

# NORVAR

55  
1995

## Prosjektrapport

NORVAR's faggruppe for vannforsyning



### Vannbehandling og innvendig korrosjonskontroll i vannledninger



Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord

Norsk VA-verkforening

# NORVAR-rapport

## Norsk VA-verkforening

Postadresse: Vangsveien 143, 2300 Hamar  
Besøksadresse: Vangsveien 143, Hamar  
Telefon: 62 52 86 50

Rapportnummer:

55/95

Dato:

26.04.95

Antall sider (inkl. bilag)

41

Tilgjengelighet:

Åpen: X

Begrenset:

Rapportens tittel:

Vannbehandling og innvendig korrosjonskontroll i vannledninger

Forfatter(e):

Asle Aasen

Ekstrakt: Det registreres årlig ca. 60.000 tilfeller av vannskader som fører til skadeutbetalinger i størrelsesorden 700 millioner kroner.

Vi har registrert driftserfaringer fra 28 vannverk som benytter 8 ulike behandlingsmetoder for korrosjonskontroll.

Forbruk av kjemikalier varierer mye, også for anlegg med svært likt råvann. Driftskostnadene varierer også svært mye fra anlegg til anlegg, også for anlegg med lite varierende dosering.

Variasjon i driftskostnadene skyldes i noen grad at noen leier lagertanker. Kjøp av store kvantum gir også lavere innkjøpspriser. Lange transporter er også kostnadsdrivende.

Emneord, norske:

Korrosjon

Karbonatisering

Driftserfaringer

Driftskostnader

Emneord, engelske:

Corrosion

Carbonization

Experiences

Economics

Andre utgaver:

ISBN 82-414-0069-1

## FORORD

Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord, styringsgruppe 4 - ledningsnett har i samarbeid med NORVAR gjennomført prosjektet "Vannbehandling og innvendig korrosjonskontroll i vannledninger".

Det er stor interesse for karbonatisering av drikkevann utfra ønsket om å redusert korrosjon i distribusjonssystemene og lengre levetid. Det er også en målsetting at behandlet vann skal beholde kvaliteten fram til konsumentene.

Vi takker etterfølgende for deltakelsen i prosjektet:

AGA AS	Karmøy kommune	Statens Næringsm.tilsyn
Asker kommune	MOVAR	Vestby kommune
Asker og Bærum v.verk	Nesodden kommune	Vestfold Interk.
Bergen kommune	Oppegård kommune	Vannverk
Bærum kommune	Oslo kommune	Ås kommune
Frogn kommune	OVARøyken kommune	
Hurum kommune	Ski kommune	
Hydrogas Norge AS	Skien kommune	

Hamar 24.april 1995

Asle Aasen

1. **INNLEDNING**
2. **OPPSUMMERING**
3. **OVERSIKT OVER ANLEGG FOR KORROSJONSKONTROLL.**
4. **VANNVERK MED BRUK AV KALK**
  - 4.1 Ca(OH)<sub>2</sub> og CaO
  - 4.2 Ca(OH)<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>
  - 4.3 Mikronisert kalk og CO<sub>2</sub>
5. **VANNVERK MED BRUK AV LUT**
  - 5.1 NaOH
  - 5.2 NaOH og CO<sub>2</sub>
6. **VANNVERK MED BRUK AV SODA (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)**
7. **VANNVERK MED ALKALISKE FILTRE**
  - 7.1 Alkaliske filtre
  - 7.2 Alkaliske filtre og CO<sub>2</sub>
8. **ANDRE ERFARINGER MED KORROSJON**
  - 8.1 Vannskadestatistikk
  - 8.2 Karbonatisering, kobberkorrosjon og erfaringer fra Trondheim
- Vedlegg **FOU-VIRKSOMHET**
  - Registreringsskjema versjon 1
  - Registreringsskjema versjon 2



## 1. INNLEDNING

"Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord" samarbeider med NORVAR om prosjektet "VANNBEHANDLING OG INNVENDIG KORROSJONS-KONTROLL I VANNLEDNINGER".

Fagrådet framhever den betydelige utrednings- og planleggingsaktivitet omkring temaet og mangfoldet av IOU-rapporter. Leverandører og konsulenter driver betydelig markedsføring. Det er bygget mange anlegg, men erfaringene fra disse er diffuse og ikke systematisert.

En undersøkelse NORVAR gjennomførte blant sine medlemmer i 1992/93 viser at det er stor interesse for å få vite mer om erfaringene fra drift av anlegg og betydning for vannkvalitet og ledningsnett.

I Norden satses det betydelige beløp på å utrede problemstillinger knyttet til vannbehandling og innvendig korrosjonskontroll. Sveriges VA-forsk har alkalisering som sitt største prosjekt (3,3 mill kroner). KOMTEK har bevilget 795.000 kroner til prosjekt "Forfall i ledningsnettet", der også innvendig korrosjon og alkalisering inngår.

Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord bevilget i 1993 100.000 kroner for å få erfaringer med alkalisering. NORVARs medlemmer er også opptatt av dette og bidrar økonomisk i gjennomføringen av dette prosjektet.

Prosjektet er delt i to hovedfaser. I første fase samler vi inn opplysninger om og erfaringer fra drift av eksisterende anlegg. Opplysningene skal siden systematiseres og presenteres som rapport. I neste fase skal det arrangeres en norsk/nordisk konferanse omkring temaet, hvor vi vil forsøke å initiere et felles nordisk prosjekt.

Vi mener det er viktig å presentere driftserfaringer og økonomiske resultater fra anlegg som driver behandlingstrinn for karbonatisering. Dette vil være nødvendig og nyttig informasjon ved evaluering av eget anlegg.



## 2. OPPSUMMERING

### SAMMENDRAG

Funksjonstiden for ledningsmassen er mye lengre enn levetiden. Det er derfor stor interesse for behandlingsmetoder som kan forlenge levetiden. Imidlertid er det ingen som har samlet inn og systematisert driftserfaringer fra vannverk med behandlingstrinn for karbonatisering.

Det registreres årlig ca. 60.000 tilfeller av vannskader. Årlig utbetales det i størrelsesorden 600 millioner kroner i skadeserstatninger. Inkluderer en egenandeler, skader som ikke erstattes etc. medfører vannskader kostnader i størrelsesorden 1,4 milliarder kroner hvert år.

Det finnes ikke noen operativ database over anlegg hvor vi kunne hente ut en oversikt over aktuelle anlegg. Vi sendte derfor ut 152 forespørsler for å framskaffe en slik oversikt over anlegg med karbonatiseringstrinn.

Vi fikk etterhvert navn på 52 anlegg som angivelig hadde behandlingstrinn for karbonatisering av drikkevannet. Alle disse ble tilskrevet, 27 returnerte registrerings skjemaet.

Vi var spesielt interessert i erfaringer fra drift, både direkte kvantifiserbare erfaringer som kjemikalieforbruk og -kostnader, men også synspunkter på hvorledes karbonatiseringen virket inn på driften av ledningsnett.

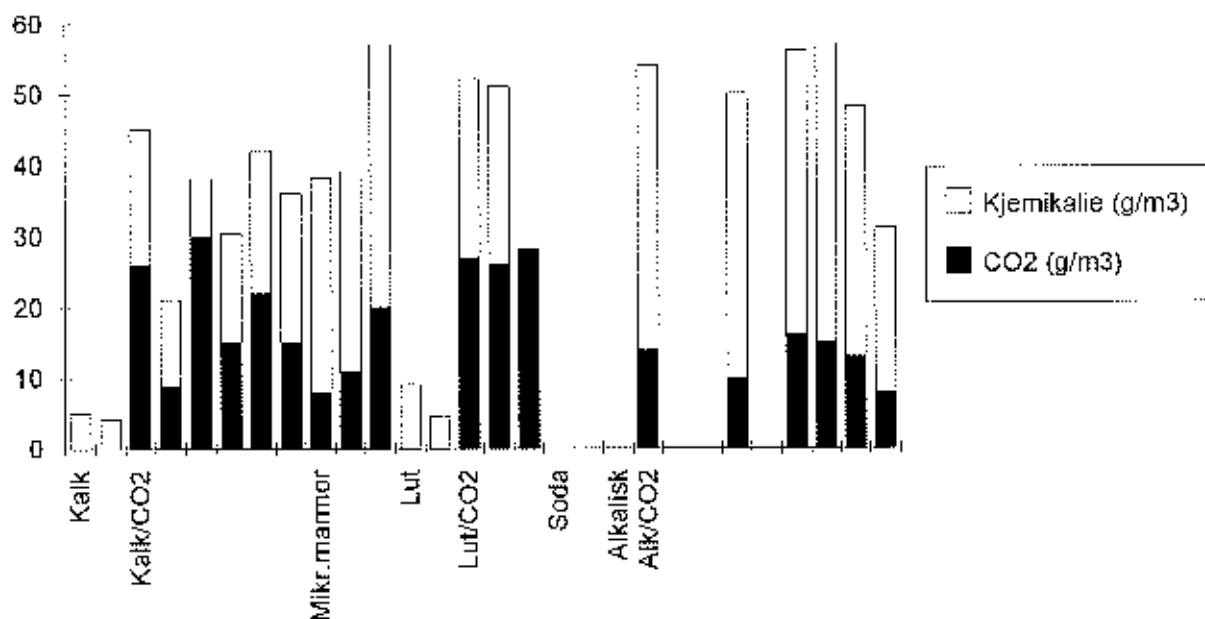
Vi har sammenstilt resultatene på følgende måte:

Tab. 2.1.1 Sammenstilling kjemikalieforbruk

	SAMMENSTILLING KJEMIKALIEFORBRUK							
	Kalk	Kalk + CO <sub>2</sub>	Mikr. korn + CO <sub>2</sub>	3.tr	1.tr + CO <sub>2</sub>	Soda	Alkaliske filter	Alkaliske filter + CO <sub>2</sub>
	2 anlegg	7 anlegg	3 anlegg	4 anlegg	3 anlegg	2 anlegg	1 anlegg	9 anlegg
	g/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>
Min/kjem	4.1	8	28	4.5	25	ingen data	ingen data	23
Mid/kjem	4.5	14.8	32	6.75	25			36
Max/kjem	5.0	20	37	9.0	25			42
Min/CO <sub>2</sub>		9	8		26			10
Mid/CO <sub>2</sub>		20.4	13		26.5			13
Max/CO <sub>2</sub>		30	20		27			15

I etterfølgende figur viser vi kjemikalieforbruket for de ulike behandlingsmetodene. For anlegg med kalk/mikronisert marmor med CO<sub>2</sub>-tilsats varierer kjemikalieforbruket mye. Noen anlegg doserer mye mer kjemikalier enn andre anlegg. Dette skyldes sannsynligvis at noen anlegg doserer mikr. marmor rett etter dosering av Al.sulfat og dermed bruker den lave pH der til oppløsning av Kalsium. De sparer derved CO<sub>2</sub>. Men vi har for få/usikre opplysninger til å kunne

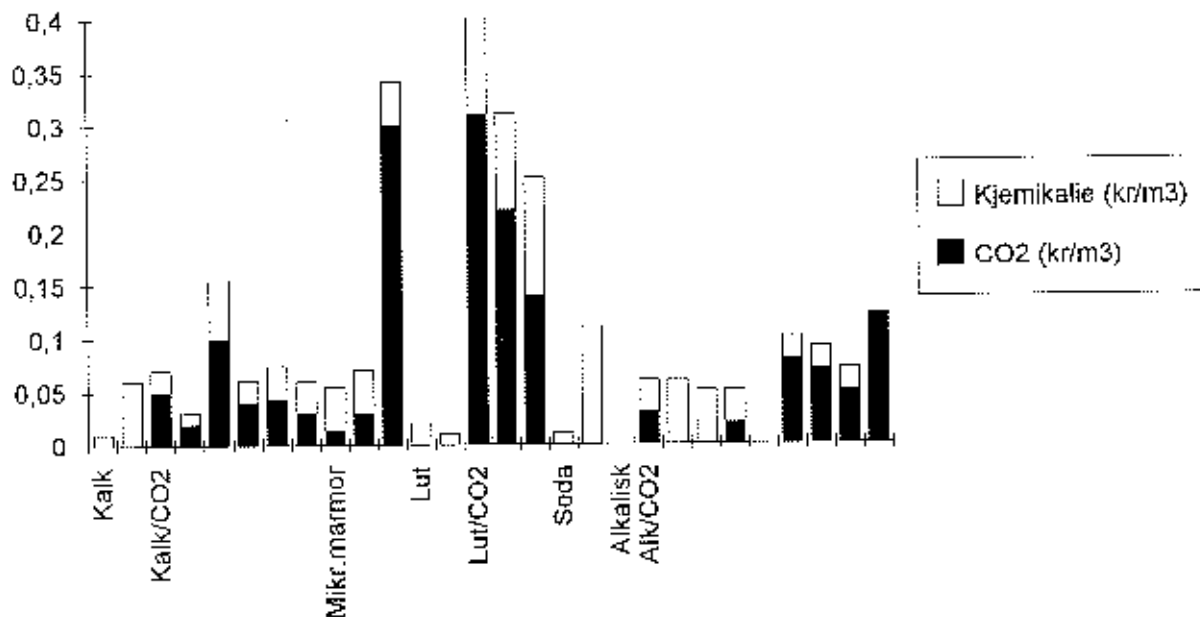
gi en sikker forklaring på dette. Få anlegg fører systematisk registrering av driftserfaringene, noen anlegg fører ikke driftslogg i hele tatt.



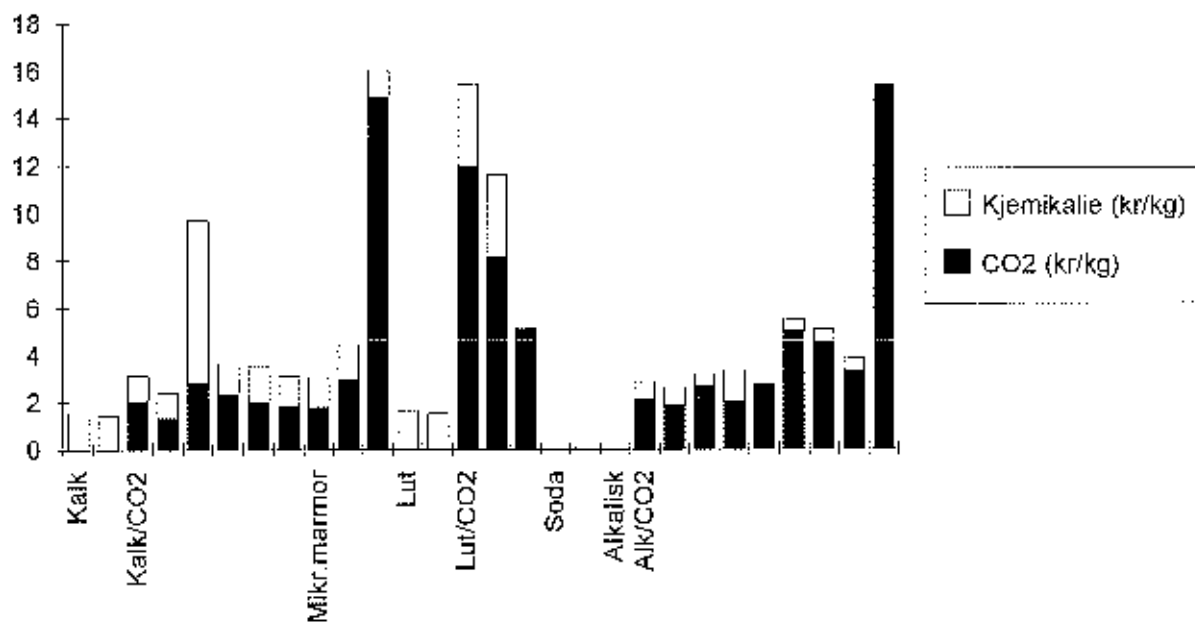
Tabell 2.1.2 viser stor variasjon i kjemikaliekostnad som kr/m<sup>3</sup>. Noe av forklaringen kan være at anleggene doserer forskjellig, har ulike innkjøpsavtaler med leverandør etc. Men det kan også være at anleggseierne har inkludert ulike kostnadselementer i beregningen av driftskostnaden. I etterfølgende figur har vi illustrert grafisk hvordan kjemikaliekostnadene fordeler seg på ulike behandlingsmetoder.

Tab. 2.1.2 Sammenstilling driftskostnader

	SAMMENSTILLING DRIFTSKOSTNADER							
	Kalk	Kalk + CO <sub>2</sub>	Mikr. kalk + CO <sub>2</sub>	Lut	Lut + CO <sub>2</sub>	Soda	Alkalisk filter	Alkalisk filter + CO <sub>2</sub>
	kr/m <sup>3</sup>	kr/m <sup>3</sup>	kr/m <sup>3</sup>	kr/m <sup>3</sup>	kr/m <sup>3</sup>	kr/m <sup>3</sup>	kr/m <sup>3</sup>	kr/m <sup>3</sup>
	2 anlegg	3 anlegg	2 anlegg	2 anlegg	2 anlegg	2 anlegg	1 anlegg	2 anlegg
Min/kje	0.01	0.01	0.04	0.007	0.09	0.01		0.02
Mid/kje	0.035	0.027	0.04	0.014	0.09	0.06		0.025
Max/kje	0.06	0.055	0.04	0.02	0.09	0.11		0.03
Min/CO <sub>2</sub>		0.02	0.03		0.22			0.026
Mid/CO <sub>2</sub>		0.05	0.16		0.265			0.07
Max/CO <sub>2</sub>		0.10	0.30		0.31			0.12
Sum mid.	0.035	0.077	0.34	0.014	0.355	0.06		0.095



Driftskostnadene som kr/m<sup>3</sup> varierer mye, Av den grunn satte vi opp etterfølgende figur hvor vi har illustrert kjemikaliekostnad som kr/kg. Som figuren viser varierer kostnad som kr/kg meget. Men igjen kan det ligge kostnadselementer i underlaget som vi ikke har kjennskap til.



## **DRIFTSERFARINGER**

I registreringsskjemaet ba vi om synspunkter på om driften av behandlingsanlegget og ledningsanlegg hadde endret seg etter at karbonatiseringstrinnet ble satt i drift. Vi kan oppsummere synspunktene som følger:

- mindre behov for nettskylling
- færre ledningsbrudd
- færre klager på vannkvaliteten
- bedre driftsforhold
- episoder med slamflukt på ledningsnett
- problemer med kalkdoseringsanlegget
- mye sand i hydratkaliken, resulterer i pumpeproblemer og tette slanger

Få anlegg fører systematiske registreringer av erfaringene fra driften av anlegget. Mange anlegg er relativt nye, med liten driftsperiode. Tilbakemeldingene fra anlegg som har alkaliske filtre, er overveiende positive.

