimenteringen/akkumuleringen av kalsiumforbindelser som synes å forekomme i bunnen av berederen. Denne akkumuleringen kan forsterkes når vannet til berederen er tilsatt karbondioksyd. ~~Vanntilførselen til berederen~~ bør derfor om mulig uttas før tilsetning av karbondioksyd.

Også aluminiumsforbindelser fra hydratkalken sedimenterer i berederen. I en undersøkelse (2) er opptil 430 mg aluminium pr. liter registrert i bunnen på berederen, men innholdet i toppen er under 300 µg/l.

3.3.6. Kalklagertank.

Fra berederen overføres kalkoppløsningen til kalklagertanken.

Som tidligere nevnt er en jevn belastning gjennom berederen viktig for å unngå store partikkeltilførseler til renvannet. En lagertank for ferdig kalkoppløsning er derfor nødvendig for å redusere variasjonene i hydraulisk belastning gjennom berederen.

Også kalklagertanken bør ha pyramidisk utformet bunn for lettere fjerning av slam. Den kan produseres av stål eller betong for små anlegg og av betong for de store anleggene.

Utløpsrøret for dosering til hovedvannstrømmen bør plasseres ca. 2/3 ned i tanken.

Fra spissenden i den pyramidiske bunnen bør slam periodevis tappes ut gjennom et fastmontert rørsystem. Ventilen som styrer denne uttappingen kan f.eks. tidsstyres. Slammet bør føres til avløp.

Kalklagertanken kan lett bli stor dersom variasjonene i vannforbruk og vannkvalitet fullstendig skal utjevnes i lagertanken. For økonomisk optimal dimensjonering er trolig enkelte kompromisser nødvendig mellom ønske om jevn belastning på berederen og minst mulig dimensjoner på kalklagertanken.

3.3.7. Ledninger.

Transport av kalkoppløsning mellom de enkelte prosessenheter i kalkdoseringsanlegget bør skje i lukkede rør og ikke f.eks. i åpne kanaler.

I rørene mellom de ulike enheter i kalkdoseringsanlegget kan avsetninger av kalsiumkarbonat og partikulært materiale forekomme, som kan redusere kapasiteten eller i verste fall helt gjentette ledningene. Særlig kan problemene bli store for ledningene med overmettet kalkoppløsning eller høyt partikkelinnhold. Problemene med belegg-dannelser av kalsiumkarbonat inni rørene kan også forsterkes ved tilgang på karbondioksyd fra vannet eller luften.

For reduksjon av belegg-dannelser og avsetninger i ledningene bør en rekke forhold tas i betraktning:

Kalkoppløsningen bør ha høyest mulig hastighet i ledningene.

Ledninger bør ha fall uten bunnpunkter og fortrinnsvis ha fall i strømretningen for kalkoppløsningen.

Skarpe bend og innsnevringar på rørene gir lett belegg-dannelser og bør unngås.

Bruk av fleksible rør av f.eks. PEH uten skjøter, som i retningsforandringer bøyes med stor radius, gir reduserte belegg-dannelser. Ledningene bør lett kunne skiftes ut ved for store innvendige belegg-dannelser. Dette bør tas hensyn til ved ledningsføringer f.eks. gjennom vegger, ved at f.eks. fastmuring av ledningen unngås.

Ledningene bør tilrettelegges for kraftig gjennomspyling med vann ved f.eks. montering av tilførsels- og avløpsledning med tilhørende ventiler direkte på kalkdoseringsledningene. Gjennomspylingen med vann bør foregå med en høyest mulig hastighet og fortrinnsvis i motsatt retning til vanlig strømretning. Gjennomspylingen kan forsterkes ved bruk av myke rensepluggar som drives av vanntrykket i ledningen. Også bruk av syre kan være et alternativ eller supplement til ovennevnte spylinger, dersom det ut fra arbeidsmiljømessige grunner kan aksepteres. Uansett hvilke system eller kombinasjoner av systemer som velges, er en gjennomtenkt løsning viktig allerede på prosjekteringsstadiet, slik at

reduksjoner av beleggdannelser kan inngå som en periodevis del av nødvendig drift. Systemer etablert etter at problemer er oppstått, er ofte mer kostbare og mindre effektive.

Avstandene mellom de enkelte prosessenheter i kalkdoseringsanlegget bør gjøres minst mulig for å redusere rengjøringsarbeidet i ledningene.

3.3.8. Pumping.

Kalkoppløsningen bør føres med selvføll mellom de ulike prosessenheter i kalkdoseringsanlegget. Pumping bør unngås så langt det er praktisk mulig. Særlig viktig er dette mellom prosessenhetene før berederen. For dosering av kalkoppløsning til renvannet kan pumper vanskelig unngås. Turtallsregulerte eksenterskruepumper benyttes ved mange kalkdoseringsanlegg i Norge og Sverige med brukbart resultat for dosering av kalkoppløsning til hovedvannstrømmen.

4.3.9. Prosesstyring.

Et kalkdoseringsanlegg som beskrevet ovenfor kan bli meget omfattende, med flere ulike prosessenheter og lang oppholdstid mellom kalksiloen og utløpet av kalklagertanken. Både vannstrømmen og vannkvaliteten gjennom vannbehandlingsanlegget kan variere betydelig over kort tid. Likevel bør hydraulisk belastning og kalkkonsentrasjonen i berederen holdes mest mulig konstant.

Disse forhold stiller store krav til prosesstyringen av kalkdoseringen. Ved bruk av beredere og kalklagertank kan en løsning være to delvis avhengige styringssystemer. Kalkutmatingen fra siloen og totalvannstrømmen til berederen kan f.eks. styres av vannstrømmen gjennom vannbehandlingsanlegget og muligens overstyres av nivået i kalklagertanken. Treghet må innebygges i styringssystemet slik at kortvarige variasjoner i vannstrømmen gjennom vannbehandlingsanlegget ikke influerer på vann- eller kalkstrømmen gjennom berederen. Som tidligere nevnt bør vannstrømmen gjennom berederen og kalkkonsentrasjonen i den være mest mulig konstant.