## **VÅRE ERFARINGER FRA GJENNOMFØRINGEN AV PROSJEKTET**

Vi brukte mye tid på å finne fram til anlegg med behandlingstrinn for karbonatisering. Det er ingen database over vannverk med beskrivelse av prosessstrinn. Vi måtte gå via fylkeskommuner, driftsassistanser, konsulenter og leverandører for å få en viss oversikt.

Registreringsskjemaet må være enkelt med et minimum av datasøk i egne arkiver og et minimum av beregningsoppgaver.

På det tidspunktet vi begynte vår registrering, var det få anlegg i drift. Interessen var stor og i årene 1993 - 94 er det planlagt og bygd svært mange anlegg.

Få anleggseiere har fulgt opp driften av anleggene med systematisk registrering av kostnader og erfaringer.

Det er ulik praksis med hensyn på føring av driftsregnskap. Det ligger derfor ulike kostnadslemler i driftsutgiftene, dette slår derfor ulikt ut i kostnadsbildet.

Det har tatt mye tid å følge opp anleggseierne.

Interessen for å bygge behandlingstrinn for karbonatisering er svært stor. Eksisterende anlegg for karbonatisering drives godt, men kan likevel ha nytte av driftsresultater fra anlegg som drives optimalt.

### **3. OVERSIKT OVER ANLEGG FOR KORROSJONSKONTROLL.**

Det finnes ingen oversikt over bygde anlegg for korrosjonskontroll (karbonatisering). I første omgang var det derfor nødvendig for oss å framskaffe denne oversikten selv.

#### **Hvem har vi kontaktet for å framskaffe oversikt over bygde anlegg?**

Vi kontaktet Kommunaldepartementet og fylkeskommunene fordi disse gir statstilskudd til vannforsyningsformål, enten av sentral eller delegert ramme.

Folkehelse har i en årrekke etablert egen database over vannforsyning og vannverk. Vi beklager spesielt at vi ikke fikk noen tilbakespill fra dette miljøet.

FOU-miljøer er sentrale i dette arbeidet, også utfra den synsvinkel at erfaringene fra bygde anlegg er viktig for framtidig prioritering av videre forskning.

Leverandørene av VA-kjemikalier er også kontaktet og vi fikk verdifulle innspill fra disse. Konsulentfirmaene og driftassistansene arbeider i tett kontakt med anleggseierne og har god oversikt over bygde anlegg i sine områder. Vi fikk mange viktige kontakter gjennom dette nettverket.

Vi kontaktet også medlemmene i NORVARs faggruppe for vannforsyning og Brukerklubben for prosess-styresystemer, drift- og fjernkontroll. Flere av medlemmene i disse to gruppene driver anlegg for korrosjonskontroll og er generelt interessert i vannforsyningsspørsmål og spesielt i korrosjonskontroll.

Totalt sendte vi ut 152 forespørsler der vi ba adressaten oppgi anleggsnavn og navn på kontaktperson.

Vi fikk navn på 58 anlegg som har erfaring med drift av anlegg for korrosjonskontroll (karbonatisering).

Alle disse 58 anleggseierne er tilskrevet og bedt om å fylle ut (krysse av). Vi fikk svar fra 21 anleggseiere (erfaringer fra 24 anlegg).

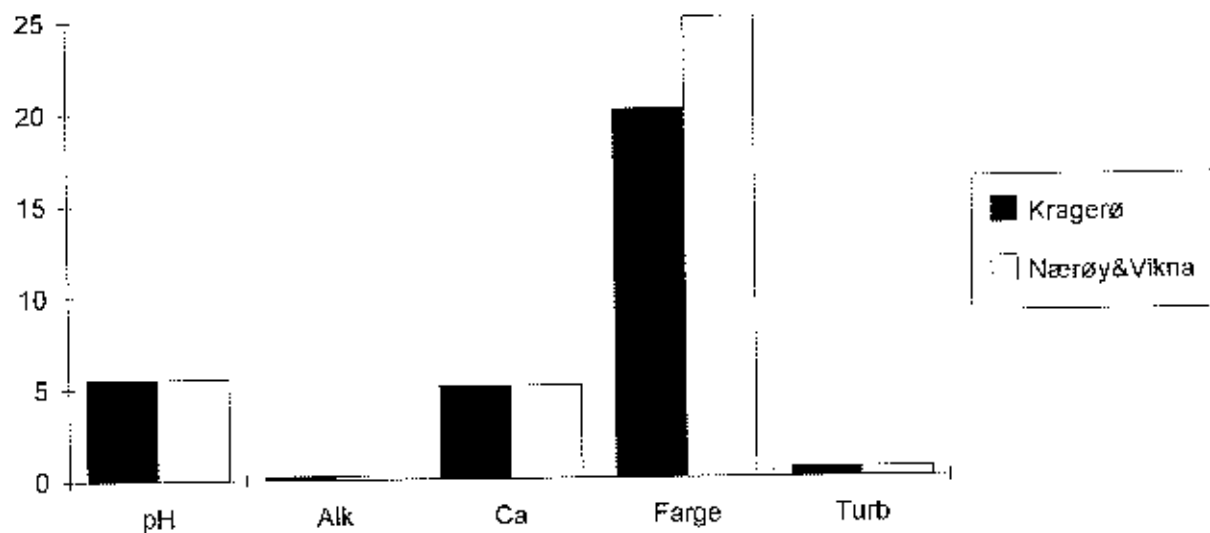


## 4 VANNVERK MED BRUK AV KALK

### 4.1 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ og $\text{CaO}$

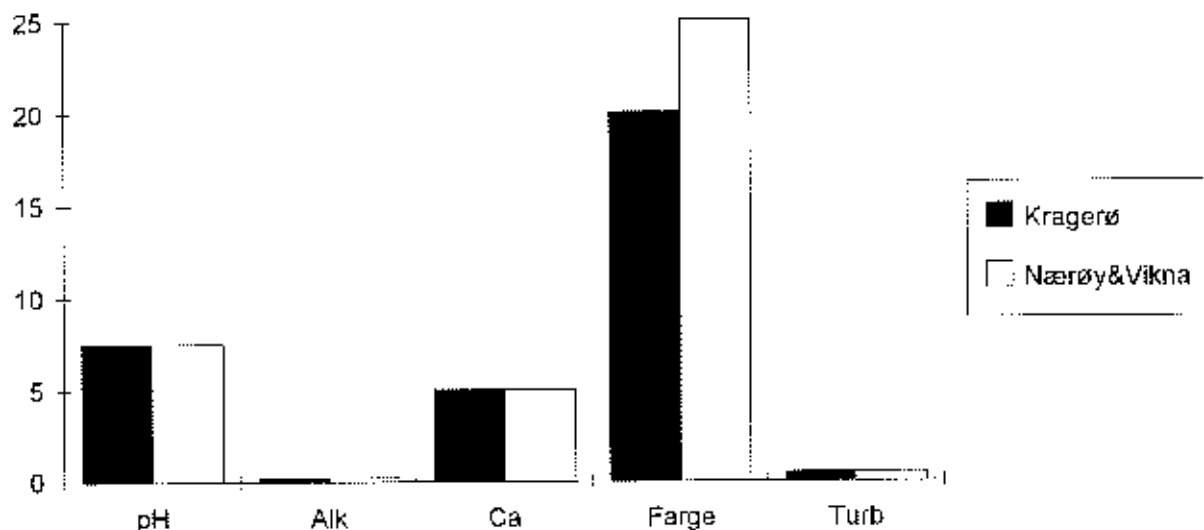
Vi har fått driftsdata fra 2 vannverk som benytter hydratkalk. Begge to har dype innsjøer som vannkilde. Kragerø Vannverk leverer i størrelsesorden 3 mill  $\text{m}^3$  vann og Nærøy og Vikna Fellesvassverk i Nærøy kommune i Nord-Trøndelag ca. 1.5 mill.  $\text{m}^3$  pr. år.

**Råvannskvalitet**

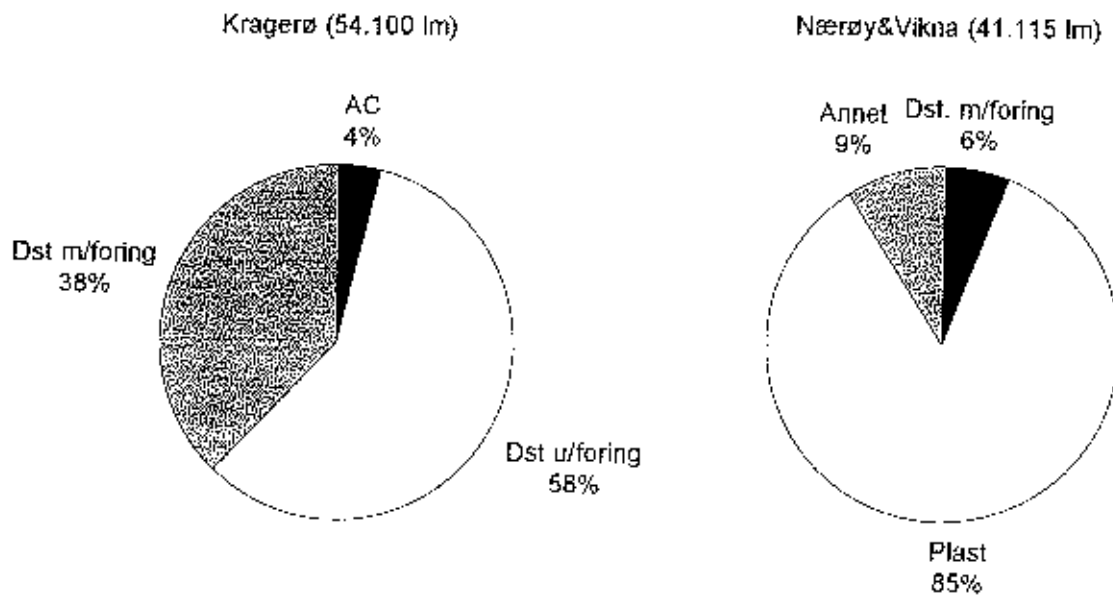


For vannverkene Kragerø, Nærøy og Vikna består vannbehandlingen av siling, tilsetning av kalk og desinfisering.

**Rentvannskvalitet**

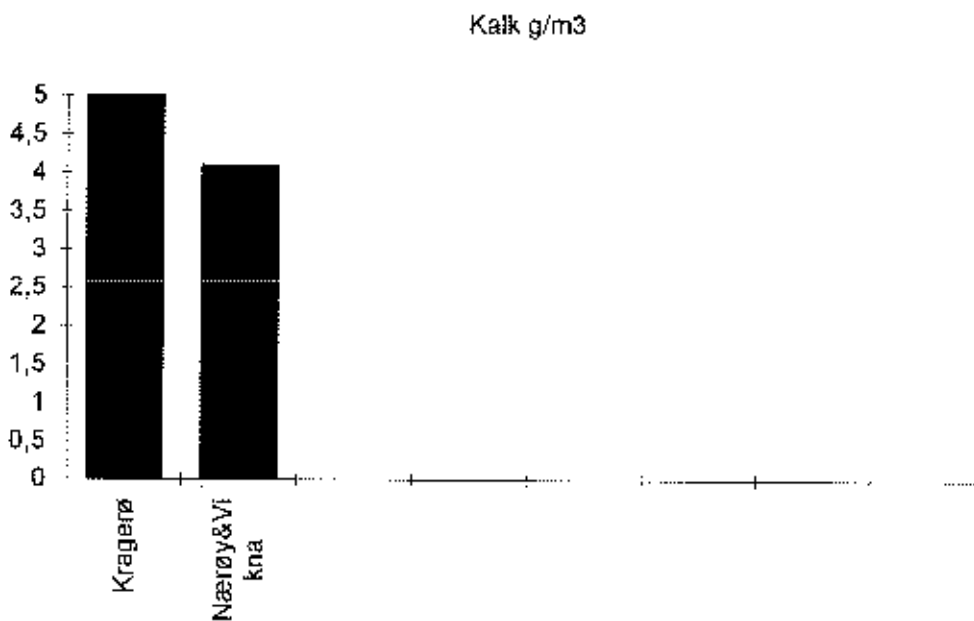


Ledningsnettet har følgende sammensetning:



D st. m/foring står for duktilt støpejern med sementforing, Dst. u/foring står for Grått uforet duktilt støpejern og AC betyr asbestsementrør.

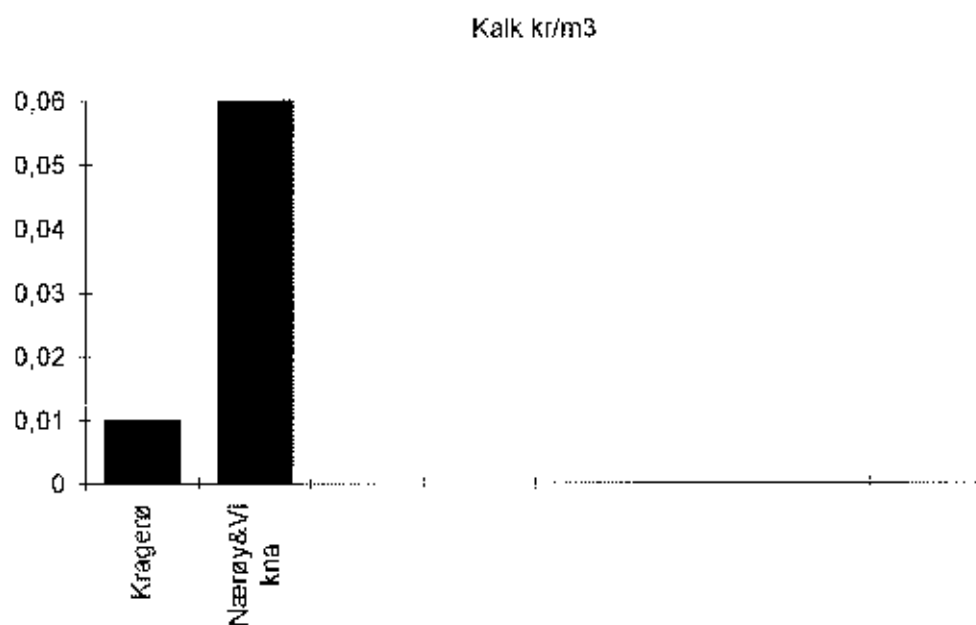
Forbruket av kalk er som vist i etterfølgende figurer og i tabell 4.1.1 Driftskostnader.



Tab. 4.1.1 Driftskostnader

	Vannproduksjon m <sup>3</sup> /år	DRIFTSKOSTNADER 1992					
		Forbruk kalk		Årskostnad		Sum karbonatisering	
		kg	g/m <sup>3</sup>	kr	kr/m <sup>3</sup>	kr	kr/m <sup>3</sup>
Kragersø Vanaverk 1)	3.000.000	15.000	5,0	23.400	0,01	23.400	0,01
Nærøy og Vikua 2)	1.500.000	6.000	4,1	8.500	0,06	8.500	0,06

- 1) Kragersø: Vi har ingen karbonatisering og ingen korrosjonskontroll. Vi tilsetter kun flyttkalk. Vi håper å få hevet alkaliteten ved ytterligere vannbehandling i 1997-98.
- 2) Samme behov for nettspyling. Færre klager på vannkvalitet etter oppstart pH-justering. Uendrede driftsforhold.



## 4.2 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ og $\text{CO}_2$

MOVAR i Moss-regionen tar vannet fra Vansjø, en grunn innsjø. Anlegget er dimensjonert for 520 l/s, maksimal belastning siste år er 336 l/s og levert vannmengde er 7.902.450 m<sup>3</sup>.

Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV) tar vannet fra en dyp innsjø. Anlegget er dimensjonert for 115.000 pe (1.500 l/s), maksimal belastning siste år er 1.300 l/s og levert vannmengde er 25.000.000 m<sup>3</sup>.

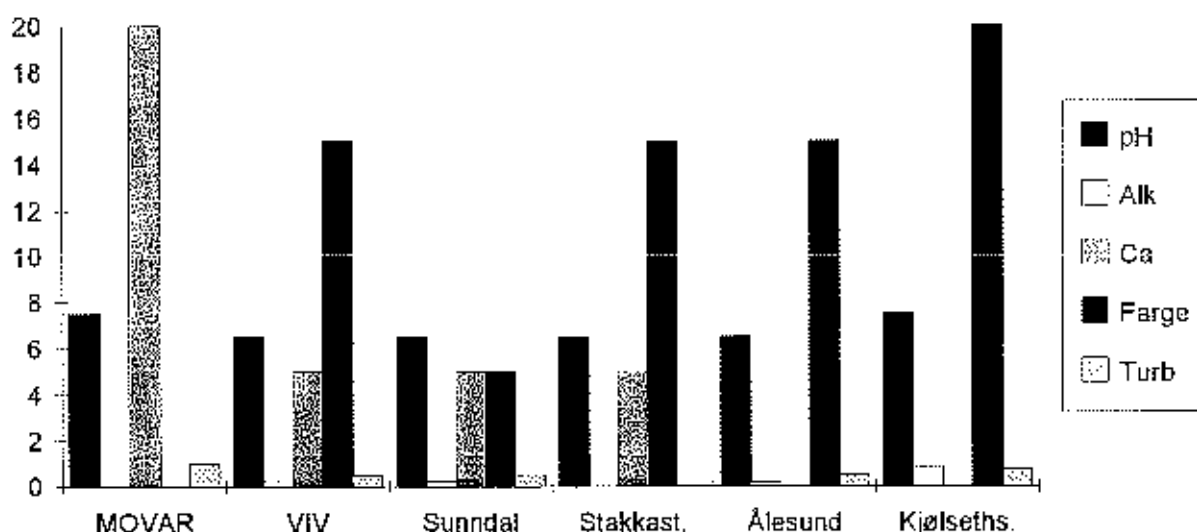
Sunddal vannverk forsynes med grunnvann fra løsmasseavsetning. Anlegget er dimensjonert for 10.000 pe (80-100 l/s). Maksimal belastning er 70 l/s og levert vannmengde i 1992 er 1.100.000 m<sup>3</sup>.

Stakkastadvann vannverk i Haugesund tar vannet fra en dyp innsjø. Vannverket er dimensjonert for 80.000 pe (570 l/s), maksimal belastning er oppgitt til å være 570 l/s og vannverket leverte 8.780.000 m<sup>3</sup> i 1992.

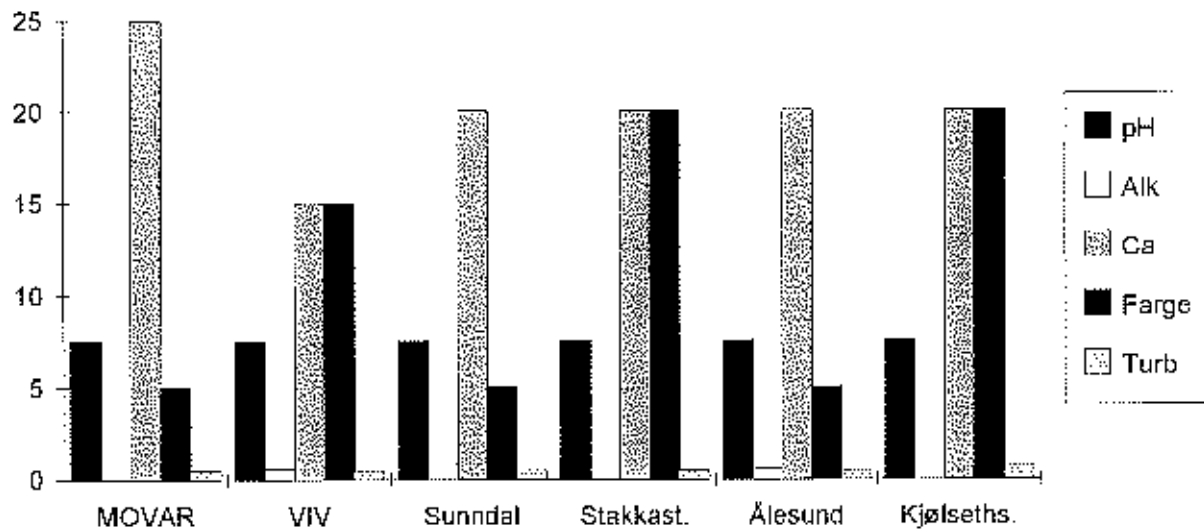
Ålesund vannverk tar også vannet fra en dyp innsjø. Vannverket er dimensjonert for 34.800 pe (650 l/s). Maksimal belastning siste år er oppgitt til å være 480 l/s og levert vannmengde er 10.900.000 m<sup>3</sup>.

Kjølsethsvea vannverk på Østre Toten er dimensjonert for 115 l/s. Maksimal belastning i 1992 er 138 l/s og levert vannmengde er 2.340.000 m<sup>3</sup>.

Råvannskvalitet



## Rentvannskvalitet



MOVAR har roterende siler, alkalisering med hydratkalk, flokkulering med direkte filtrering i åpent flermediafilter, klorering og aktivt kull.

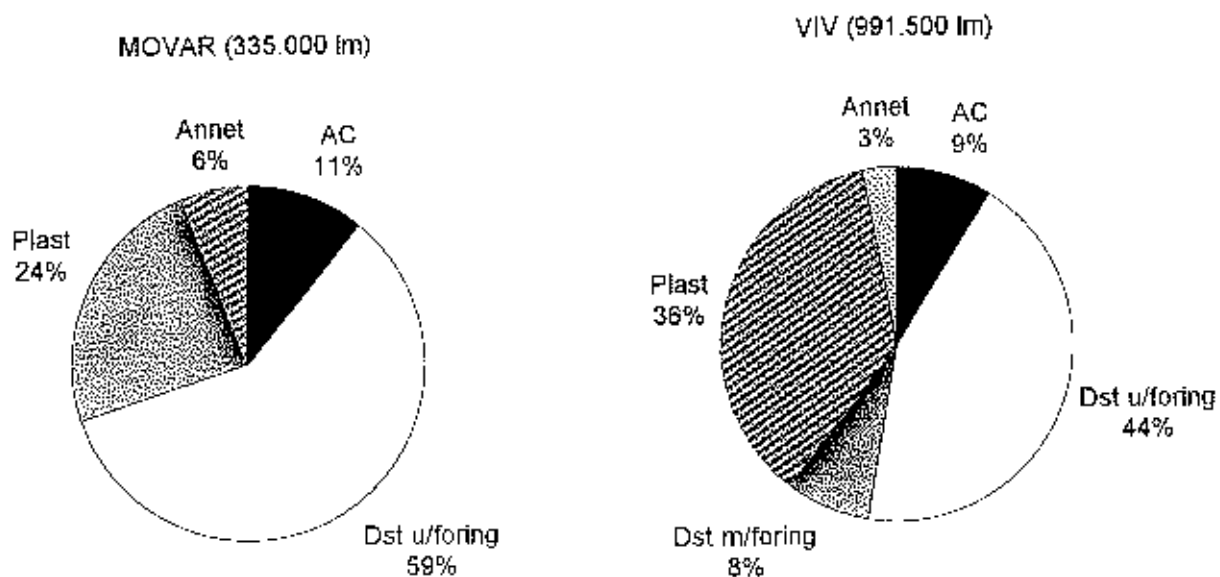
VIV's vannbehandling består av hurtigsandfilter, alkalisering med brent kalk og klorering.

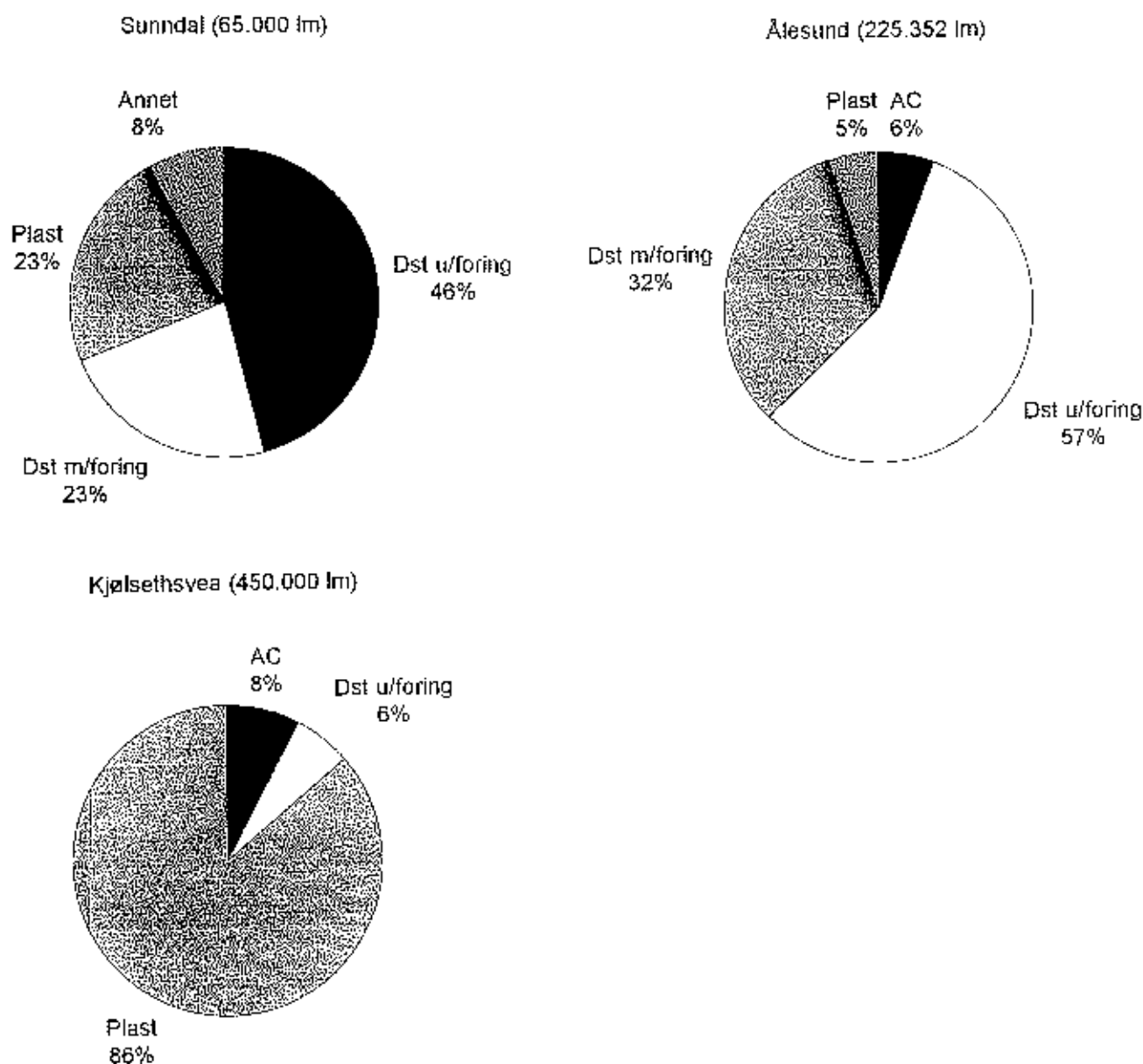
Sunndal vannverk tilsetter hydratkalk og CO<sub>2</sub> og desinfiserer med UV.

Stakkastad og Ålesund vannverker har siling og klorering. Stakkastadvann vannverk benytter brent kalk mens Ålesund bruker hydratkalk.

Kjølsøthsveas vannbehandling består av siling og sandfiltrering. Til alkalisering benyttes kalk og CO<sub>2</sub>, desinfisering med klorgass.

Distribusjonssystemene har følgende sammensetning, forkortelsene er forklart i kap. 4.1:



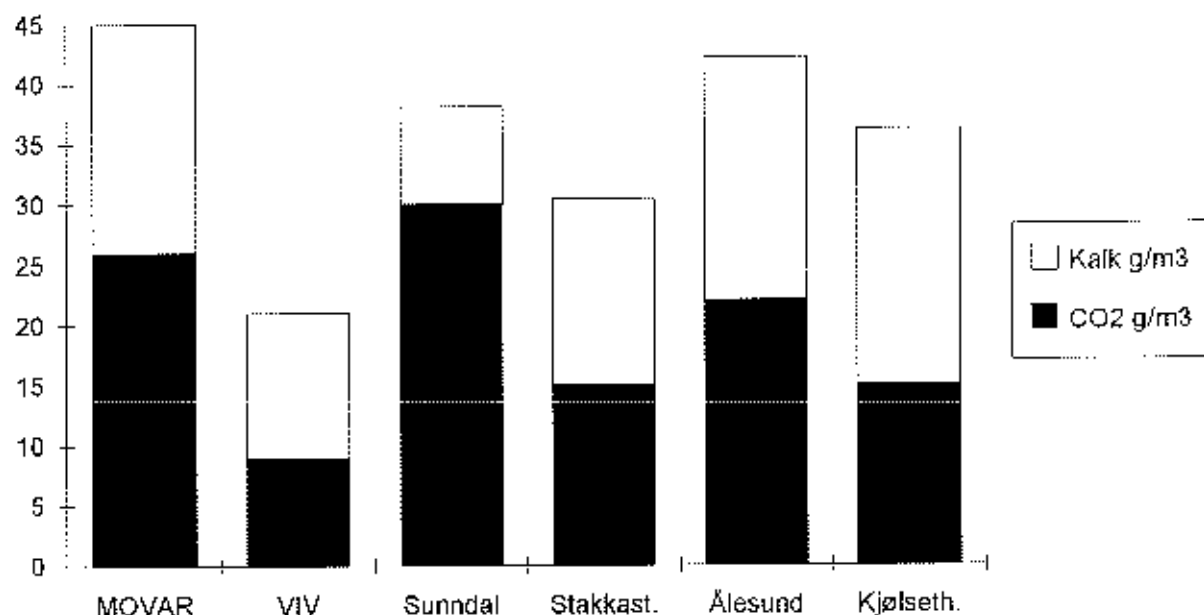


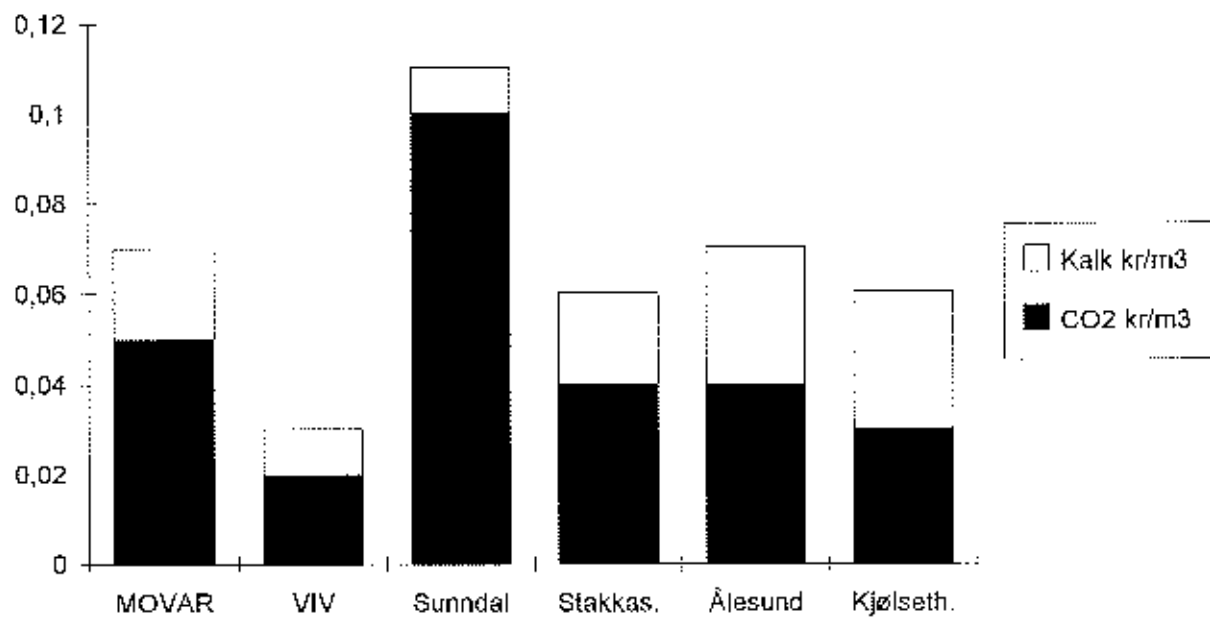
- MOVAR:** Mindre behov for nettskyling, færre ledningsbrudd, færre klager på vannkvalitet og bedre driftsforhold etter oppstart karbonatisering.
- VIV:** Problemer med kalkdosering. Foreløpig ikke full karbonatisering.
- Sunndal:** Få driftserfaringer, anlegget satt i drift juni 1993 med CO<sub>2</sub>.
- Stakkastad:** Lite klager men episoder med slamflukt i rørne som gir sterkt farget vann. Ingen bedring i driftsforhold eller redusert antall brudd.
- Ålesund:** Som følge av unormalt høye lekkasjer (ca. 6.500.000 m<sup>3</sup> i året) har vi midlertidig stoppet karbonatiseringen av renvannet. Erfaringene er gode, med spesielt virkning på vannets bufferevne.  
Karbonatisering vil bli gjenopptatt så snart trykkreduksjonstiltak er gjennomført (ca. 1. halvår 1994)  
En periode på ca. 1 år er gjennomkjørt uten nevneverdige problemer, men med større innsats på kalkbehandlingsanlegget. Kalkbehandlingsanlegget har en max. kapasitet på 26 kg. hydratkalk pr. time.
- Kjølsethsvea:** 230 km med fordelingsnett med diam. mindre enn 100 mm.

Tab. 4.2.1 Driftskostnader

	Vannproduksjon m <sup>3</sup> /år	DRIFTSKOSTNADER 1992									
		Forbruk CO <sub>2</sub> kg	Årskostnad CO <sub>2</sub> kr/m <sup>3</sup>	Forbruk kalk kg	Årskostnad kalk kr/m <sup>3</sup>	Sum karbonatisering kr/m <sup>3</sup>					
MOVAR 1)	7.902.450	218.600	26	425.992	0.115	156.300	19	167.241	0.02	593.233	0.07
VIV	25.100.000	238.000	9	320.000	0.02	320.000	12	335.000	0.01	760.000	0.03
Suundal vv	1.100.000	35.000	30	300.000	0.10	8.800	8	60.000	0.055	160.000	0.155
Stakkastadv 3)	8.780.000	132.000	15	311.002	0.04	134.000	15,3	174.000	0.02	485.000	0.06
Ålesund vv	10.900.000	238.000	22	475.000	0.044	216.000	20	332.208	0.03	807.208	0.074
Kjølsesvea 2)	2.340.000	33.600	15	62.000	0.03	47.300	21	59.000	0.03	121.000	0.06

- 1) Anlegget har svart til forventningene!
- 2) Karboniseringsanlegget har ikke svart til forventningene, større problemer med kalkdoseringen. Mye sand i hydratkalken. Problemer med kalkdos.pumper og tetting i doseringsslanger. CO<sub>2</sub>-anlegget har fungert tilfredsstillende.
- 3) Kommunen hadde spesielt gunstig avtale om kjøp av CO<sub>2</sub> i 1992. Kostnadstallet for CO<sub>2</sub> er derfor fra 1993, vannmengde er relativt samsvarende med levert mengde i 992.

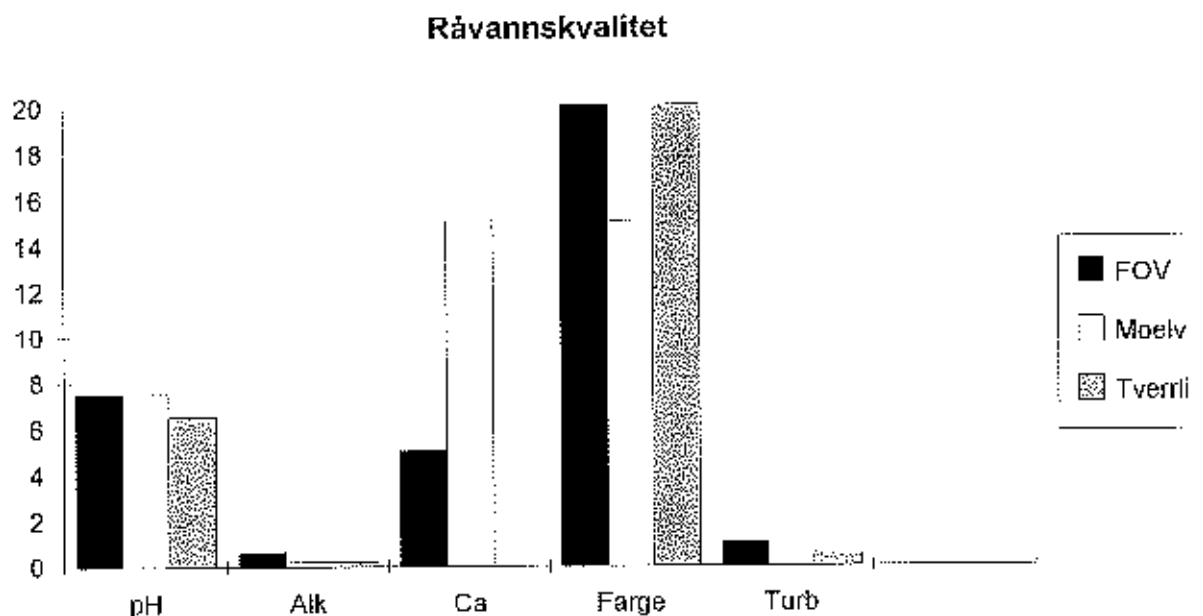




### 4.3 Mikronisert kalk og CO<sub>2</sub>

Fredrikstad og omegn vannverk (FOV) tar vann fra Glomma, som kan karakteriseres som en grunn innsjø. Moelv vannverk tar vann fra stort dyp i Mjøsa.