Omdreiningshastigheten på utmatingssskruene i kalkutmateren kan forholdsvis enkelt volumetrisk styre kalkdoseringen.

Totaltilførselen av vann til blandtanken og berederen kan styres proporsjonalt med kalkdoseringen.

5. HYDRATKALKTILSETTING MED FILTRERING SOM SEPARASJONSPROSESS.

En del norske vannverk har filtrering som eneste separasjonsprosess. Denne prosessen letter kalkdoseringen vesentlig, siden store slammengder avskilles gjennom filtreringen. For å utnytte filtrertrinnet til dette formål, må doseringen av kalkopløsning skje før filtreringen. I kilder med en del organiske partikulære forurensninger, bør desinfeksjonen skje etter filtreringen for redusert dannelse av trihalometaner (THM). Desinfeksjonen med klorforbindelser bør videre skje ved lave pH-verdier (under pH 6.5 - 7) for å oppnå en tilfredsstillende desinfiserende effekt av bakterier.

Disse noe motstridende krav kompliserer bruken av kalk i anlegg med filtrering.

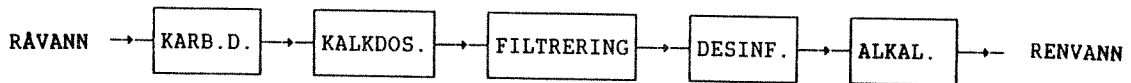
For å ivareta disse behov kan hovedprosessen bygges opp på flere måter. En måte kan være:

- Karbondioksyddosering
- Hydratkalkdosering
- Filtrering
- Klordesinfeksjon
- Hydratkalk- eller lutdosering.

Karbondioksyd-dosering er relativt uproblematisk og tilføres vannet som nevnt under punkt 4.1.

5.1. Hydratkalkdosering før filtrering.

Første trinn i hydratkalkdosering (før filtrering) kan skje på en noe forenklet måte. Prosessen må inkludere hovedenheter som kalksilo, kalkutmater, blandetank og bereder. Kalksilo, kalkutmater, og blandetank kan utformes som nevnt under henholdsvis punktene 4.3.2., 4.3.3. og 4.3.4.



Figur 5. Flytskjema av vannbehandlingsanlegg med kalktilsetting før filtrering.

5.1.1. Kalkberederen.

I anlegg med siling som eneste separasjonsprosess utgjør kalkberederen en vesentlig del av hele kalkdoseringsanlegget, men i anlegg med filtrering kan denne enheten forenkles vesentlig. I stedet for avskilling av partikulært materiale fra kalken i berederen, kan avskillingen i stor grad overføres til filteret. Ved NIVA er forsøk gjennomført med kalkdosering uten slamavskilling i berederen (3). Turbiditetsverdiene i vann tilsatt karbondioksyd og kalkopløsning, reduseres fra ca. 2 - 11 FTU før filtrering til 0.3 - 0.5 FTU etter filtrering. Reduksjonene var m.a.o. opptil 95 prosent. Andre forsøk også gjennomført ved NIVA viser at aluminiumsinnholdet fra hydratkalken i stor grad avskilles i filteret. I forsøkene holdes i liten grad kalsium tilbake gjennom filteret ved moderate doseringer. Det må understrekes at forsøkene er gjennomført med til dels lang kontakttid i tanken for kalkopløsning. Om denne tiden har betydning for resultatene er vanskelig å si med sikkerhet.

I store anlegg bør kalkberederen i prinsippet utformes som nevnt under punkt 4.3.5. Overflatehastigheten i berederen kan imidlertid økes betydelig i forhold til anlegg med beredere uten sandfiltrering. Ved store anlegg kan dette gi vesentlige arealreduksjoner og dermed store kostnadsbesparinger. De tyngste partiklene avskilles likevel i betydelig grad i beredere med høy overflatebelastning.

Uttaket fra berederen for dosering av kalkopløsning til renvannstrømmen bør ikke skje med utløpsrenner som tidligere angitt, men via rør noe nede i berederen.

I små anlegg kan berederens utforming muligens ytterligere forenkles. Den pyramidiske bunnen kan trolig erstattes med flat bunn og de vertikale stålsylindrene inne i berederen helt sløyfes. Omrøringen i berederen må da være tilstrekkelig til å hindre sedimenteringer av partikulært materiale i berederen. Flere forsøk gjennomført av NIVA tyder på at filtrene i stor grad avskiller partikulært materiale fra hydratkalken.

Selv om resultatene hittil tyder på meget god avskilling av partikulært materiale gjennom sandfiltrering av hovedvannstrømmen, er likevel metoden lite gjennomprøvd med norske kalktyper. Før denne forenklete prosessen velges, bør pilotforsøk gjennomføres.

5.1.2. Prosesstyringen.

I anlegg med redusert beredervolum og uten kalkoppløsningstank er responstiden mellom kalkutmating og doseringspumpe vesentlig forkortet. Likevel er responstiden så lang, at svingninger i doseringen trolig ville oppstå dersom kalkutmatingen fra siloen og vanntilførselen til blandtank/bereder styres direkte etter doseringen av kalkoppløsningen til hovedvannstrømmen.

Siden filtrering av hovedvannstrømmen i stor grad avskiller partikulært materiale fra kalkoppløsningen, kan større variasjoner i hydraulisk belastning gjennom berederen aksepteres. Doseringen av kalkoppløsning kan derfor skje direkte fra berederen med eksenterskruepumper, styrt etter vannstrømmen gjennom vannbehandlingsanlegget. Utmating av hydratkalken og vanntilførsel til blandtank/bereder kan styres av nivået i berederen (flottørstyring). Systemet bør oppbygges med lengst mulig driftstid mellom start og stopp av kalkutmating og vanntilførsel.