Tverrli renselanlegg i Aukra kommune har to kilder, grunn innsjø og grunnvann fra løsmasse. Anlegget er dimensjonert for 4.000 pe (23 l/s), maks. belastning i 1992 30 l/s og levert vannmengde 580.000 m<sup>3</sup>.

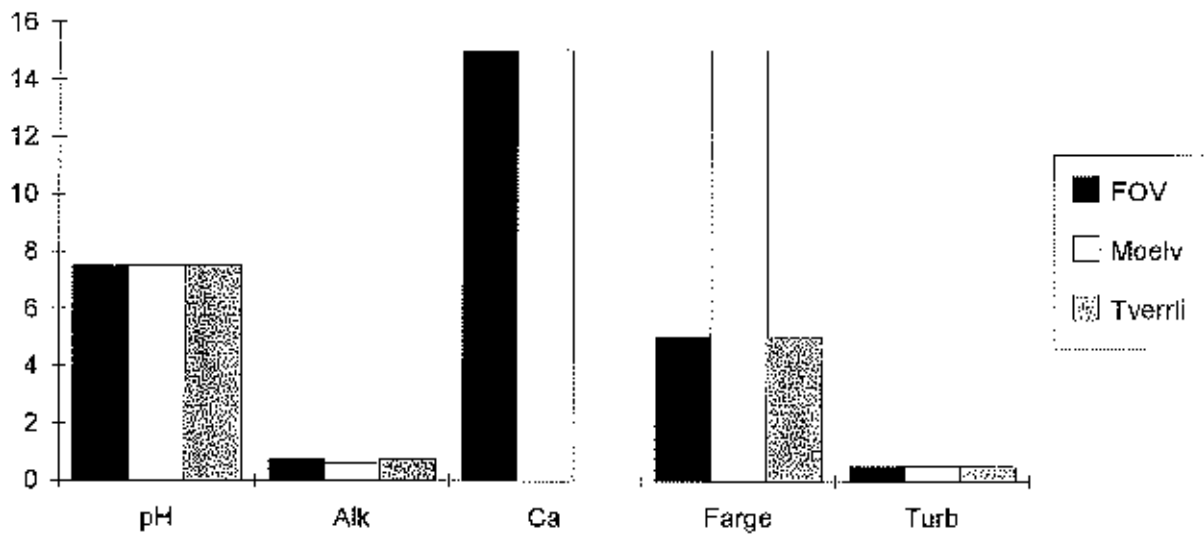


FOV's vannbehandling beskrives med flokkulering og sedimentering, hurtigsandfilter, alkalisering med mikronisert marmor og CO<sub>2</sub>, pH-justering med lut og klorering.

Vannbehandlingen ved Moelv vannverk karakteriseres med filtrering gjennom åpent flermediafilter, alkalisering med mikronisert marmor og karbondioksyd, pH-justering med lut og klorering.

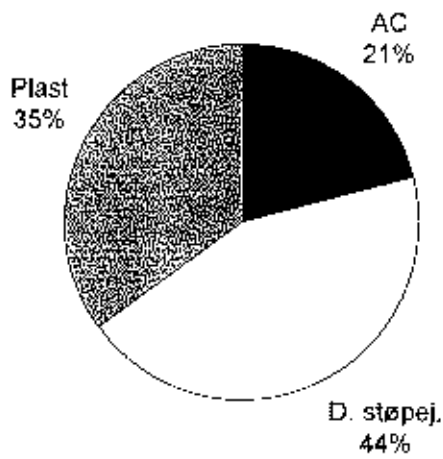
Tverrli renselanlegg har flokkulering og sedimentering, åpent flermediafilter, alkalisering med soda og mikronisert marmor, desinfisering med klor.

### Rentvannskvalitet

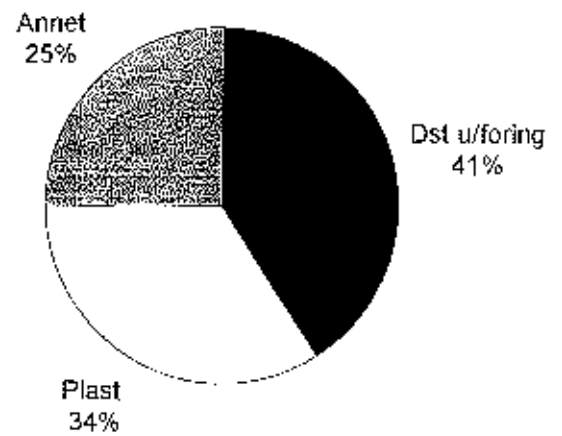


Ledningsnettet karakteriseres som vist:

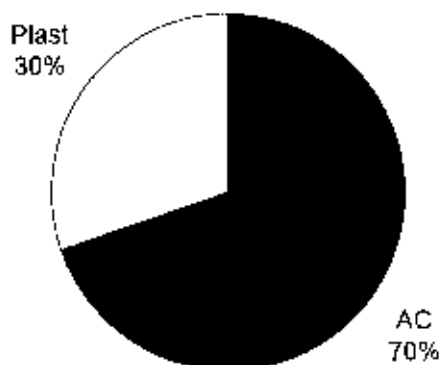
FOV (460.000 lm)



Moelv (34.355 lm)



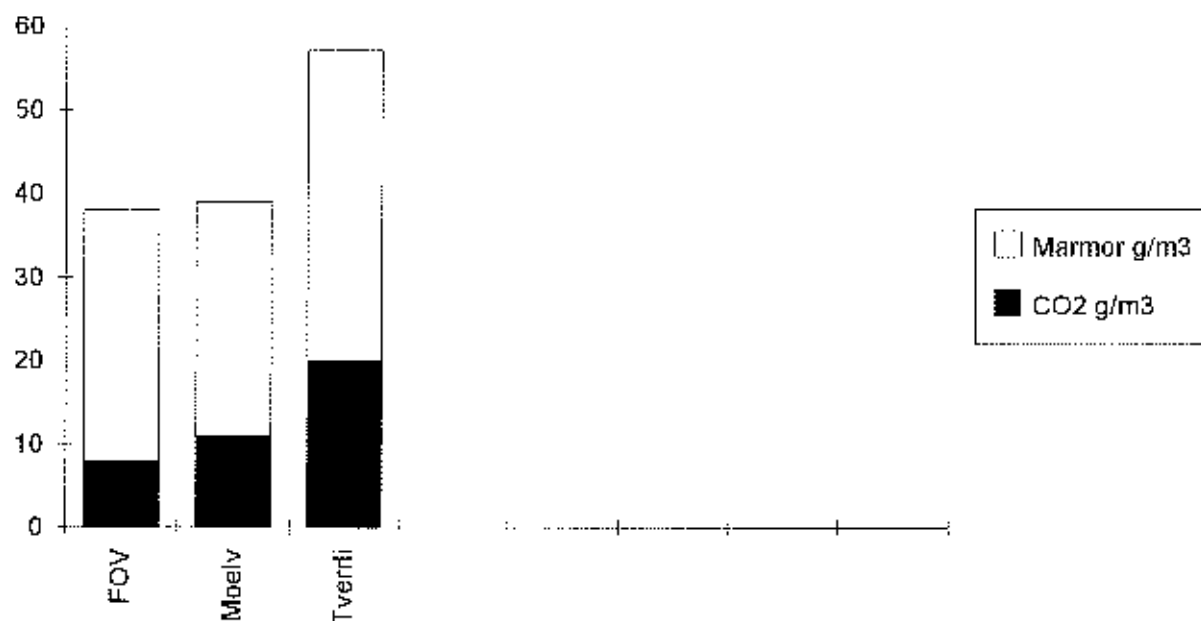
Tverri (80.000 lm)

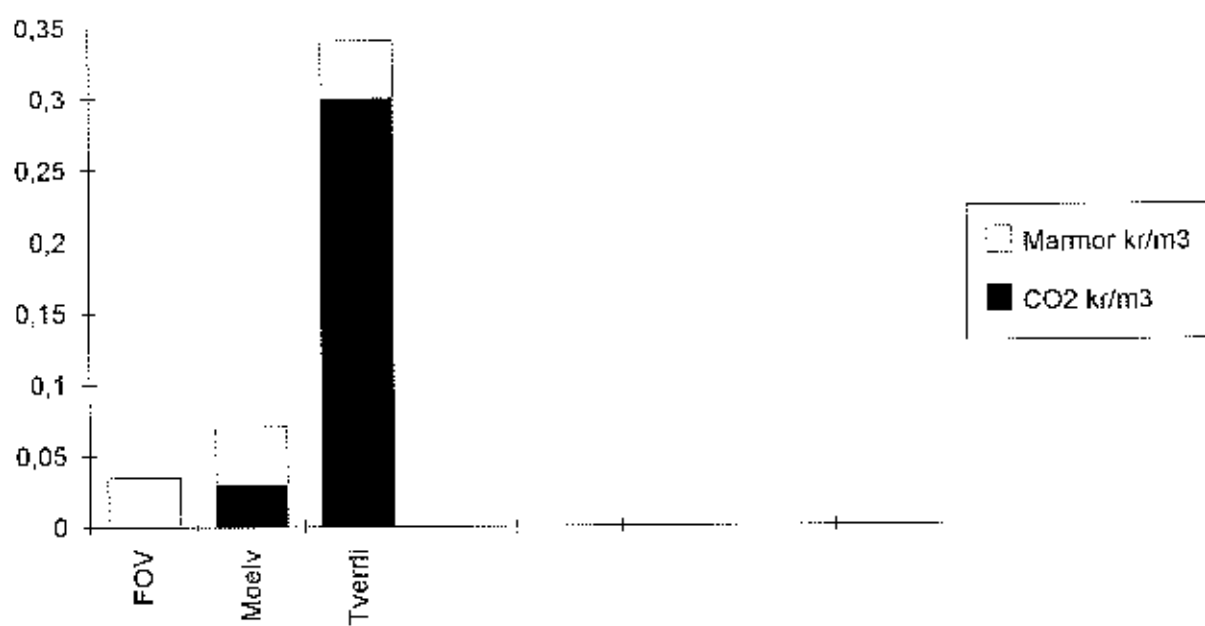


Tab. 4.3.1 Driftskostnader

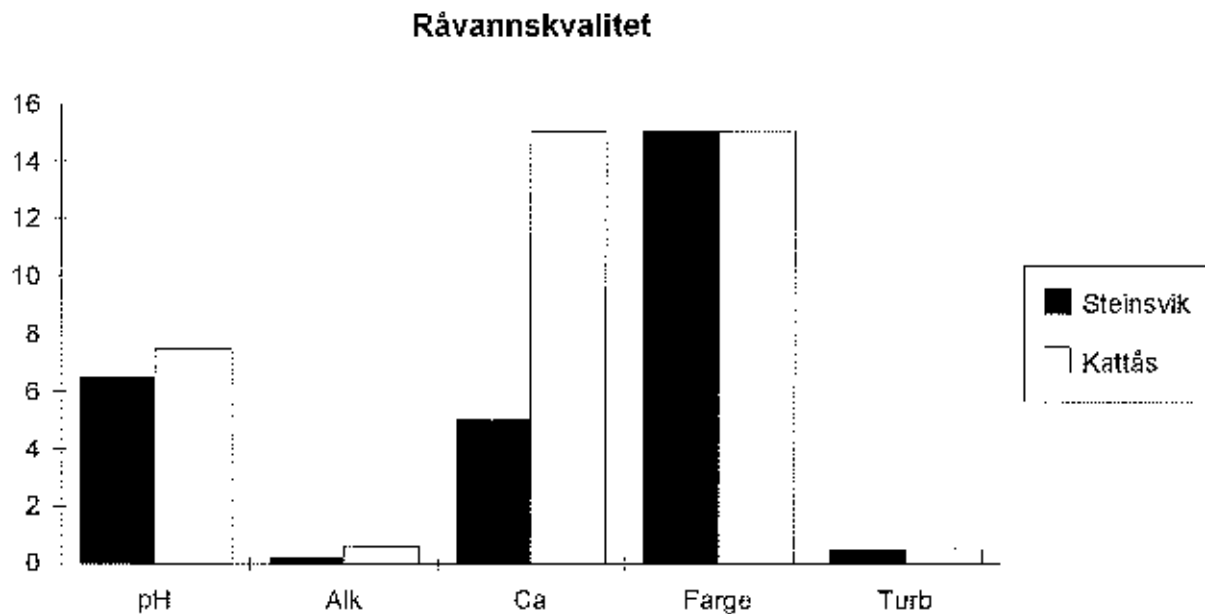
	Vann produksjon m <sup>3</sup> /år	DRIFTSKOSTNADER 1992									
		Forbruk CO <sub>2</sub> kg g/m <sup>3</sup>		Årskostnad CO <sub>2</sub> kr kr/m <sup>3</sup>		Forbruk marmor kg g/m <sup>3</sup>		Årskostnad marmor kr kr/m <sup>3</sup>		Sum kr kr/m <sup>3</sup>	
FOV 1)	15.700.000	125.600	8	226.080	0,014	471.000	30	588.750	0,04	814.830	0,054
Møelv vv 2)	72.000	800	11	2.400	0,03	2.000	18	2.860	0,04	5.040	0,07
Tverfli r.a. 3)	580.000	11.600	20	173.000	0,30	21.460	37	23.606	0,04	196.606	0,34

- 1) Dataene er fra 4.5 måneders prøvedrift. Så langt svarer driften av anlegget til forventningene.
- 2) Anlegget som er et prøveprosjekt, har så langt vært mye ute av drift pga. problemer med pumpa som transporterer mikronisert marmor til inløpskassa for råvann. Prosessen har fungert bra i den tiden anlegget har vært i drift. Nå skal vi forsøke slangepumpe. Vært i drift siden februar 1992. egner med driftsutgifter i størrelsesorden 0.04 kr/m<sup>3</sup>. I prøveperioden ligger utgiftene høyere bl.a pga leie av utstyr.
- 3) Anlegget er under detaljplanlegging med sikte på ombygging i 1994. Brukte bare marmor i 1992. I 1993 blir det brukt både CO<sub>2</sub> og marmor.

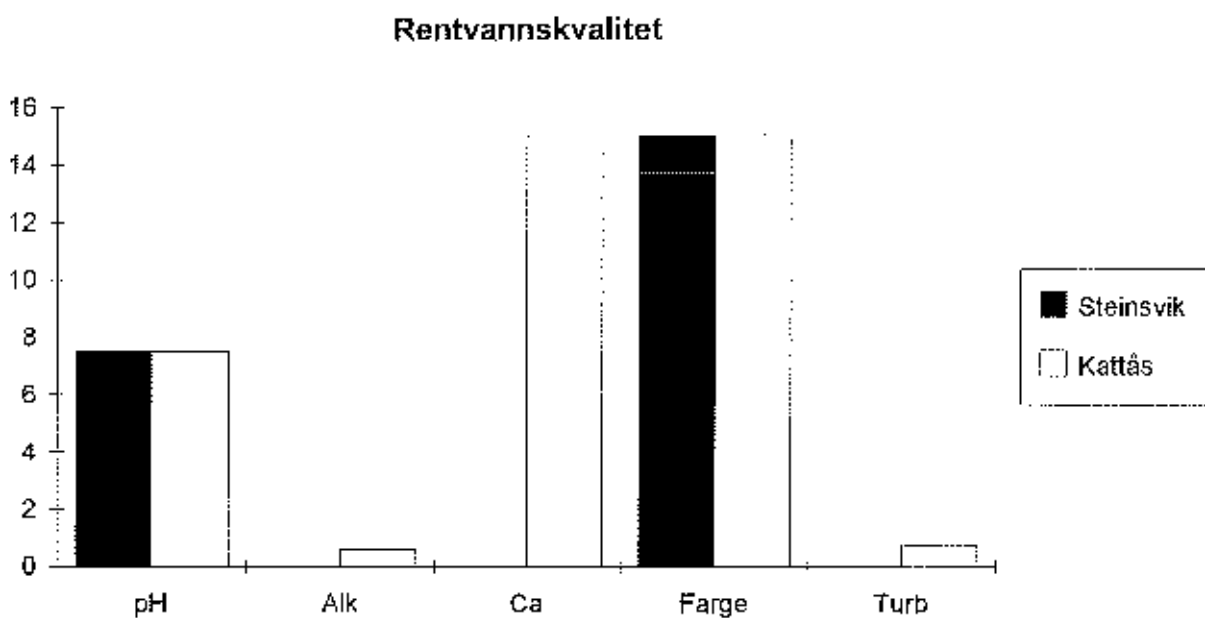




## 5. VANNVERK MED BRUK AV LUT

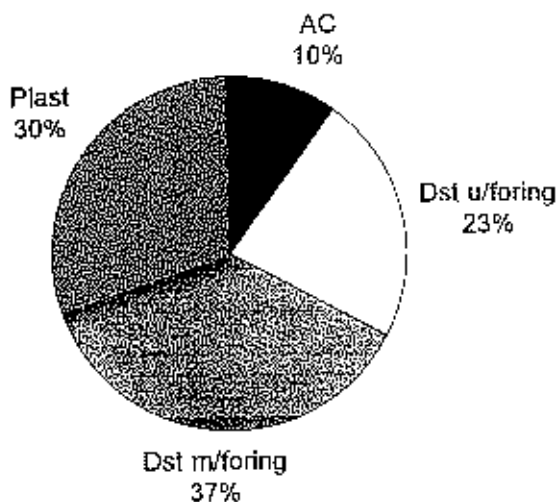


Steinsvika vannverk i Skien tar vannet fra en dyp innsjø. Vannbehandlingen er stasjonær sil, lut-dosering og klorering. Kattås vannverk, Asker og Bærum vannverk pH-justerer med lut og desinfiserer med NaOCl.