Dosering av kalkoppløsning direkte fra berederen vil medføre betydelig større slambelastning på filtrene og dermed også høyere partikkelinnhold i filtratet. Dersom store krav stilles til partikkelinnholdet i filtratet, bør kalkdoseringsanlegget bygges med bereder og kalklagertank som angitt under punkt 4, og styringen av systemet bør være deretter.

De samme krav bør stilles til ledninger og doseringspumper som nevnt under punkt 4.3.7. og 4.3.8.

5.2. pH-justering etter filtrering.

Som tidligere nevnt bør surhetsgraden ikke overskride pH 6.5 - 7 for tilfredsstillende klordesinfeksjon. Dette begrenser pH-justeringen i karbonatiseringsprosessen før filtreringen til dette nivå. For å oppnå en pH-verdi mellom 8 og 8.5 må den justeres etter klortilsetting og 30 minutters klorkontaktid.

2 ulike metoder kan benyttes for denne pH-justeringen. Disse er:

- Hydratkalk
- Natronlut.

5.2.1. Hydratkalk.

Siden hydratkalkdosering allerede benyttes i anlegget, er det nærliggende også å benytte hele eller deler av dette doseringsanlegget også til justering av surhetsgraden i renvannet. Problemet er imidlertid at betydelig større krav må settes til renheten av kalkoppløsningen etter filtrering. Dette fordrer igjen bedre slamavskilling i berederen og dermed lavere og jevnere overflatehastigheter i berederen. I tillegg er kalklagertank nødvendig for å utjevne variasjoner i dosering av kalkoppløsning.

Dersom samme kalkdoseringsanlegget også skal benyttes for pH-justering av renvann, må hele kalkdoseringsanlegget bygges etter de krav som settes til renvannets kvalitet. Prosessutformingene må da være som i angitt i punkt 4. Dette fordrer lave hydrauliske belastninger og store arealer i berederen, i tillegg til egen kalklagertank. For mindre og mellomstore anlegg kan dette være en aktuell løsning.

For de store anleggene vil de totale berederarealene bli meget store og kostnadskrevene. For reduksjon av disse arealene kan oppdeling av kalkdoseringsanlegget være et alternativ. Kalkdoseringsanlegget kan f.eks. bygges med felles silo, kalkutmater og blandetank (muligens dubberte), og separate beredere.

Prosesslinja for dosering til renvannet må da utformes som nevnt under punkt 4, med lav overflatehastighet i berederen og egen kalklagertank.

Prosesslinja for dosering til vannet før filtrering kan utformes som nevnt under punkt 5.1. med høyt belastet bereder og uten kalklagertank. Kalkdoseringsanlegg med felles silo, kalkutmater og blandetank og separate beredersystemer kan innebære visse fordelingsproblemer av kalkopløsningen fra blandetanken til de to beredersystemene. Disse systemene har bl.a. ulikt behov for kalkopløsning og videre ulikt styringssystem. Fordelingsproblemet mellom disse systemene må derfor gis omtanke. En mulig løsning kan være å anlegge en mindre tank med bare noen få minutters oppholdstid etter den felles blandetanken. Den konsentrerte kalkopløsningen fra blandetanken og alt nødvendig utblandingsvann (til ønsket konsentrasjon, mindre enn 1.5 g hydratkalk pr. liter) blandes i denne tanken. Etter denne tanken fordeles kalkopløsningen til de ulike beredersystemene.

Bruk av ventiler, luker m.v. til denne fordeling er svært vanskelig p.g.a. store partikkelmengder i kalkopløsningen og muligheter for beleggdannelser. V-overløp er heller ikke problemfritt, fordi krav om rolige strømningsforhold før overløpet for tilfredsstillende fordeling av delstrømmene, vanskelig kan kombineres med kravet om turbulente forhold for å unngå sedimentering av store partikler i bunnen. På tross disse vanskeligheter er trolig V-overløp likevel av de beste løsningene. Kompromiss mellom ovennevnte hensyn bør da vies oppmerksomhet. Videre bør hensyn tas for å hindre beleggdannelser av kalsiumkarbonat, særlig i overgangen mellom luft og kalkopløsning. Installering av spylesystemer og tilrettelegging for hyppig driftsettersyn og rengjøring (daglig) er særlig viktig ved bruk av overløp.

Forbruket av kalkopløsning fra de to beredersystemene er som nevnt ulikt og følger ikke nødvendigvis identiske variasjonsmønstre. Dette skaper også fordelingsproblemer mellom de to berederlinjer. En mulig løsning kan være en rommelig dimensjonering av berederlinjen som doserer kalkopløsning til renvannet etter det maksimalt aktuelle behov. I perioder med lavt forbruk kan overskytende kalkopløsningsmengde ledes med selvføll over til bereder som doserer kalkopløsning før filtrene. Løsningen fordrer at vannivået i berederlinjen for dosering til renvannet ligger over vannivået til berederlinjen for dosering før filtrene, slik at kalkopløsningen kan overføres med selvføll.

Hydratkalkutmatingen fra silo og vanntilførselen til berederne bør styres av vannstrømmen gjennom vannbehandlingsanlegget, og overstyres av nivået i berederen(e) som doserer til vannet før filtrene. Hydratkalkkonsentrasjonen i berederen bør være konstant.

Doseringen av kalkopløsning til vannet før filtrene kan styres etter vannstrømmen gjennom vannbehandlingsanlegget og muligens overstyres etter pH-verdi.

Styringen av doseringen til kalkoppløsningen til renvannet kan også skje etter vannstrømmen gjennom vannbehandlingsanlegget og overstyring etter pH-verdi i renvannet eller etter pH-verdi i renvannet alene.

5.2.2. Natronlut.

Ved store og mellomstore anlegg er natronlut det mest anvendte alkaliseringsmiddelet i Norge, og er også interessant til bruk for pH-justering etter karbonatisering, filtrering og desinfeksjon.

Prosessen er relativt uproblematisk og godt kjent og omtales derfor ikke i detalj. Natronlut leveres i 50 prosent løsning og lagres i vannbehandlingsanlegget i denne form. Oppløsningen fortynnes i doseringstank til 10 - 20 prosent løsning og doseres herfra direkte til renvannet med doseringspumper. Doseringen styres etter vannmengde gjennom anlegget og eventuelt overstyres etter surhetsgraden i renvannet etter lutdoseringen. Styringen kan også skje etter pH-verdien i renvannet alene.

Generelt er doseringen uproblematisk og forårsaker ikke partikkeltilførsler til vannet slik som dosering av kalkoppløsning. Ulempen er imidlertid introduksjon av et ekstra kjemikalium som i konsentrert form er etsende og kan innebære en viss arbeidsmiljømessig risiko. Doseringssystemet er imidlertid lukket og krever vanligvis lite tilsyn, så risikoen for uhell burde være akseptabel.

For små og mellomstore anlegg er muligens lut mer aktuelt enn for de helt store vannverkene.

6. HYDRATKALKDOSERING I DIREKTEFILTRERING OG KJEMISK FELLING.

NIVA har gjennomført forsøk med direktefiltrering hvor karbondioksyd, hydratkalk, aluminiumsulfat og hjelpekoagulant tilsettes i nevnte rekkefølge før 3-media filtrering (3). Forsøkene er gjennomført med råvann med lav turbiditet og fargetall og moderat innhold av TOC. Resultatene var generelt gunstige og særlig for turbiditet, hvor enkelte verdier helt nede i 0.05 FTU ble oppnådd. Kalkoppløsningen ble gitt noe oppholdstid før dosering, men gjennomgikk ingen slamavskilling i f.eks. bereder før dosering til vannstrømmen.

Tilsetning av karbondioksyd og kalkoppløsning (fra beredere) før direktefiltrering benyttes ved anlegg i Norge og synes også der å fungere tilfredstillende.

Ved tilsetning før filtrene utnyttet filtrenes evne til avskilling av partikulært materiale og aluminiumsforbindelser fra hydratkalken. Ved råvannskvaliteter med lav turbiditet kan det i enkelte tilfeller være gunstig for fellingsprosessen med tilførsel av partikulært materiale.

I prinsippet bygges prosessen opp som i anlegg med filtrering (beskrevet under kapittel 5). Prosessoppbyggingen gjentas derfor ikke her. To tilsetninger av kalkoppløsning er nødvendig. Den ene før filtrering for heving av alkaliteten til ønsket nivå, samtidig med justering av pH-verdi til optimal verdi for fellingsprosessen, som vanligvis ligger omkring pH 5.8 - 6.2. Den andre tilsetningen kan skje som en siste pH-justering av renvannet etter klordesinfeksjon og klorkontaktid. I siste trinn kan eventuelt også lut benyttes.

I direktefiltreringsanlegg er justering av vannets surhetsgrad vanligvis nødvendig permanent eller periodevis. I sure norske overflatekilder er heving av pH-verdien vanligvis nødvendig. Dette ivaretas med økt tilsetning av kalkoppløsning. I sterkt forurensede overflatekilder med stor algevekst kan pH-verdiene komme opp i høye verdier på dagtid i sommermånedene. Aluminiumsulfat alene kan da vanskelig bringe pH-verdien ned i optimal fellingsverdi uten altfor store doseringer. Økt dosering av karbondioksyd kan ivareta dette problemet permanent eller periodevis.

7. FAGUTTRYKK.

I det følgende gis en forklaring på en del faguttrykk som er benyttet i denne rapporten:

Bereder er en tank hvor oppløsning av hydratkalk og avskilling av partikulært materiale fra kalken skjer.

Blandetank er tank hvor hydratkalk og vann blandes.

Kalklagertank er en tank med ferdig kalkoppløsning.

Kalkoppløsning er oppløsning av hydratkalk og vann.

Kalkutmater er skruer hvor hydratkalk føres ut av siloen.

LITTERATUR.

1. Ohren, J.A. Driftserfaringer fra kalkdoseringsanlegg i vannverk. NIVA's VA-RAPPORT NR. 9/1986.
2. Ohren, J.A. Forsøk med kalkdosering i bereder. NIVA's VA-RAPPORT NR. 17/1987.
3. Ohren, J.A. Pilotforsøk med karbonatisering, filtrering og direktefiltrering ved Skullerud vannanlegg. NIVA's VA-RAPPORT NR.1/1987.
4. Hoehn, R.C. Comparative disinfection methods. AWWA June 1976.
5. Bynton, R. Chemistry and Technology of Lime and Limestone. 1980.