Vi har ikke opplysninger om ledningsnettets ved Kattås vannverk. For Steinsvik vannverk setter vi opp følgende (kfr. forklaringer under kap. 4.1):

Steinsvika (434.000 lm)

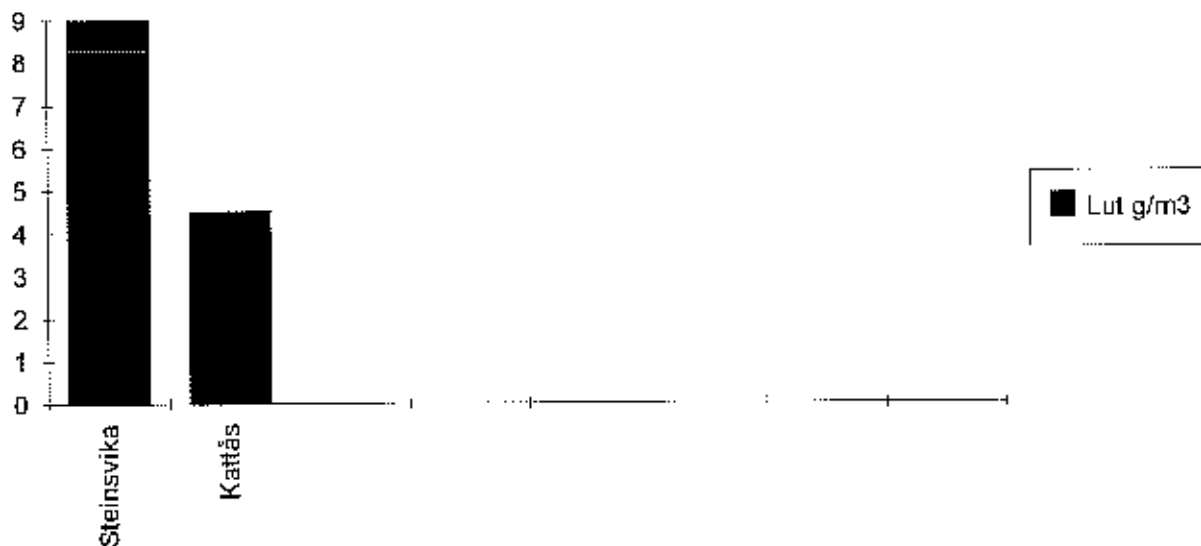


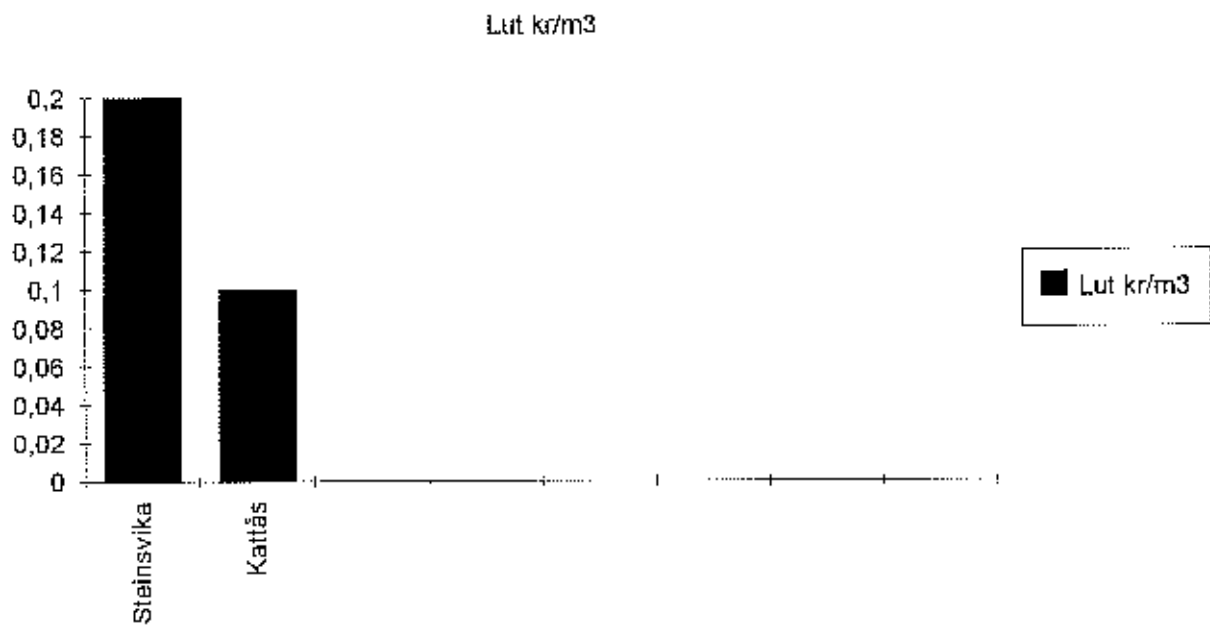
Tab.5.1.1 Driftskostnader

	Vannproduksjon m <sup>3</sup> /år	DRIFTSKOSTNADER 1993			
		Forbruk lut kg	g/m <sup>3</sup>	Årskostnad kr	Sum karbonatisering kr
Steinsvik 1)	5.100.000	37.184	9.0	61.000	61.000
Kattås vannverk	11.000.000	50.000	4.5	75.000	75.000

1) Kostnadstallene er fra 1993.

Lut g/m<sup>3</sup>





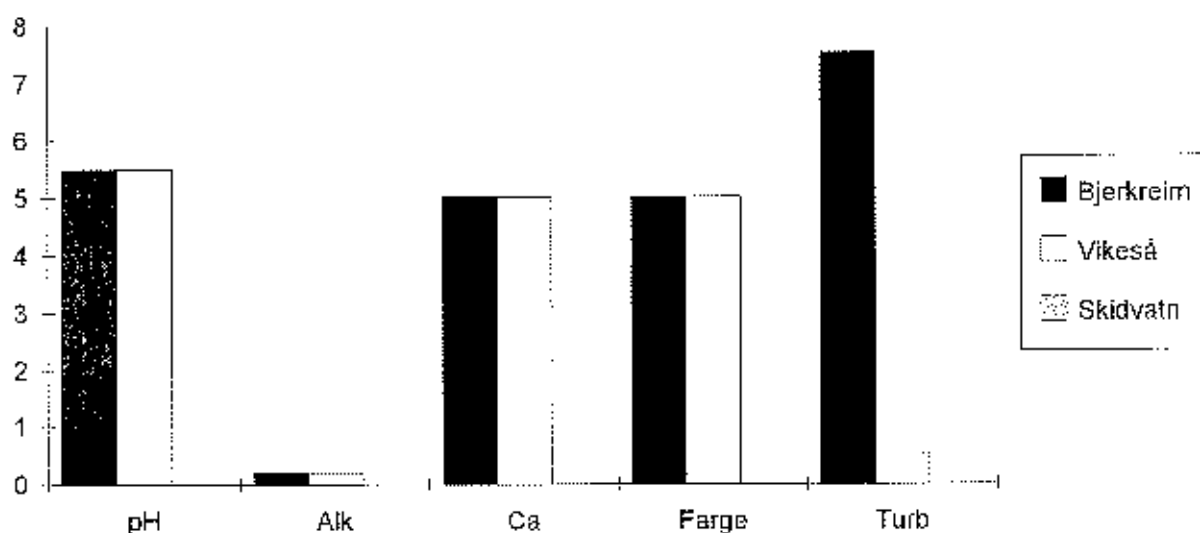
## 5.2 NaOH og CO<sub>2</sub>

Bjerkreim vannverk i Bjerkreim kommune, Rogaland er dimensjonert for 35 l/s, i 1992 var maksimal belastning 12 l/s og levert vannmengde er 75.000 m<sup>3</sup>. Vannverket benytter en dyp innsjø som vannkilde.

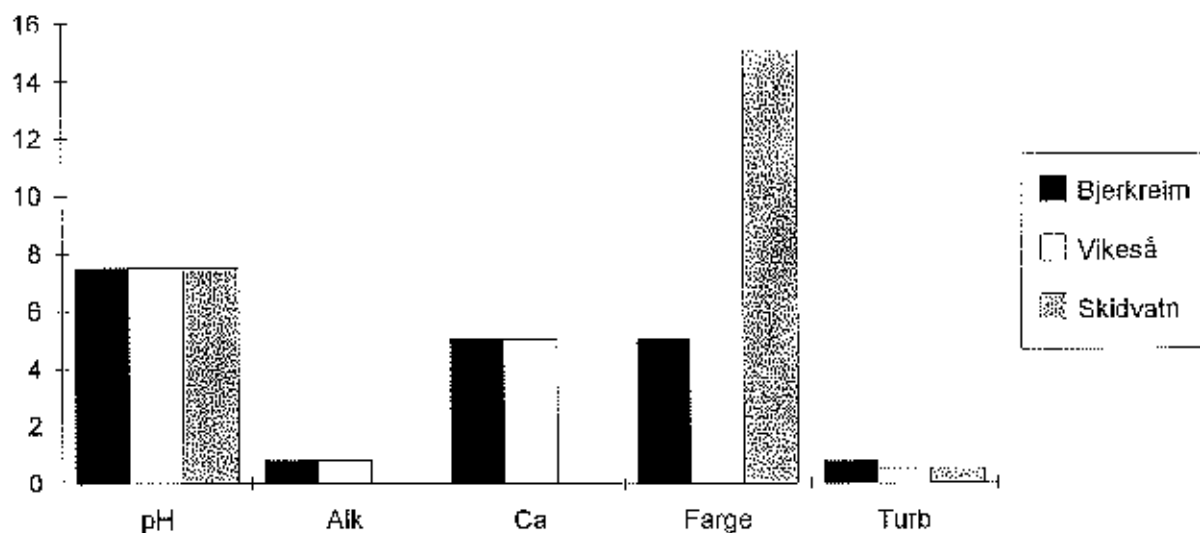
Vikeså vannverk i Bjerkreim kommune benytter også dyp innsjø som kilde, vannverket er dimensjonert for 45 l/s, siste år var maksimal belastning 32 l/s og levert vannmengde 250.000 m<sup>3</sup>.

Skidvatn behandlingsanlegg i Farsund har en grunn innsjø som vannkilde. Anlegget er dimensjonert for 15.000 pe og leverte i 1992 1.410.000 m<sup>3</sup> vann.

### Råvannskvalitet



### Rentvannskvalitet



Bjerkreim vannverk har trykksil, dosering av lut og karbondioksyd, desinfisering med UV.  
 Vikeså har også trykksil, dosering av lut og karbondioksyd, desinfisering med klor.

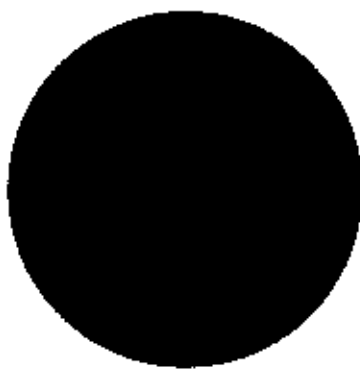
Skidvatn behandlingsanlegg karakteriseres med stasjonær sil, pH-justering med lut, CO<sub>2</sub>-dosering og klorering.

De respektive vannverks ledningsnett karakteriseres ved følgende:

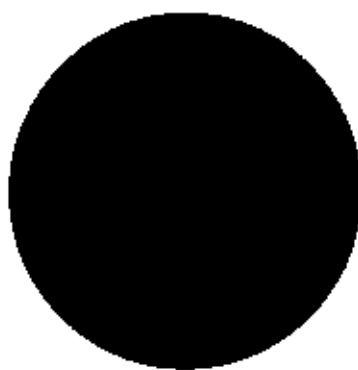
Bjerkreim (9.000 lm)

Vikeså ( 14.000 lm)

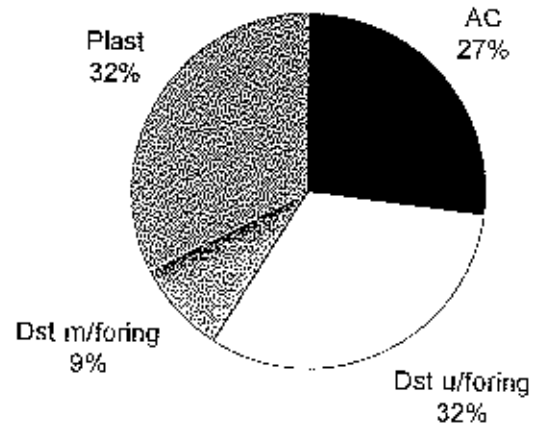
Skidvatn (101.728 lm)



Plast  
100%

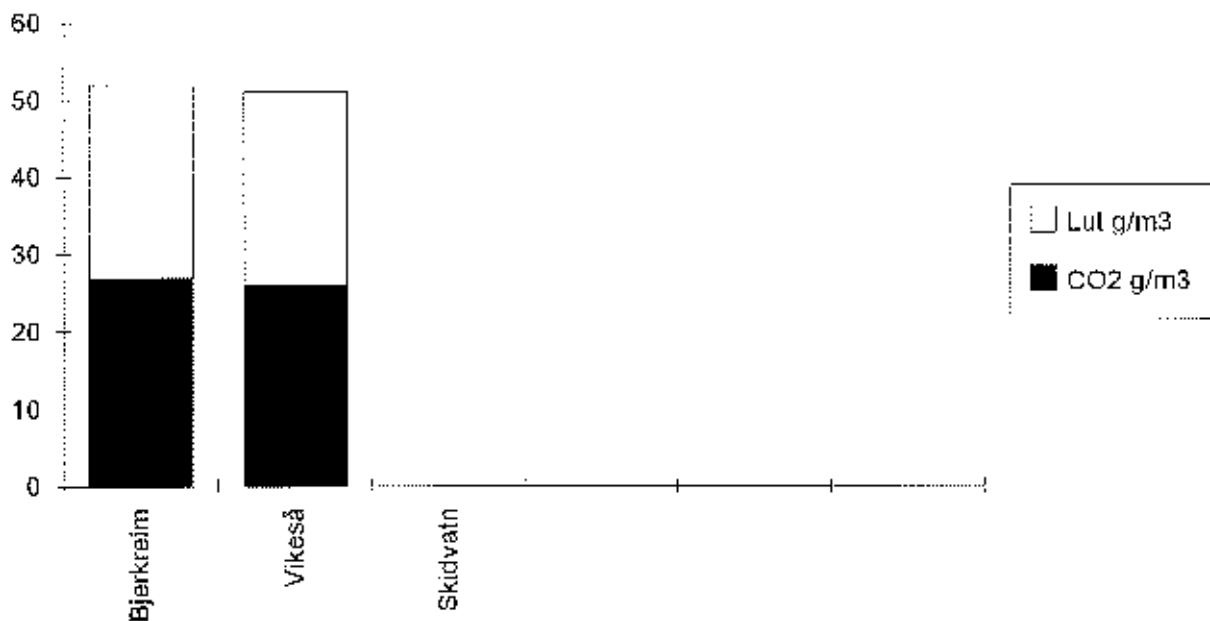


Plast  
100%



Bjerkreim/Vikeså vv:

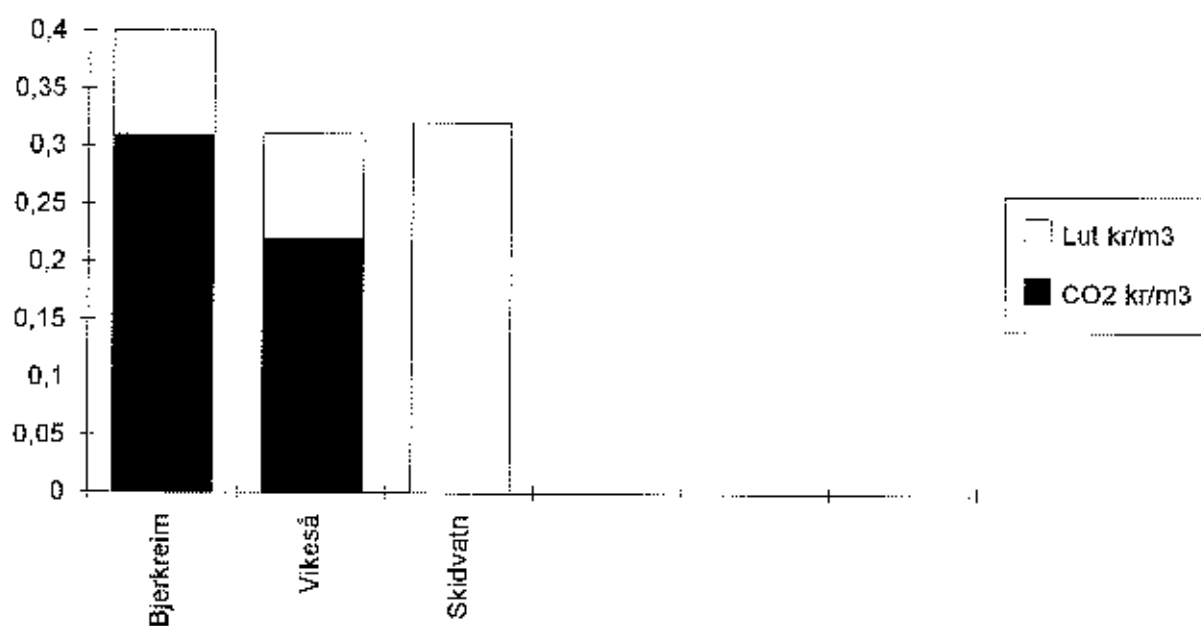
Færre brudd på interne ledninger i bygg, færre klager på vannkvalitet, bedre driftsforhold generelt.



Tab. 5.2.1 Driftskostnader

	Vannproduksjon m <sup>3</sup> /år	DRIFTSKOSTNADER 1992									
		Forbruk CO <sub>2</sub> kg g/m <sup>3</sup>		Årskostnad CO <sub>2</sub> kr kr/m <sup>3</sup>		Forbruk lut kg g/m <sup>3</sup>		Årskostnad kr kr/m <sup>3</sup>		Som karbonatisering kr kr/m <sup>3</sup>	
Bjerkreim vannverk	75.000	1.950	27	23.361	0,31	1.875	25	6.450	0,09	29.811	0,40
Vikeså vannverk 1)	250.000	6.750	26	55.000	0,22	6.250	25	21.500	0,09	76.500	0,31
Skidvatn beh. anf.	1.410.000	39.480	28	200.000	0,14			150.000	0,11	350.000	0,25

- 1) Forventningene var å få en jevnt bra pH på ledningsnett og reduksjon i antall brudd på interne ledninger i bygg. Disse forventningene er fullt ut oppnådd.