rapporter utgitt av NIVA

- 1/78 Tiltak i eksisterende avløpssystem. Delrapport 1.
C2-31 Kjell Øren. November 1978
- 1/79 Kjemisk felling med kalk og sjøvann. Del 2
C2-34 O-40/71 A Lasse Vråle. Juli 1979
- 2/79 Driftsresultater fra norske simultanfellingsanlegg.
C2-28 Lasse Vråle, Eilen A. Vik. Juli 1979
- 3/79 Slamavvanning med filterpresser. Del 1
O-78102 Bjørn-Erik Haugan. November 1979
- 4/79 Slamavvanning med filterpresser. Del 2
O-78102 Bjørn-Erik Haugan. September 1979
- 5/79 Sigevann fra søppelfyllplass.
C2-26 Torbjørn Damhaug, Arild Eikum,
Ole Jakob Johansen. August 1979
- 6/79 Vannforurensning fra veg.
O-79024 Eivind Lygren, Egil Gjessing,
John Ferguson. Desember 1979
- 9/79 Primærfelling med ulike fellingskjemikalier
ved Sandvika renseanlegg.
O-79001 Lasse Vråle. Desember 1979
- 1/80 Bakteriologiske forhold i norske og utenlandske
råvannskilder
O-78029 Jens J. Nygård. Februar 1981
- 2/80 Treatment of Septic Tank Sludge
Research Proposal
F-80413 Arild Eikum. Januar 1980
- 3/80 Industrifyllplass i Arendal-Grimstadregionen
Vurdering av vannforurensning og rensetekniske
tiltak for alternativene Gloseheia og Lundeheia
O-80016 Torbjørn Damhaug, Hans Holtan. Mars 1980
- 4/80 Utprøving av analysemetoder for PAH og kartlegging
av PAH-tilførsler til norske vannforekomster
A3-25 Lasse Berglind. Mars 1980
- 5/80 Mobil avvanning av septikslam
Utprøving av septikbil »HAMSTERN«
O-80019 Bjørn-Erik Haugan. November 1980
- 6/80 Tilførsingsgrad
Kontroll og kalibrering av vannmålestasjon
ved Monserud kloakkrenseanlegg. Del 1
O-78107 Lasse Vråle. Oktober 1980
- 7/80 Tilførsingsgrad
Forurensningstilførsler og beregning av
tilførsingsgrad for Monserud renseanlegg i 1979. Del 2
O-78107 Lasse Vråle. Oktober 1980
- 8/80 Overløp i avløpsnett
Tilstand i dag og mulige tiltak
C2-32 Eivind Lygren. September 1980
- 9/80 Sikring av vannforsyning i Oslo mot
forurensninger ved uhell eller sabotasje
Vurdering av faremomenter. (Sperrert)
O-79084 Egil Gjessing, Jens J. Nygård. September 1980
- 10/80 Important aspects of water treatment in USA
XT-25 Eilen Arctander Vik. Juli 1980
- 11/80 Myrgrøfting, effekt på vannkvalitet
Noen observasjoner fra grøftet myrområde
i Røyken 1971-79
XK-05 Egil Gjessing. September 1980
- 12/80 Driftsundersøkelse av vannbehandlingsanlegg
F-80417 Torbjørn Damhaug. November 1980
- 13/80 Hvirveloverløp
Avskilling av sedimenterbart materiale og
flytestoffer i overløpsvann
O-79090 Eivind Lygren. Desember 1980
- 14/80 Use of UV and H₂O₂ in water and
wastewater treatment
Research Proposal
F-80415 Arild Schanke Eikum. Desember 1980
- 1/81 Treatment of potable water containing humus by
electrolytic addition of aluminium followed by
direct filtration
Research Proposal
F-80415 Eilen Arctander Vik. Januar 1981
- 2/81 Water research in developing countries
A desk survey about planning and ongoing
research projects
O-80028 Svein Stene Johansen. Januar 1981
- 3/81 VA-teknisk forsøkskall Sentralrenseanlegg Vest SRV
Notat
Arild Schanke Eikum, Arne Lundar. Februar 1981
- 4/81 Alkalization/hardening of drinking water
Research proposal
G-314 Egil Gjessing. Februar 1981
- 5/81 Tiltak mot forurensning fra fiskeoppdrett
Behandling av vann i resirkuleringsanlegg for fiskeoppdrett
Forskningsprogram 1981-1984
FP-80802 Arild Schanke Eikum, Eivind Lygren. Mai 1981
- 6/81 Tiltak i eksisterende avløpssystem. Delrapport 2
O-80018 Svein Stene Johansen. Mai 1981
- 7/81 Kalking av tilløp til lille Asketjern for fjerning av humus
Innledende forsøk. O-81065 Eilen Arctander Vik. August 1981
- 8/81 Tilførsingsgrad for oppsamlingsnett
Status for eksisterende målinger
O-80055 Lasse Vråle. August 1981
- 9/81 A Water Pricing Study for Western Province,
Zambia. Draft !
O-81022 Svein Stene Johansen. September 1981
- 10/81 Fjerning av humus ved H₂O₂ tilsetning
og UV - bestråling
F-80415 Lasse Berglind. Oktober 1981
- 11/81 Treatment of Septic Sludge
European practice
O-80040 Arild Schanke Eikum. November 1981

- 12/81 **Silgrainsyre som fellingsmiddel for avløpsvann**
Buhrestua renseanlegg. Nesodden
O-80093 Lasse Vråle. Desember 1981
- 13/81 **Analyse av vannbehov i husholdninger, næringsvirksomhet institusjoner og til kommunaltekniske formål**
O-78028-01 Svein Stene Johansen, Kim Wedum. Desember 1981
- 1/82 **Fjerning av nitrogen fra kommunalt avløpsvann ved ammoniakkavdrivning**
F-81427 Torbjørn Damhaug. Mars 1982
- 2/82 **Rensing av sigevann fra søppelfyllplasser**
OF-80606 Torbjørn Damhaug. Juni 1982
- 3/82 **Hvirvelkammer og hvirveloverløp**
Regulering av vannføring og rensing av overløpsvann
O-79090 Eivind Lygren, Kim Wedum. Mai 1982
- 4/82 **Avvanning av septikslam i container**
O-81104 Bjarne Paulsrud. August 1982
- 5/82 **Kalibrering og justering av vannføringsmålere**
O-82011 Kim Wedum. Mai 1982
- 6/82 **Vurdering av driftsinstrukser og driftsforhold ved renseanlegg rundt Indre Oslofjord**
O-82004 Arne Lunder, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 7/82 **Styring av kjemikaliedosering ved kjemiske renseanlegg**
Erfaringer med bruk av ledningsevne som styringsparameter
O-82025 Torbjørn Damhaug, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 8/82 **Strålingskjemisk oksydasjon av organisk stoff i vann**
Programforslag. (Sperrret)
F-80415 Kim Wedum. September 1982
- 9/82 **Slamstabilisering under høy temperatur ved bruk av rent oksygen**
F-81430 Bjørn-Erik Haugan. Oktober 1982
- 10/82 **Tørrværsavsetninger i fellessystemrør**
O-82022 Oddvar Lindholm. November 1982
- 11/82 **Treatment of septage**
European practice
O-80040 Arild Schanke Eikum. Februar 1983
- 1/83 **Alkalisering av drikkevann**
Delrapport 1 NIVA/SIFF
F-82441 Eilen A. Vik. Mars 1983
- 2/83 **Industriavløp på kommunale renseanlegg**
Forbehandling av meieriavløp i luftede utjevningsbasseng
Delrapport 1
O-82017 Torbjørn Damhaug. Februar 1983
- 3/83 **Samlet optimalisering av avløpsrenseanlegg og avløpsledningsnett**
O-82124 Oddvar Lindholm. Februar 1983
- 4/83 **Driftskontrollprogram for galvanindustriens renseanlegg**
O-79049 Egil Iversen. Mars 1983
- 6/83 **Optimalisering av galvanotekniske industrirenseanlegg**
O-82119 Egil Iversen. Mai 1983
- 7/83 **Utslipp av syre, løst organisk materiale og suspendert stoff fra Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard juli-oktober 1982**
O-82067 Øivind Tryland. Mars 1983
- 8/83 **Analyseresultater for avløpsvann fra Mosjøen Aluminiumverk april-oktober 1982**
O-82027 Øivind Tryland. Mars 1983
- 9/83 **Vannforurensning ved bruk av kalksalpeter som støvdempingsmiddel på grusveger**
O-81050 Eivind Lygren, Reidun Schei. Juni 1983 (Sperrret)
- 10/83 **Funksjonsprøving nr 2 av membran kammerfilterpresser VEAS Mars 1983**
O-82130 Lasse Vråle. Mars 1983
- 11/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 1
Forurensningsproduksjon fra boligfelt med tett oppsamlingsnett i Sydsbogen, Røyken kommune
O-81041 Lasse Vråle. April 1983
- 12/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 2
Automatisk overvåking av vannforbruk og lekkasje som alternativ metode for beregning av tilføringsgrad.
Resultater fra undersøkelsene ved Sydsbogen, Buhrestua og Siggerud.
O-81041 Lasse Vråle. Desember 1984
- 13/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 3
Spillvannstapets resipient påvirkning i Siggerudgryta, Ski kommune
O-81041 Lasse Vråle. August 1983
- 14/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**
Delrapport 4
Spillvannstapets innvirkning på grunnvannskvalitet.
Buhrestua rensedistrikt, Nesodden kommune.
O-81041 Lasse Vråle. Oktober 1984
- 15/83 **A feasibility study of fishfarming in Jordan**
O-83026 Eivind Lygren, Torbjørn Damhaug. Juni 1983 (Sperrret)
- 16/83 **Driftsanalyse av Bekkelaget renseanlegg**
O-82005 Bjarne Paulsrud, Kim Wedum. Juni 1983 (Sperrret)
- 17/83 **Water Research in Zambia**
A review of the need for water research
O-83014 Svein Stene Johansen. September 1983
- 18/83 **Water Research in Kenya**
A review of the need for water research
O-83014 Svein Stene Johansen. September 1983
- 19/83 **Water research in Tanzania**
A review of the need for water research
O-83014 Svein Stene Johansen, Torbjørn Damhaug. May 1984
- 20/83 **Mikrobiologisk angrep på gummipakninger til vann- og avløpsrør**
Programforslag
O-83033 Kim Wedum. Juni 1983 (Sperrret)