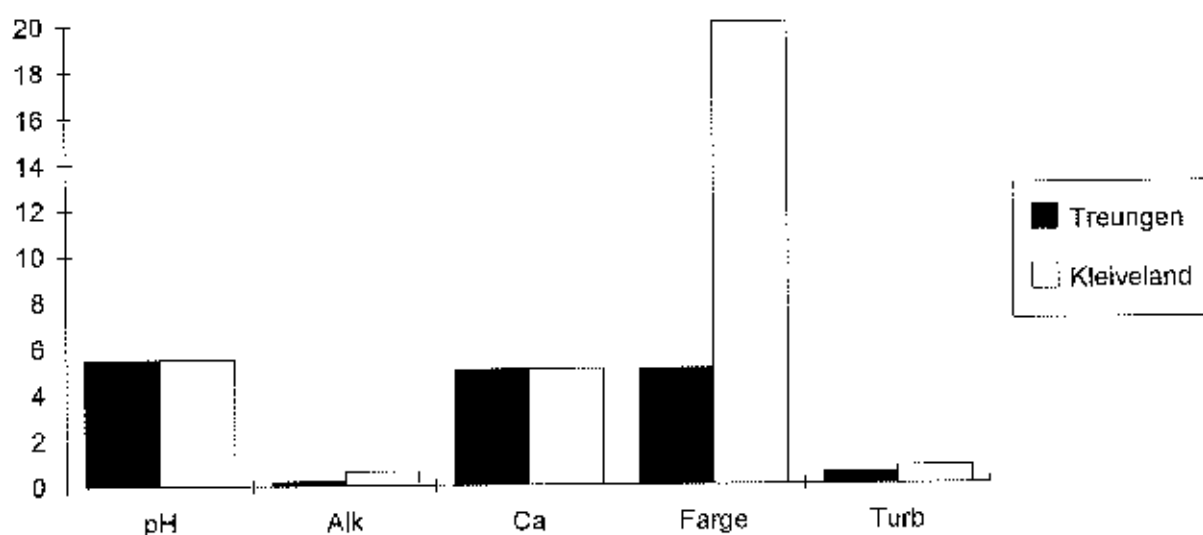


## 6 VANNVERK MED BRUK AV SODA ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

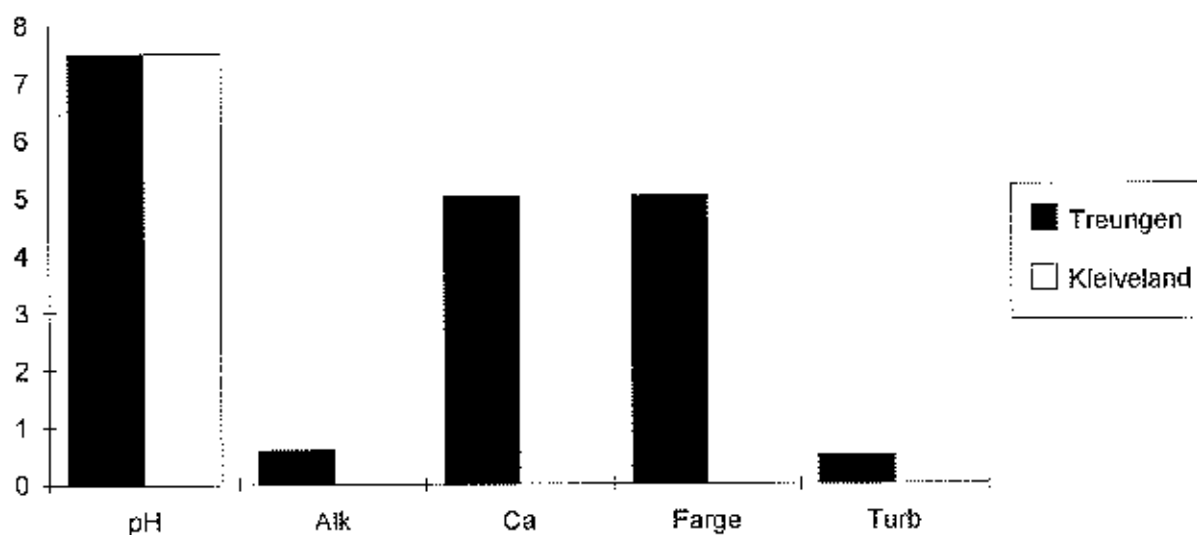
Treungen vassverk i Nissedal tar vannet fra en dyp innsjø. Vannverket er dimensjonert for ca. 2.000 pe (20 l/s), maksimal belastning i 1992 var 20 l/s og levert vannmengde ca. 91.000m<sup>3</sup>.

Kleiveland vannverk i Farsund har en dyp innsjø som vannkilde. Anlegget er dimensjonert for 12.000 pe (70 l/s), i 1992 leverte vannverket 870.000 m<sup>3</sup>.

### Råvannskvalitet



### Rentvannskvalitet

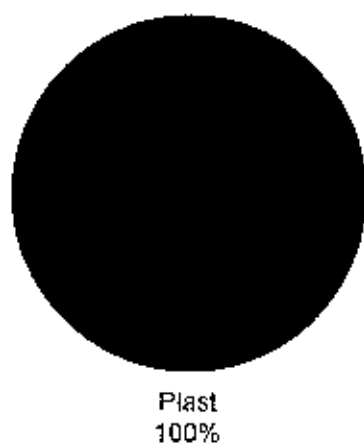


Vannbehandlingen Treungen vassverk karakteriseres med trykksil, pH-justering med soda og desinfisering med UV.

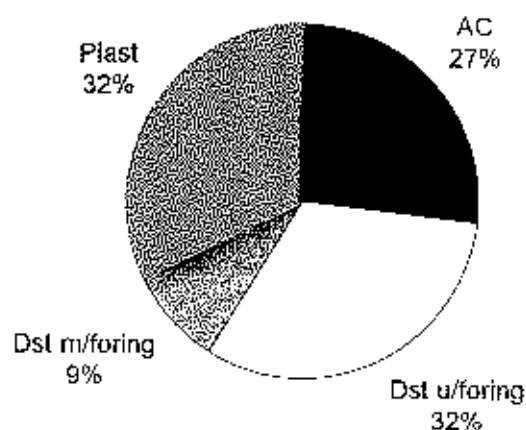
Kleiveland vannverk har stasjonær sil, pH-justering med soda og desinfisering med klor.

Vannverkernes distribusjonssystem har følgende sammensetning:

Treungen (15.000 lm)



Kleiveland (101.728 lm)



Treungen: Større behov for nettspyling, færre klager på vannkvalitet, bedre driftsforhold. De som har fryseri, reagerer dersom kalsiuminnholdet blir for høyt.

Tab. 6.1.1 Driftskostnader

	Vannproduksjon m <sup>3</sup> /år	DRIFTSKOSTNADER 1992			
		Fabrikke soda kg	Årskostnad kr	Sum karbonatisering kr	kr/m <sup>3</sup>
Treungen v.v 1)	91.000			910	0.01
Kleiveland v.v 2)	870.000			101.000	0.11

- 1) Er svært godt fornøgd. pH-løftinga held seg heilt fram til forbrukar. Manglar alkaliseringsseffekt.
- 2) Lite og gammelt anlegg som legges ned. Nytt anlegg med kalk/CO<sub>2</sub> påregnes bygget i 1994

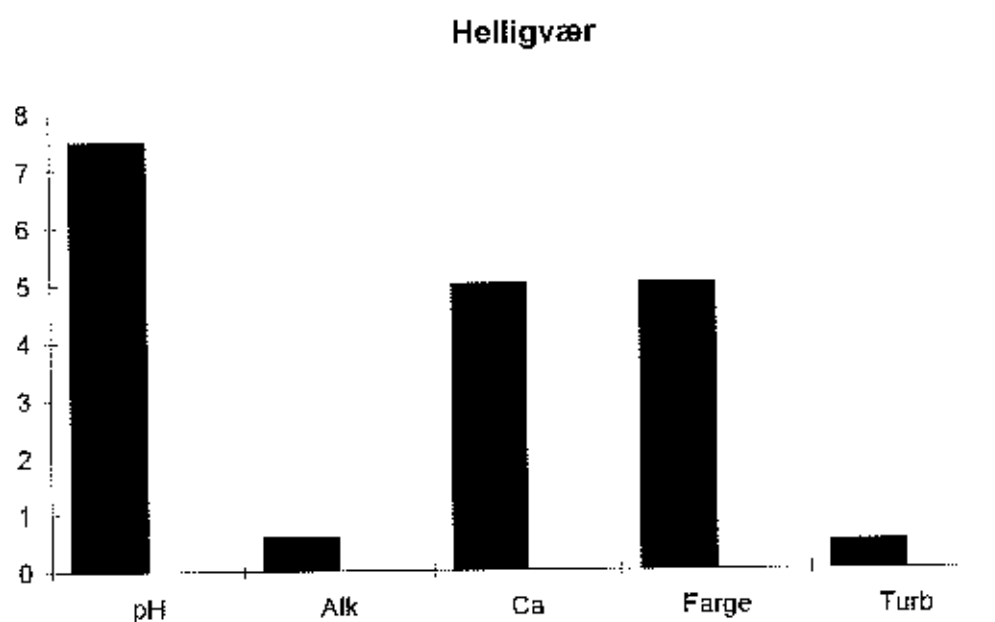




## 7 VANNVERK MED ALKALISKE FILTRE

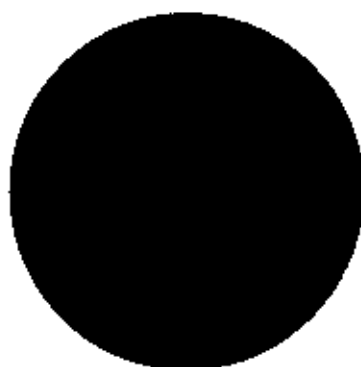
### 7.1 Alkaliske filtre

Helligvær vannverk i Bodø kommune er dimensjonert for 1.2 l/s, maks. belastning er 0.6 l/s og levert vannmengde er 7.000 m<sup>3</sup>. Vannverket benytter sjøvann og vannbehandlingen karakteriseres med omvendt osmose og alkalisk filter.



Helligvær vannverk har et ledningsnett bestående av 4. - 5.000 meter med plastledninger. Problemer med sisterner før alkalisk filter ble satt i drift. Ikke registrert spesielle problemer etter alkalisk filter ble satt i drift. Lite anlegg, har ikke registrert driftskostnadene.

Helligvær (4-5.000 lm)



Plast  
100%

## 7.2 Alkaliske filtre og CO<sub>2</sub>

Mandal vannverk er dimensjonert for 150 l/s, maksimal belastning er 160 l/s og i 1992 leverte vannverket ca. 1.650.000 m<sup>3</sup>.

Østravann vannverk i Tvedestrand kommune er dimensjonert for 70 l/s, maks. belastning i 1992 var 50 l/s.

Egersund vannverk er dimensjonert for 200 l/s, maks. belastning i 1992 var 100 l/s og levert vannmengde 3.200.000 m<sup>3</sup>.

Odda vannverk er dimensjonert for 70 l/s, maks. belastning i 1992 var 50 l/s og 1.3 mill. m<sup>3</sup> levert.

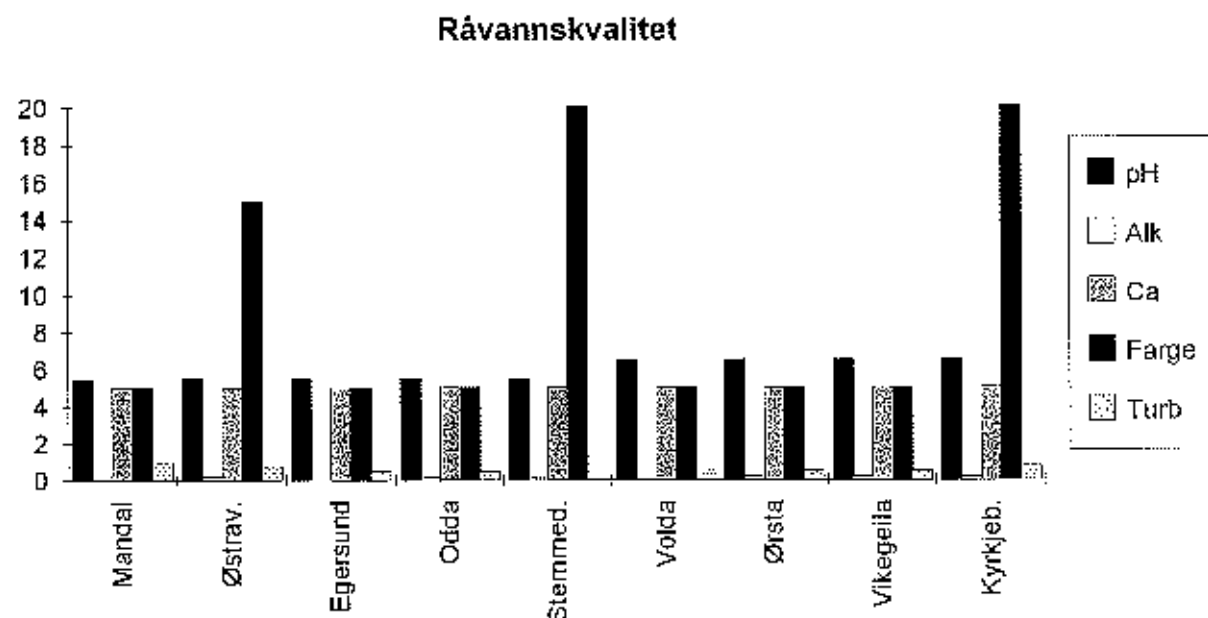
Stemmedalen vannverk i Herøy kommune er dimensjonert for 21 l/s, i 1992 leverte vannverket 400.000 m<sup>3</sup> vann og maks. belastning var 31 l/s.

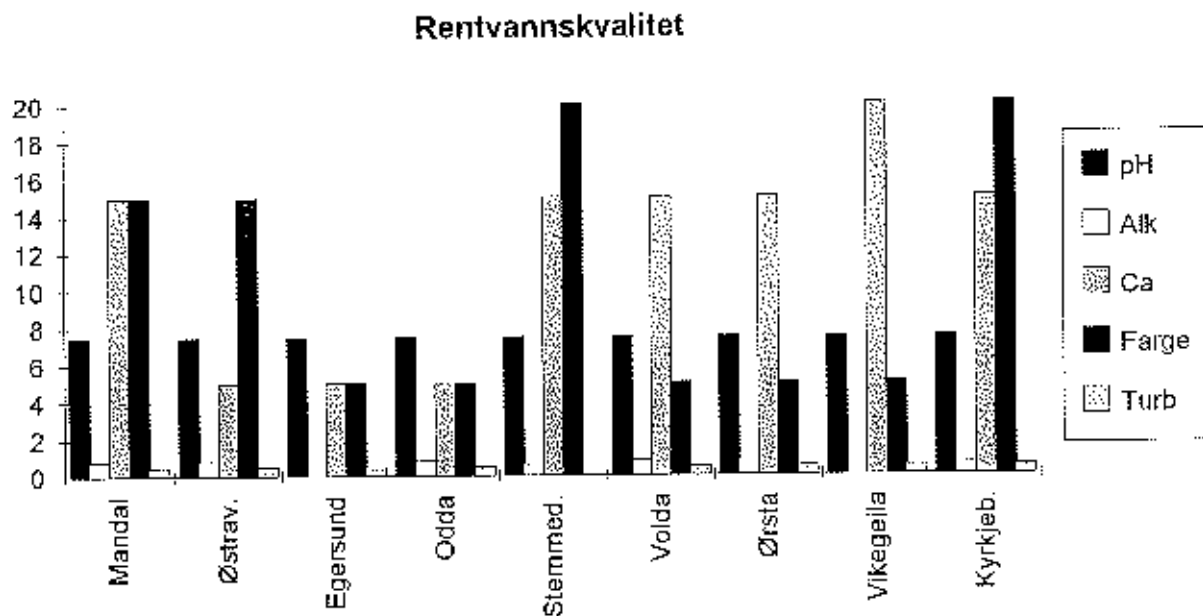
Volda kommunale vannverk er dimensjonert for 48 l/s som også var maksimal belastning i 1992, levert vannmengde 1 mill. m<sup>3</sup>.

Ørsta vannverk er dimensjonert for 90 l/s, maks. belastning 60 l/s og levert vannmengde er 1.600.000 m<sup>3</sup>.

Vikegeila vannverk i Ørsta kommune er dimensjonert for 8.100 pe (48 l/s), levert vannmengde i 1992 1.692.000 m<sup>3</sup>.

Kyrkjebygda vannverk i Bokn kommune er dimensjonert for 820 pe (6.6 l/s), i 1992 leverte vannverket 103.000 m<sup>3</sup>.





Mandal vannverk har åpne nedstrøms marmorfiltre og  $\text{CO}_2$ , desinfeksjon med klorgass og etterjustering med lut.

Østravann har også åpne nedstrøms marmorfiltre og  $\text{CO}_2$ , desinfeksjon med klorgass.

Egersund vannverk har 5 stk åpne marmorfiltre og  $\text{CO}_2$ , UV-desinfeksjon

Odde vannverk har åpne nedstrøms marmorfiltre og  $\text{CO}_2$ .

Stemmedalen vannverk har trykksil,  $\text{CO}_2$ -tilsats, trykkfiltre marmor, UV-desinfeksjon.

Volda kommunale vannverk har manuelle trykksiler,  $\text{CO}_2$ -tilsats, lukkede marmorfiltre (oppstrøms), UV-desinfeksjon.

Ørsta vannverk har  $\text{CO}_2$ -tilsetning, oppstrøms åpne marmorfiltre og UV-desinfeksjon.

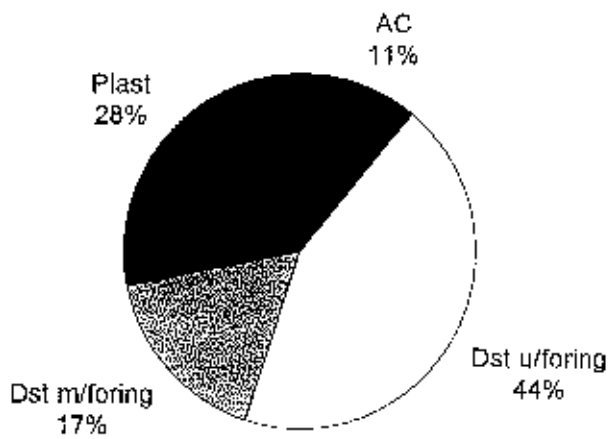
Vikegeila vannverk har marmorfilter,  $\text{CO}_2$ -tilsats og UV-desinfeksjon.

Kyrkjebygda vannverk har stasjonær sil, marmorfilter med  $\text{CO}_2$ -tilsats og UV-desinfeksjon.

Mandal vannverk har 100.000 m ledningsnett, men ikke opplyst fordeling. Egersund har ikke gitt opplysninger om ledningsnett.

Vannverkens ledningsnett er illustrert med etterfølgende figurer.