- 21/83 **Slamdeponering ved norske mangansmelteverk**
Fysisk-kjemisk karakterisering av drenevann og virkninger av drenevann på biologiske forhold i resipienten
O-80058 Øivind Tryland, Harry Efraimsen. April 1983
- 22/83 **Sandstangen vannverk**
O-83079 Eilen A. Vik. Juni 1983 (Sperrert)
- 23/83 **Erfaringer med mottak av septikslam på kommunale renseanlegg**
O-82037 Bjarne Paulsrud. Juli 1983
- 24/83 **Miljøgifter i overvann**
O-83063 Oddvar Lindholm. August 1983
- 25/83 **Arealfordeling av korttidsnedbør**
O-83005, F-83450 Oddvar Lindholm. Oktober 1983
- 26/83 **Urbanhydrologi i Sverige**
En litteraturstudie
O-83092 Oddvar Lindholm. November 1983
- 27/83 **Tørrværsavsetninger i fellessystemrør**
Fase II
O-82111 Oddvar Lindholm, November 1983
- 28/83 **Bruk av rent oksygen for luktreduksjon ved renseanlegg R-2, Lillehammer**
O-82083 Bjarne Paulsrud, Bjørn-Erik Haugan. November 1983
- 29/83 **Avsluttende funksjonsprøve for membran-filterpresser ved VEAS, oktober-november 1983**
O-83098 Lasse Vråle, Bjarne Paulsrud. November 1983 (Sperrert)
- 30/83 **Emerging European Wastewater Treatment Technology Preliminary Description**
O-83150 Arild Schanke Eikum. Desember 1983 (Sperrert)
- 31/83 **Treforedlingsindustriens avløpsvann**
Mikrobiell nedbrytning av klorert organisk materiale i blekeriavløpsvann
F-81434 Øivind Tryland, Harry Efraimsen. Desember 1983
- 32/83 **Suspensjoners synkehastighet**
Metode for analyse av finfordelte partiklers synkehastighet i vann
F-81434 Øivind Tryland. Desember 1983
- 33/83 **Silgrainsyre som fellingsmiddel ved SRV, VEAS Slemmestad**
O-82102 Lasse Vråle, P. Sagberg. Desember 1983. (Sperrert)
- 1/84 **Industriavløp på kommunale renseanlegg**
O-82017 Torbjørn Damhaug. Januar 1984
- 2/84 **Luftet lagune for rensing av sigevann**
Delrapport 1. Driftserfaringer
O-83027 Ragnar Storhaug. Februar 1984
- 3/84 **Highway pollution in a Nordic Climate**
O-79024 Eivind Lygren. Mars 1984
- 4/84 **An evaluation of large-scale algal cultivation systems for fish feed production**
O-84002 Torbjørn Damhaug et al. Februar 1984 (Sperrert)
- 5/84 **Matematisk modell av avløpsrensing**
O-82124/F-83448 Oddvar Lindholm. Februar 1984
- 6/84 **Adsorption in Water Treatment**
Fluoride Removal
FP-83828 Eilen A. Vik. Februar 1984
- 7/84 **Analyse av vannføringsdata**
O-81113 Kim Wedum. Januar 1984
- 8/84 **Renseeffekt i Heistad renseanlegg med og uten tilkopling av industrielt avløpsvann**
O-83093 Øivind Tryland. April 1984
- 9/84 **Hygienisering av slam ved bruk av rent oksygen**
F-81430 Bjarne Paulsrud, Bjørn-Erik Haugan, Gunnar Langeland. Juli 1984
- 10/84 **Slamavvanning med filterpresser ved SRV**
Økonomisk sammenligning av Lasta membran-filterpresser og Rittershaus & Blecher kammerfilterpresser
O-83098 Lasse Vråle, Bjarne Paulsrud. Mai 1984 (Sperrert)
- 11/84 **Separat behandling av slamvann fra avvanning av septikslam**
Biologisk rensing ved bruk av aktivslam
O-83021 Ragnar Storhaug. Juni 1984
- 12/84 **Industriutslipp til vassdrag**
Avveininger for å beskytte resipienten, eksempel fra en tekstilbedrift
OF-81618 Bjørn-Erik Haugan, Kim Wedum. April 1984 (Sperrert)
- 13/84 **Treforedlingsindustriens avløpsvann**
Virkning av peroksyd og UV-bestråling på klororganisk materiale og farge i celluloseblekeriers avløpsvann
F-81434 Øivind Tryland. Mai 1984
- 14/84 **Driftsassistanse**
Vannrensing, ÅSV A/S Fundo Aluminium
O-83141 Egil Iversen, Torbjørn Damhaug. Juni 1984
- 15/84 **Ammonium som forurensningsparameter**
O-83035 Kim Wedum. August 1984
- 16/84 **Driftsoppfølging av Biovac renseanlegg for helårsbolig**
O-82101 Bjarne Paulsrud. September 1984
- 17/84 **Kalkfelling på små renseanlegg**
O-83067 Ragnar Storhaug. Oktober 1984
- 18/84 **Hygienisering av slam ved lufttilførsel (Janca-prosessen)**
O-84050 Bjarne Paulsrud, Gunnar Langeland. September 1984
- 19/84 **Utvikling av lukket mærkonstruksjon.**
Prosessløsning og optimalisering
O-84091 Kjell Maroni, Eivind Lygren, Bjørn Braaten. Oktober 1984. (Sperrert)
- 20/84 **Forurensningsproduksjon fra husholdning**
Halvårlig sommerundersøkelse fra Sydskogen i 1983, Røyken kommune.
F-83451 Lasse Vråle. Oktober 1984
- 21/84 **Luftet lagune for rensing av sigevann**
O-83027 Ragnar Storhaug. April 1985
- 22/84 **Avløpsvannmengder tilført påslippene ved SRV i 1983 og 1984**
O-83090 Lasse Vråle. April 1985