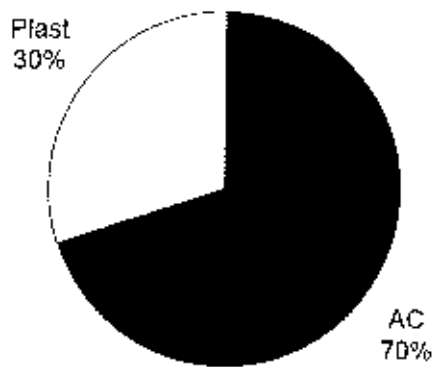
Østravann (90.000 lm)



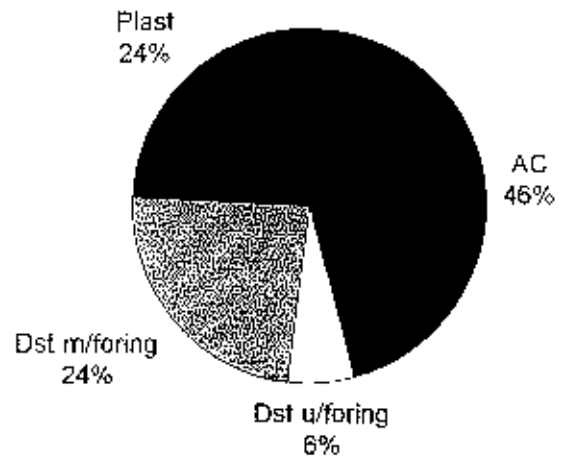
Odda (70.000 lm)



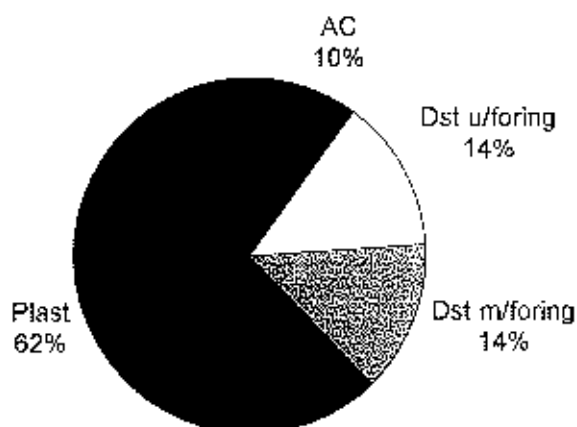
Stemmedalen (50.000 lm)



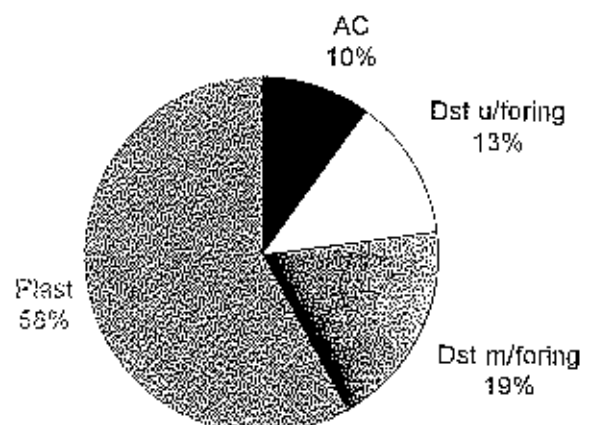
Volda (50.000lm)

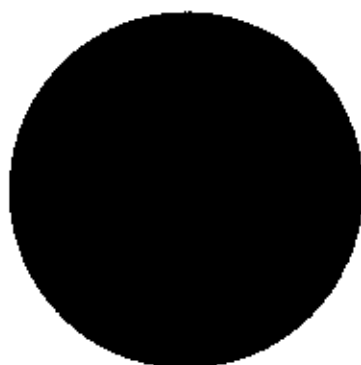


Ørsta (71.000lm)



Vikegella (64.000lm)





Plast  
100%

Mandal:	Godt fornøyd, første anlegg i Norge basert på dette behandlingsprinsipp.
Odda:	Merkbar bedring av kvalitet i ledningsnett etter kort tid.
Stemmedalen:	Positive reaksjoner fra abonnentene
Volda:	Svært få klager, hovedsakelig pga. mindre effekt av såpe. Brusfabrikk får problemer med vasking, løses ved tilsats av CO <sub>2</sub> .
Ørsta:	Noen få klager på hardt vann (såpe).
Vikegeila:	Mindre behov for nettspyling, færre ledningsbrudd, flere klager på vannkvalitet og bedre driftsforhold.

Tab. 7.2.1 Driftskostnader

	Vannproduksjon m <sup>3</sup> /år	DRIFTSKOSTNADER 1992									
		Forbrukt Cl <sub>2</sub>		Årskostnad Cl <sub>2</sub>		Kalkularmor		Årskostnad		Sum	
		kg	g/m <sup>3</sup>	kr	kr/m <sup>3</sup>	kg	g/m <sup>3</sup>	kr	kr/m <sup>3</sup>	kr	kr/m <sup>3</sup>
Mandal vv 9)	1.650.000	23.500	14	50.000	0.113	70.000	40	50.000	0.032	100.000	0.118
Østrevann 1)				1.9 kr/kg				0.70 kr/kg			0.06
Egersund vv 2)	3.200.000			1.9 kr/kg				0.45 kr/kg		160.000	0.05
Odda vannv. 3)	1.500.000	13.000	10	26.000	0.02	30.000	40	40.000	0.03	70.000	0.05
Stemmedalen 4)	400.000			2.7 kr/kg				450 kr/kg			
Volda vv 5)	1.000.000	16.000	16	80.000	0.08	40.000	40	20.000	0.02	100.000	0.10
Ørsta vannv. 6)	1.600.000	21.000	15	100.000	0.07	60.000	42	30.000	0.02	160.000	0.09
Vikegeila vv 7)	1.692.000	25.000	13	84.000	0.05	60.000	35	27.000	0.02	231.000	0.07
Kyrkjebygda 8)	103.000	780	8	12.000	0.12	2.400	23				

1) Anlegget har svart til forventningene

- 2) Foreløpig ser alt bra ut.
- 3) Ja
- 4) Stort sett fornøyd, endel problemer i starten.
- 5) Godt fornøyd
- 6) Er nå godt fornøyd. Lite tilsyn, stabil drift. Noen problemer med CO<sub>2</sub>-tilsats i starten.
- 7) Anlegget har svart til forventningene. Karbonatiseringen kom i gang i januar 1993, men bruker vannmengdene fra 1992. Mengde er ca. den samme i 1993.
- 8) Vannkvaliteten ligger innenfor rammen av kvalitetskravene som ble satt på forhånd. Ved Kyrkjebygda vannverk gjenstår rengjøring av ledningsnettiet for å få ned kimtallet.
- 9) Mandal kommune har utarbeidet rapporten "Mandal vannverk, alkaliseringsprosjekt 91-92". Fra denne rapporten har trukket ut følgende kommentarer angående driftserfaringene:

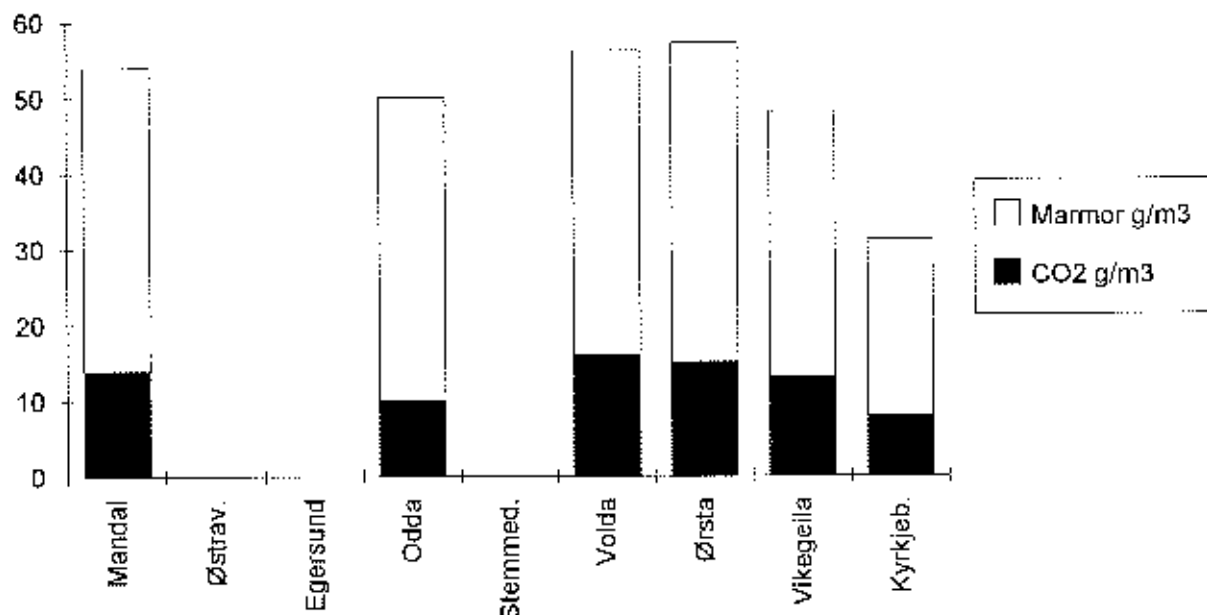
".... Etter behandling gjennom de alkaliske filtrere er vannet blitt ikke-aggressivt. Alkalitet og kalsiuminnhold tilsvarer drikkevannsnormens krav til godt vann. Driften av alkaliseringsanlegget har fullt ut svart til forventningene. Stoffer som viser trend i reduksjon etter passeringen av marmorfilteret er aluminium, mangan og tildels jern. Aluminiuminnholdet i vannet ligger klart under grensen til krav til godt drikkevann.

Innholdet av jern i nett vannsprøver viser tendens til nedgang, selv om det gjenstår å få brakt jerninnholdet i deler av ledningsnettiet med støpejernsledninger ytterligere ned. Brunt vann hos abonnentene som følge av utfellinger fra innvendig begroing i vannledningsrør har avtatt etter oppstart av anlegget.

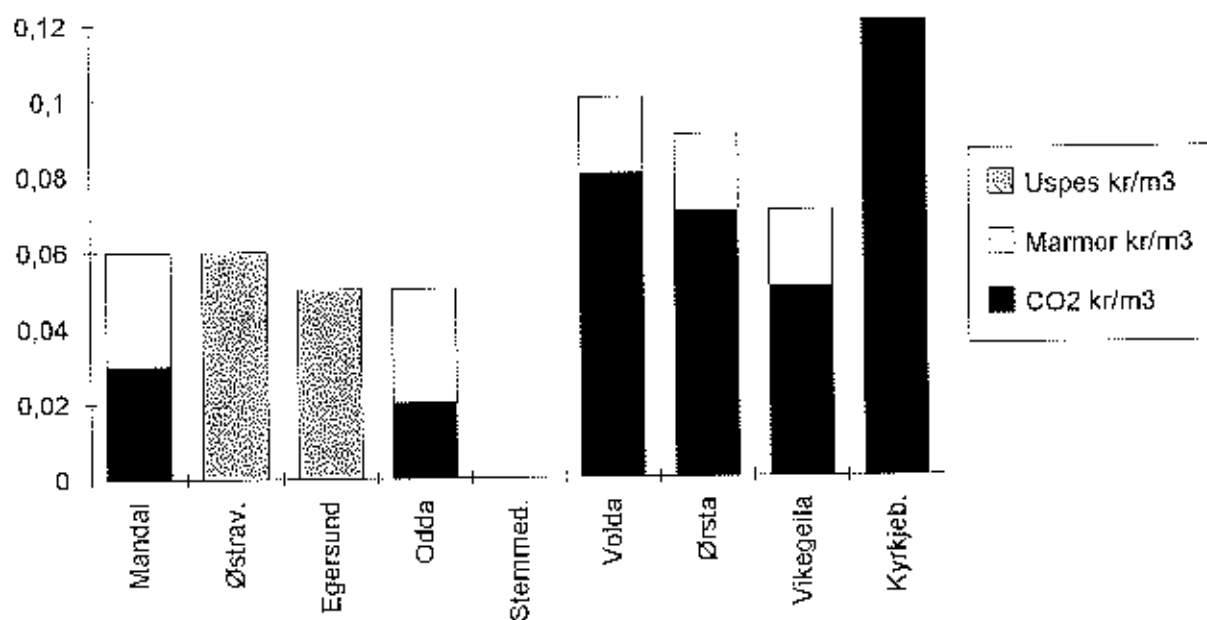
Etter første fase av prøvedriften av filtrere ble det foretatt utspylinger av vannverksnettets endeledninger. Resultatet tyder på at det ikke produseres noe særlig vannverkslam, eller at "jernknollene" som er avsatt innvendig på rørveggene løsner eller oppløses etter at alkaliseringsprosessen er satt igang.

Vannverkslammet er ute av nettet etter kortere tid enn en ellers har erfart fra tidligere drift.

Filtrene krever lite tilsyn manuelt. Det synes som om driften av vannledningsnettiet vil bli betraktelig enklere enn tidligere vedlikeholdsdrift. behovet for hyppige spylinger av ledningsnettiet synes redusert .....



Vi gjør oppmerksom på at vannverkene Østravann og Egersund ikke har spesifisert kostnadene, men har oppgitt totalkostnadene som framgår av etterfølgende figur. Kyrkjebygda har kun oppgitt kostnader knyttet til CO<sub>2</sub>-forbruk.





## 8 ANDRE ERFARINGER MED KORROSJON

### 8.1 VANNSKADESTATISTIKK

Anleggseiere karbonatiserer vannet fordi en ønsker å redusere korrosjonen i distribusjonssystemet og fordi en ønsker at behandlet vann skal beholde kvaliteten mest mulig uendret fram til konsumenten.

Korrosjon på distribusjonssystemet er et problem. Distribusjonssystemene forfaller hurtigere enn vi rekker å fornye, rehabilitere.

Korrosjon på kobberør i bygninger er også et problem. Vann med lav pH gir høy kobberkorrosjon, men det har vært relativt lite fokusert på dette i tradisjonelle undersøkelser av karbonatiseringens effekt på ledningsnettet vårt. I disse undersøkelsene har en konsentrert seg om karbonatiseringens effekt på våre primære distribusjonssystemer.

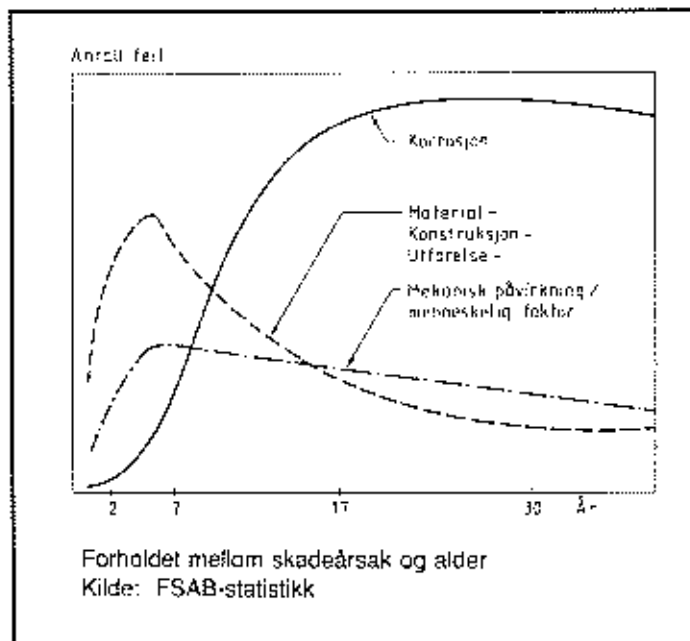
Norges forsikringsforbund opplyser at i 1994 registrerte en 58.900 skadetilfeller som medførte erstatninger i størrelsesorden 720 millioner kroner. Dette er skadetilfeller i private boliger og borettslag. Det reelle volum på reparasjonskostnadene ligger betydelig høyere da vedlikeholdsskader ikke erstattes av forsikring. I tillegg kommer også egenandeler etc.

Utviklingen er som vist i etterfølgende tabell.

År	Antall	Erstatning
1988	49.700	575 millioner
1989	44.600	496 millioner
1990	45.700	481 millioner
1991	42.600	528 millioner
1992	44.700	481 millioner
1993	45.800	543 millioner
1994	58.900	721 millioner

I følge Vannskadekontoret ved NBI er de totale kostnadene knyttet til utbedring av vannskader her i landet 1 - 1.4 milliarder kroner hvert år. I tillegg til forsikringsselskapenes utbetalinger kommer egenandeler og kostnader for utbedring av skader som ikke dekkes gjennom forsikringspolisen jfr. NBI Håndbok nr. 42 kap. 1 Rør og Våtrom.

Forsikringsstatistikk fra Sverige (FSAB) viser at korrosjon er en dominerende skadeårsak over en 30 års periode, se etterfølgende figur.



Vannskadekontoret ved NBI opplyser forøvrig at korrosjonsskader utgjør 8% av det totale antallet. Dette tallet er antagelig for lavt fordi en i mange tilfeller ikke identifiserer årsaken som korrosjon, 54% av skadetilfellene kommer i kategorien annet. Dersom en regner størsteparten av kategorien annet til å være korrosjonsskader, stemmer opplysningene fra NBI godt overens med FSABs statistikk.

## 8.2 KARBONATISERING, KOBBERKORROSJON OG ERFARINGER FRA TRONDHEIM.

Anleggseiere behandler drikkevannet primært for å redusere korrosjon på distribusjonssystemet. Man tilstreber et rentvann som har følgende sammensetning:

kalsiuminnhold	18 - 24 mg Ca <sup>2+</sup> /l
pH	6.8 - 9.0
alkalitet	0.65 - 1.0 mekv/l

pH bør ligge rundt 8 eller i området 8 - 8.3.

Trondheim kommune har målt effekten av korrosjonsbehandling på støpejernsrør over år. Etter alle disse forsøkene kan vi konstatere at korrosjonsbehandling har en positiv effekt på distribusjonssystemet.

Det er imidlertid noen som har pekt på denne behandlingen kan ha negativ effekt på kobberør og husinstallasjoner.

Aquatcam AS har gjort noen forsøk for å belyse sammenhengen mellom vannkvalitet og kobberkorrosjon.

I forsøkene benyttet Aquateam AS følgende vannkvaliteter:

	I	II	III
pH	6.5	8.3	9.8
Alkalitet (mekv/l)	0.05	0.6	0.3
CO <sub>2</sub> (mg/l)	2.5	0.8	0.005
Kalsium (mg Ca/l)	2	1.0	6

Forsøkene viste at kobberkorrosjonen var minst med vannkvalitet III, 0.8 - 1.3  $\mu\text{m}/\text{år}$ . For vannkvalitet II varierte kobberkorrosjonen fra 9.3 - 20  $\mu\text{m}/\text{år}$ , med kvalitet I var variasjonen 7.6 - 11  $\mu\text{m}/\text{år}$ .

Man gjorde også analyser på kobberkonsentrasjonene i henstandsvann. For vannkvalitet I registrerte en kobberkonsentrasjoner varierende fra 1 - 2.2 mg Cu/l, og for kvalitet II mellom 0.4 og 0.9 mg Cu/l.

**Trondheim kommune** har gjort pilotforsøk med behandlet vann for å undersøke korrosjon på distribusjonssystemet (pH 8.1, alkalitet 0.9 mekv/l og kalsium 18 mg/l). Dette ga kobberkorrosjon på 3  $\mu\text{m}/\text{år}$ .

Konklusjonen fra disse forsøkene er:

- Karbonatisering kan redusere utløsningen av kobber
- Effekten på korrosjonshastigheten for kobber er usikker.

I en annen undersøkelse undersøkte Trondheim kommune korrosjonshastigheten i forsyningsområdet for Leirsjø og Jonsvannet (pH=7.3, Ca=5mg/l og alkalitet=0.3mmol/l). Prøvenes alder er gjennomsnittlig 50 år og varierer fra 14 til 129 år. Korrosjonshastigheten er 0.1 mm/år med standardavvik på 0.039 mm/år.

Til sammenligning undersøkte en forsyningsområde for Estenstad (pH=7.9, Ca=23mg/l og alkalitet=1.1mmol/l). Prøvenes alder er gjennomsnittlig 69 år (55 til 80 år). Korrosjonshastigheten er 0.058 mm/år med standardavvik på 0.013 mm/år. Estenstad vannverk leverer vann med vannkvalitet nær anbefalte verdier (Ca 18 - 24 mg/l, pH 8 - 8.3, alkalitet 0.65 - 1.0 mekv/l) og korrosjonshastigheten i dette området er 50% lavere enn for Leirsjø og Jonsvannet.



**FOU-VIRKSOMHET**

NTNF's program for drikkevannsforskning fokuserte blant annet på innvendig korrosjon på vannledninger. Temaet ble belyst på konferanser og seminarer. I tillegg ble det utarbeidet følgende rapporter:

- 9/84 Alkalisering av drikkevann, korrosjonskontroll. Undersøkelse av noen vannverk, delrapport 2.
- 10/84 Treatment for corrosion Control, project report no.3
- 12/85 Alkalisering av drikkevann, korrosjonskontroll. Alkalisering og karbonatisering ved Eidsberg vannverk, delpport nr. 4.
- 26/88 Alkalisering av drikkevann. Korrosjonskontroll. Alkalisering og karbonatisering ved Grimstad vannverk. Delrapport nr. 5.
- 36/89 Korrosjonskontroll ved bruk av mikronisert marmor og CO<sub>2</sub>

I tillegg ble det utarbeidet en "Håndbok om innvendig korrosjon i vannledninger".

Programmet konkluderte med følgende når det gjelder korrosjon og vannledninger:

Følgende rentvannssammensetning ga mest stabil kvalitet:

kalsium	18 - 24 mg Ca <sup>2+</sup> /l
pH	6.8 - 9.0
alkalitet	0.65 - 1.0 mekv/l

- Ved Kalsiumkonsentrasjoner > 14 mg/l registrerte man ikke korrosjon på sementmørtelforingen
- Kalsiumkonsentrasjonen > 18 mg/l er ønskelig i forhold til asbestsementrør.
- For kobberør bør pH være større enn 8.0
- Alkaliteten > 0.6 mekv/l for å bevare sinkbelegget i galvaniserte rør
- Ingen negative konsekvenser er registrert på grunn av endret vannkvalitet

I sluttrapportens vedlegg 1 nevnes 21 publikasjoner om korrosjonskontroll:

- Stabilisering av drikkevann, resultater fra pilotforsøk v/H. Brattebø og B. Eikebrokk
- Bruk av CaCO<sub>3</sub> og CO<sub>2</sub> for stabilisering av drikkevann. Resultater fra forsøk ved Malvik vannverk v/H. Brattebø og O. Sørum

- Korrosjonskontroll, NIF-kurs. B. Eikebrokk
- Korrosjonskontroll og humusfjerning , foredrag VAR '88 v/B. Eikebrokk.
- Korrosjonskontroll ved bruk av  $\text{CaCO}_3$  og  $\text{CO}_2$  NTNF/NORVAR-foredrag om innvendig korrosjonskontroll, SIFF 1988 v/B. Eikebrokk
- Alkalisering av drikkevann - ønskelig vannkvalitet v/E. A. Vik
- Forsurning - effekt på korrosjon i vannledninger v/E. A. Vik
- Alkalisering - korrosjonskontroll. Aktuelle prosesser, effekter, driftserfaringer og kostnader v/E. A. Vik
- The effects of corrosion Control on Low Alkalinity Waters - Norwegian experiences v/E. A. Vik
- Er det behov for tiltak for å hindre korrosjon innvendig i norske vannledninger v/E. A. Vik
- Betydningen av korrosjon i ledningsnettet ved Oslo vannverk. Resultater fra testkjøring på Bekkelaget v/E. A. Vik, T. L. Nilsen og A. Lundar
- Corrosion Monitoring Techniques used in Water Supply Systems. In preparation for presentation at 11th Scandinavian Corrosion Congress, Stavanger 1989 v/L. A. Vik og T. L. Nilsen
- Corrosion Monitoring Techniques used for Corrosion Evaluations in Public Water Supplies. In preparation for presentation at Annual American Works Association Conference, Los Angeles 1989 v/E. A. Vik og T. L. Nilsen
- Alkalisering av drikkevann, undersøkelse av noen vannverk v/E. A. Vik, Å. G. Røgne og E. Skipperud
- Korrosjonskontroll av drikkevann, fra brosjyre utarbeidet av AGA v/E. A. Vik
- Vannkvalitetsendringer på nettet. NIF-kurs om behandlingsmetoder v/E. A. Vik
- Korrosjonskontroll. NIF-kurs om behandlingsmetoder v/E. A. Vik
- Korrosjonskontroll av vannledninger. Workshop on Corrosion Control of low Alkalinity Waters v/E. A. Vik
- Water Quality and Effect on Corrosion. Workshop at University of Washington, Seattle april 1988 v/E. A. Vik
- Corrosion Control of low Alkalinity Waters. Seminar at Los Angeles Metropolitan Waterworks june 1986 v/E. A. Vik
- Korrosjon i vannverk. registrering av korrosjon. Økonomiske og hygieniske konsekvenser v/E. A. Vik

Gjennom et annet prosjekt har vi fått kjennskap til følgende aktiviteter knyttet til karbonatisering og korrosjonskontroll innvendig i vannledninger:

- Korrosjonsmålinger ved OVA utført av Aquateam
- Alkalisering av vannet for å hindre korrosjon i distribusjonsnettet, Nordbukta vannverk i Askim kommune
- Forsøk med alkalisering (fullskala), karbonatisering og tiltak på nettet, Bodø kommune.
  - måle inn-/utvendig korrosjon på rørprøver
  - stikkontroll hos 30 abonnenter
  - kontinuerlig kvalitetsmåling i 3 målestasjoner
  - korrosjonsmålinger (vektkupper)

- Innvendig tæring på kommunalt, privat ledningsnett. Stabilisering av vannkvalitet, desinfisering, Vikelvåden vannverk i Trondheim kommune
- Mangelfull kapasitet på kalkbereder i direktefiltreringsanlegg med CaCO<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub>, Tavlåa vannverk i Nansos kommune v/Driftassistansen i Namdalen
- Karbonatisering (marmorfiltre), Tronstad Interkommunale vannverk
- Korrosjonsbehandling ved vannverkene Steinsvika og Rygge i Skien kommune
- Optimal økonomisk drift av vannbehandlingsanlegg, høydebasseng og ledningsnett mhp. innvendig korrosjonskontroll, kapasitet, renhold, kjemikalietilsetning og lekkasjekontroll, OVA
- Pilotforsøk: CO<sub>2</sub> og alkaliske filtre (åpne) i kombinasjon med humusfjerning (felling og karbonatisering skjer i samme filter - Moldeprosessen), Driftassistansen i Møre og Romsdal.
- HIAS gjennomfører pilotprosjekt for å evaluere kostnader og kvalitetsmessige aspekter ved karbonatisering.

Dette viser at feltet har vært viet mye oppmerksomhet opp gjennom årene, og at det fortsatt er stor interesse. Med all aktiviteten og utprøvingen av metoder og resultater og konsekvenser, er det vår oppfatning at dette ikke bør vies like stor FOU-oppmerksomhet i framtida. Det er derimot viktig at NORVAR samler resultatene fra utført og pågående virksomhet og presenterer dette for bransjen.



# SVARSKJEMA C

## REFERANSEDATA FOR KARBONATISERINGSANLEGG.

(Fyll ut et skjema pr. anlegg)

### ANLEGGSSNAVN:

Kontaktperson :  
Adresse :

### KOMMUNE:

Tlf:  
Fax:

### VANNKVALITETER

Råvann

Renvann

Kranvann generelt

pH

Temperatur

Alkalitet mmol/l

Ca-innhold mg Ca/l

Fargetall mg Pt/l

Turbiditet NTU

Andre viktige parametre

### VANNBEHANDLING. Igangkjøringsdato: .....

Prosessbeskrivelse:

### VANNMENGDER

Anlegget er dimensjonert for ..... l/s

Maksimal belastning 199... ..... l/s

Leverte vannmengde 199... ..... mill. m<sup>3</sup>

### LEDNINGSNETTET OG DRIFTSERFARINGER.

Samlet lengde kommunalt ledningsnett ..... km

Fordele på ..... km AC, ..... km grått støpejern og uført duktilt, ..... km duktilt støpejern med sementforing,  
..... km plastrør og ..... km annet.

Behov og omfang av ledningsnettspyling før og etter karbonatisering.

Ledningsbrudd, antall de siste 3 årene:

1990 Antall ..... dvs ..... brudd/km år

1991 Antall ..... dvs ..... brudd/km år

1992 Antall ..... dvs ..... brudd/km år

1993 Antall ..... dvs ..... brudd/km år

### DRIFTSERFARINGER

Stabilitet i vannbehandlingen:

Antall klager på vannkvalitet før: etter:

Driftsintrykk generelt før: etter:

### ØKONOMI:

Investeringer i vannbehandling totalt ..... mill. kr, hvorav karbonatiseringstrømmene utgjør ..... mill. kr.

Forbruk CO<sub>2</sub> i 199.. var ..... kg til pris ..... kr/kg

Forbruk kjemikalier/kalk/marmor til karbonatisering .....kg ..... til ..... kr/kg

Vannbehandling eks. strøm koster dermed ..... kr. som gir ..... kr/m<sup>3</sup> i 199..

### TOTALVURDERING.

Har anlegget svart til forventningene:





(Fyll ut rubrikkene)

VANNFORBRUK		Tilflytning (kommentar):		Vannproduksjon (m <sup>3</sup> /år):		Spesifikk produksjon (l/pers.d)	
Tilflytning (personer):		Tilflytning (kommentar):		Vannproduksjon (m <sup>3</sup> /år):		Spesifikk produksjon (l/pers.d)	

**BESKRIVELSE AV LØNNINGSNETTET**

(Fyll ut aktuelle rubrikker)

Sluttpunkt grunn	Sluttpunkt Anlegg	Sluttpunkt Ander still	Sluttpunkt Kopper	Sluttpunkt Asbestnett	Sluttpunkt Borner	Sluttpunkt PVC	Sluttpunkt PE	Sluttpunkt GPH	Sluttpunkt Redningsnett	Sluttpunkt Sum ledningsnett	Sluttpunkt Redningsnett beskyttelse

**ØKONOMI**

(Fyll ut aktuelle rubrikker)

Investering i 1993 (M)	Investering i 1994 (M)	Investering i 1995 (M)	Driftsutgifter 1993 (M)	Driftsutgifter 1994 (M)	Driftsutgifter 1995 (M)	Driftsutgifter for drifts- og vedlikeholdsutgifter (M)
Investert i vannledningsnett i 1993 (M)	Investert i ledningsnett i 1994 (M)	Investert i ledningsnett i 1995 (M)	Driftsutgifter i 1993 (M)	Driftsutgifter i 1994 (M)	Driftsutgifter i 1995 (M)	Driftsutgifter for drifts- og vedlikeholdsutgifter (M)





# NORVAR-rapporter

- Rapport nr. 1: Aktuelle metoder for myk start/stopp av store motorer.
- Rapport nr. 2: Bøtongnedbrytning i kloakkbassenger.
- Rapport nr. 3: Register over industribedrifter tilknyttet offentlig avløpsnett. Forprosjekt for PC-basert registrerings- og rapporteringssystem.
- Rapport nr. 4: Bruk av PC i avløpsanlegg. Eksempel på system for registrering og bearbeidelse av driftsdata.
- Rapport nr. 5: Arbeidsmiljø i kloakkanlegg. Arbeid utført ved HIAS 1982–87.
- Rapport nr. 6: Organisasjons- og bemanningsplan for VAR-anlegg. Eksempel fra VAR-selskapet HIAS.
- Rapport nr. 7: Datasentral og EDB på avløpsrenseanlegg. Forprosjekt.
- Rapport nr. 8: EDB i VA-sektoren. Samordnet innsats.
- Rapport nr. 9: NORVAR's årsberetning 1988.
- Rapport nr. 10: NORVAR's årsberetning 1989.
- Rapport nr. 11: Forfellingens innflydelse på veksten i et biofilmanlegg. Forsøk i laboratoriskala ved VEAS.
- Rapport nr. 12: NORVAR's årsberetning 1990.
- Rapport nr. 13: Prosess-styresystemer for VAR-anlegg. Forslag til kravspesifikasjon ut fra VAR-bransjens behov.
- Rapport nr. 13A: Prosess-styresystemer for VAR-anlegg. Funksjonsblokker for avløpsanlegg.
- Rapport nr. 14: Drift av anlegg i VAR-sektoren. Behov for kompetanse og opplæring. Anbefaling fra anleggseiere.
- Rapport nr. 15: Driftsovervåking av aktivert-karbonfilter
- Rapport nr. 16: EDB i VAR-teknikken. FDV – kravspesifikasjoner.
- Rapport nr. 17: EDB i VAR-teknikken. Driftskontrollanlegg for VA-transportssystemer. Innsamling og bearbeidelse av data.
- Rapport nr. 18: EDB i VAR-teknikken. Sensorer og måleutstyr. Forprosjekt.
- Rapport nr. 19: EDB i VAR-teknikken. Økonomistyring i VAR-sektoren.
- Rapport nr. 20: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Hovedrapport.
- Rapport nr. 20A: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Aerob og anaerob behandling.
- Rapport nr. 20B: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Kalking. Kompostering.
- Rapport nr. 20C: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Slamavanning.
- Rapport nr. 20D: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Termisk behandling av kloakkslam.
- Rapport nr. 21: NORVAR's årsberetning 1991.
- Rapport nr. 22: EDB i VAR-teknikken. Fase 1 – kravspesifikasjoner m.m. Statusbeskrivelse og forslag til videre arbeid.
- Rapport nr. 23A: Internkontroll for VA-anlegg. Mal for internkontrollhåndbok for VA-anlegg.
- Rapport nr. 23B: Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for avløpsanlegg. Eksempel fra Fredrikstad og Omegn Avløpsanlegg.
- Rapport nr. 23C: Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for vannverk. Eksempel fra Vansjø vannverk.
- Rapport nr. 23D: Internkontroll for VA-anlegg. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg.
- Rapport nr. 23E: Internkontroll for VA-anlegg. Helse, miljø og sikkerhet ved vannbehandlingsanlegg.
- Rapport nr. 23F: Internkontroll for VA-anlegg. Helse, miljø og sikkerhet ved avløpsrenseanlegg.
- Rapport nr. 24: NRV-prosjekt. Korrosjonskontroll ved vannbehandling med mikronisert marmor.
- Rapport nr. 25: NORVAR's Slamgruppe. Mal for prosessoppfølging av anlegg for stabilisering og hygienisering av slam.
- Rapport nr. 26: NORVAR's Slamgruppe. Installasjon av gassmotor for strømproduksjon ved avløpsrenseanlegg.
- Rapport nr. 27: NORVAR's Slamgruppe. Mottak og behandling av avannet råslam ved renseanlegg som hygieniserer og stabiliserer slam i væskeform.
- Rapport nr. 28: NORVAR's Slamgruppe. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt.
- Rapport nr. 29: Rapport fra SFT-prosjekt. Regnvannsoverløp.
- Rapport nr. 30: Utvikling og uttesting av datasystem for informasjonsflyt i VA-sektoren. Erfaringer fra et pilotprosjekt.
- Rapport nr. 31: PRO-VA, Brukerklubb for prosess-styresystemer, drift- og fjernkontroll for VA-anlegg. Oversikt pr. 1993. Leverandører – produkter – konsulenter. Referanseanlegg, litteratur, terminologi.
- Rapport nr. 32: Bruk av statistiske metoder (kjemometri) til å finne sammenhenger i analyseresultater for avløpsvann.
- Rapport nr. 33: Rapport fra SFT-prosjekt. Evaluering av enkle ronsemetoder. Slamavskillere.
- Rapport nr. 34: Rapport fra SFT-prosjekt. Evaluering av enkle rensemetoder. Siler/finnister.
- Rapport nr. 35: Kravspesifikasjon og kontrollprogram for VA-kjemikalier.
- Rapport nr. 36: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. Filter som hygienisk barriere.
- Rapport nr. 37: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. EU/EØS, konsesjoner for Norges vannforsyning.
- Rapport nr. 38: NORVAR-prosjekter 1992/93.
- Rapport nr. 39: Implementering av EDB-basert vedlikeholdssystem. Erfaringer fra et referanseprosjekt knyttet til pilot-prosjekt ved Bekkelaget Renseanlegg. Sjekk-/momentliste for bruk ved implementering av EDB-basert vedlikehold.
- Rapport nr. 40: Driftsassistanser for avløp. Utredning om rolle og funksjon fremover.
- Rapport nr. 41: PRO-VA, Brukerklubb for prosess-styresystemer, drift- og fjernkontroll for VA-anlegg. METRI-TEL. Kommunikasjonsmedium for VA-installasjoner. Erfaringer fra prøveprosjekt i Sandefjord kommune.
- Rapport nr. 42: Industriavløp til kommunalt nett. Evaluering av utførte industrikartleggingsprosjekter.
- Rapport nr. 43: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. Korrosjonskontroll ved Hamar vannverk. Resultat fra fullskalaforsøk.
- Rapport nr. 44: Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt. Vekstsesongen 1994.
- Rapport nr. 45: Forsøk med forfelling og felling i 2 trinn med polyaluminiumklorid høsten 1993. Kartlegging av slam- og slamvannsstrømmer med og uten forfelling 1993–94.
- Rapport nr. 46: Renovering av avløpsledninger. Retningslinjer for dokumentasjon og kvalitetskontroll.
- Rapport nr. 47: Oslo kommune, Vann- og avløpsverket: Strategidokument for industrikontrollen.
- Rapport nr. 48: NORVAR og miljøteknologi. Forprosjekt.
- Rapport nr. 49: Grunnundersøkelser for infiltrasjon – små avløpsanlegg. Forundersøkelse, områdebefaring og detaljundersøkelse ved planlegging av separate avløpsrenseanlegg.
- Rapport nr. 50: Røfninspeksjon i avløpsledninger. Rapporteringshåndbok. Standarddefinisjoner.

## **NORVAR-rapporter forts.:**

- Rapport nr. 49: Grunnundersøkelser for infiltrasjon -- små avløpsanlegg. Forundersøkelse, områdebefaring og detaljundersøkelse ved planlegging av separate avløpsrensaneanlegg.
- Rapport nr. 50: Rørinspeksjon i avløpsledninger. Rapporteringshåndbok. Standarddefinisjoner.
- Rapport nr. 51: Slambehandling
- Rapport nr. 52: Bruk av slam i jordbruket
- Rapport nr. 53: Bruk av slam på grøntarealer
- Rapport nr. 54: Rørinspeksjon av avløpsledninger. Veileder.
- Rapport nr. 55: Vannbehandling og innvendig korrosjonskontroll i vannledninger