- 1/85 Spesifikk forurensningsproduksjon fra husholdning**
Enkel litteraturstudie
O-84131-01 Lasse Vråle. Mars 1985
- 2/85 Kritisk analyse av spesifikke forurensningsmålinger**
O-84131-02 Lasse Vråle. Mars 1985
- 3/85 Treatment of leachate in aerated lagoons**
Lab-scale study
O-84022 Ragnar Storhaug. Juli 1985
- 4/85 Fiskeoppdrett på Grønerudstøa, Nesodden**
O-85233 Bjørn Braaten, Torbjørn Damhaug. Juni 1985
- 5/85 Oppdrett av ferskvannskreps ved Mesna Bruk A/S**
Forprosjekt
O-85126 Sigurd Rognerud, Stellan Karlson
Torbjørn Damhaug, Gösta Kjellberg. August 1985
- 6/85 Driftsassistanse - Vannrenseanlegg ved Steens Fornikling A/S**
O-84157 Øivind Tryland. August 1985
- 7/85 Spillvarmebasert akvakulturanlegg i Tyssedal**
Forprosjekt
O-85226 Kjell Maroni, Erlend Waatevik. September 1985 (Sperrert)
- 8/85 Driftsassistanse - Avløpsledning**
Høvik Lys A/S
O-85221 Øivind Tryland, Eigil Iversen,
Åse K. Rogne. August 1985
- 9/85 Teknologi og miljø i oppdrettsnæring**
O-84159/O-84160 Kjell Maroni. Januar 1985
- 10/85 Rensing av blyholdig avløpsvann.**
Undersøkelser ved Sønnak Batterier A/S
O-85222 Eigil Iversen, Øivind Tryland. September 1985
- 11/85 Spillvarmebasert oppdrettsanlegg i tilknytning**
til Sauda Smelteverk A/S
O-84167 Kjell Maroni. April 1985 (Sperrert)
- 12/85 Overføring av avløpsvann fra Bekkelaget rensedistrikt**
til Sentralrenseanlegg Vest, SRV.
Noen vurderinger av VA-tekniske konsekvenser
O-85147 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 14/85 Vann- og avløpstekniske løsninger for Helleberg hytteområde**
Nordstul, Store-Ble, Notodden kommune
O-85292 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 15/85 Fremdriftsrapport for Frogn Vannverk**
Perioden juni-oktober 1985
O-85211 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 17/85 Landbasert fiskeoppdrettsanlegg i Grimstad**
O-85262/Kristoffer Næs, Eivind Lygren, Torbjørn Damhaug,
Kjell Maroni, Bjørn Braaten. November 1985 (Sperrert)
- 1/86 NIVANETT på mikrodatamaskin**
O-85207 Oddvar Lindholm. Januar 1986
- 2/86 Utvikling av resirkuleringsanlegg for fiskeoppdrettsanlegg**
O-81068 Eivind Lygren, Kjell Maroni. April 1986
- 3/86 Avfall fra skip på norske strender**
O-85174 Tor Moxnes. Mars 1986
- 4/86 Driftsundersøkelse av sølvvarefabrikkers renseanlegg**
O-82108 Eigil Iversen. Februar 1986
- 6/86 Minivannverk - forsøk i full skala med prototyp**
O-84114 Tor Moxnes. Mai 1986
- 7/86 Sanitærbidrag fra yrkesaktive i Ringbygget**
O-85255 Lasse Vråle. Mai 1986
- 8/86 Virkning av dynamisk regn på hydrogram**
O-86037 Oddvar Lindholm. Juni 1986
- 9/86 Driftserfaringer fra kalkdoseringsanlegg i vannverk**
O-86092 Jens Arne Ohren. Juni 1986
- 10/86 Driftsundersøkelse av VIV's direktefiltreringsanlegg**
ved Akersvann
O-86068 Jens Arne Ohren. Oktober 1986
- 11/86 Følsomhetsanalyse for parametre i**
avløpsnettberengninger. Fase I
O-86012 Oddvar G. Lindholm. Oktober 1986
- 12/86 Sanitærbidrag fra yrkesaktive i Bosch bygget**
Oppegård kommune
O-86091 Lasse Vråle. November 1986
- 13/86 Bestemmelse av tilføringsgrad**
O-86195 Lasse Vråle. November 1986
- 14/86 Heterotrofe mikroorganismer i ledningsnett**
for drikkevann
F-86635 Kari Ormerod. Januar 1987
- 15/86 Driftserfaringer for hvirveloverløp**
O-85209, E-86638 Ole Jakob Johansen. Desember 1986
- 16/86 Vannkvalitet Vansjø vannverk**
O-85075 Jens Arne Ohren. Desember 1986.
- 17/86 Evaluering av ABW-filter**
O-86191 Jens Arne Ohren. Desember 1986
- 18/86 VIV's direktefiltreringsanlegg ved Akersvann.**
Renseeffekter for alger, algetoksiner og
andre vannkvalitetsparametre
O-86068 Jens Arne Ohren. Desember 1986

WA rapporter utgitt av NIVA

- 1/87 Overløpsforurensninger**
Teoretiske beregninger
O-85285, O-86638 Oddvar G. Lindholm. Januar 1987
- 2/87 Testing av pH og oksygenmålere**
Delrapport 1. Test av pHOX og oksygenmålere
O-86167 Tor Sukke. Februar 1987. Sperret
- 3/87 Akvakulturmuligheter i Lilleelv**
O-86168 Arne Lande. Desember 1986. Sperret
- 4/87 Desinfeksjon av vann i oppdrettsnæringen**
O-86148 Helge Liltved. Februar 1987
- 5/87 Optimalisering av kalksjøvannsfelling**
Undersøkelse ved NIVAs laboratorie i Oslo og ved SRV
O-85251, E-86645 Lasse Vråle, Hans Kristiansen. Mars 1987
- 6/87 Forurensningsmodell for avløpsvann fra boliger**
Bestemmelse av spesifikke tall
O-86121, O-87029 Lasse Vråle. Mars 1987
- 7/87 Avløpsnettberegninger med EDB**
O-86012 Oddvar Lindholm. April 1987
- 9/87 Fagerstrand Vannverk**
Tiltak mot manganutfelling
O-87081 Hans Kristiansen. Juni 1987
- 10/87 Levetid for asbestementør**
Framdriftsrapport og generelle grunnlagsdata
Prosjektrapport nr.1
O-85208, E-85534 Lars Aaby. August 1987
- 11/87 Pilotforsøk med karbonatisering, filtrering og direktefiltrering ved Skullerud vannanlegg**
O-86256 Jens Arne Ohren. Juni 1987
- 12/87 Kartlegging av forurensningsveier til avisingsvæske brukt på fly**
O-86240 Tor Moxnes. August 1987. Sperret
- 13/87 Forurensningsinntak via fremmedvann i avløpsnett**
O-85254 Lasse Vråle. Juli 1987
- 14/87 Innledende utprøving av Petrofiber for filtrering av vann**
O-86198 Jens Arne Ohren. Juni 1987. Sperret
- 15/87 Undersøkelse av forurensningssituasjonen i Rossfjordvassdraget**
O-86124 Hans Holtan. Juli 1987.
- 16/87 Bakteriereduksjon ved kjemisk rensing med ulike flokkuleringskjemikalier**
Solumstrand renseanlegg
O-87147 Lasse Vråle. September 1987
- 17/87 Forsøk med kalkbereder i kalkdoseringsanlegg**
O-87016 Jens Arne Ohren. September 1987
- 18/87 Vurdering og omfang av fiskedød ved Flåskjer fiskeanlegg**
Ørsta, Møre og Romsdal 16. juli 1987
O-87149 Bjørn Olav Rosseland. September 1987. Sperret
- 19/87 Forurensning fra overløp**
O-96032, E-86638 Lars Aaby. Januar 1988
- 20/87 Rensing av avløpsvann fra settefiskanlegg med Algas Microfilter**
O-87106 Jens Arne Ohren. Oktober 1987
- 21/87 Testing av pH- og oksygenmålere**
Delrapport 2
O-86167 Tor Sukke. November 1987. Sperret
- 22/87 Konvensjonelle prosestetniske løsninger**
O-87016 Jens Arne Ohren. Januar 1988