

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

OSLO

0 - 81065

KALKING AV TILLØP TIL LILLE ASKETJERN

FOR FJERNING AV HUMUS

Innledende forsøk

27. august 1981

Saksbehandler: Eilen Arctander Vik

Medarbeidere: Ase Kristine
Gudmundson Rogne,
Egil Gjessing

For administrasjonen:

J. E. Samdal
Lars N. Overrein

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-81065
Undernummer:
Løpenummer: 1302
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Kalking av tilløp til Lille Asketjern for fjerning av humus. VA-7/81	Dato: 3/9 1981
	Prosjektnummer: 0-81065
Forfatter(e): Eilen Arctander Vik Medarbeidere: Åse Kristine Gundmundson Rogne Egil Gjessing	Faggruppe: SEKVAT
	Geografisk område: Nes kommune Akershus fylke
	Antall sider (inkl. bilag): 19

Oppdragsgiver: Asketjern/Blaker fellesvannverk, Sørumsand	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:

Asketjern/Blaker vannverk har fått krav om fullrensing av drikkevannet på grunn av høyt fargetall. Benkeforsøk med tilsetning av kalk til vann fra Asketjern antydte god fargefjerning. Fellingsforsøk i laboratorium ble derfor gjennomført med tilsetning av ulike typer og mengder kalk. Høy kalkdosering var nødvendig for å oppnå moderat fargefjerning. Lagring av prøvene gav bedret renseresultat. Muligheten for å utnytte innsjøene i dette vannsystemet som fellingsmagasin ved bruk av kalk for humusfjerning er vurdert på bakgrunn av forsøkene. Utvidede forsøk i et mindre "pilot" system synes å være nødvendig før eventuell oppskalering til fullskala.

4 emneord, norske:
1. Kalking
2. Humus
3. Drikkevannsbehandling
4. Vannkvalitet

4 emneord, engelske:
1. Addition of lime
2. Humus
3. Water treatment
4. Water Quality

Prosjektleder:

Eilen Arctander Vik
Eilen Arctander Vik

Revisjonsleder:

Arild Schanche Eikum
Arild Schanche Eikum

For administrasjonen:

John Erik Sandal
John Erik Sandal

Lars N. Overrein
Lars N. Overrein

ISBN 82-577-0398-2

I N N H O L D

	Side:
1. PROBLEMSTILLING	4
2. KJEMISK FELLING MED KALK OG ERFARINGER MED FJERNING AV HUMUS	4
3. BESKRIVELSE AV VANNSYSTEMENE	8
4. UTFØRTE FELLINGSFORSØK OG RESULTATER	11
5. DISKUSJON OG KONKLUSJON	16
6. LITTERATUR	18
APPENDIX: Resultater fra koagulering med aluminium	19

T A B E L L E R

Tabell nr.:

1	Karakteristiske trekk ved forskjellige kalktyper	6
2	Resultater fra forsøk med fjerning av humus ved tilsetning av $\text{Ca}(\text{OH})_2$ fra Mjøndalen Kalkfabrikk	11
3	Resultater fra forsøk med fjerning av humus ved tilsetning av dolomitt fra Hydrochemische Produkte	12
4	Begerglassforsøk med kalking av tilløpsvann til Lille Asketjern. CaO og $\text{Ca}(\text{OH})_2$ p.a. kvalitet er brukt	13
5	Resultater fra forsøk med kalking av tilløpsvann til Lille Asketjern. CaO og $\text{Ca}(\text{OH})_2$ er tilsatt halvliters flasker, ristet og deretter sedimentert	15
6	Oppsummering av basiske pH-verdiens effekt på fisk	16

F I G U R E R

Figur nr.:		Side:
1	Effekten av Ca(OH)_2 på "fjerning" av humus fra vann ---	7
2	Oversiktskart over Steinstjern, Lille Asketjern og Store Asketjern i Nes kommune, Akershus	8
3	Vannkvalitetsdata for Asketjern vannverk	9
4	Asketjerns farge som funksjon av pH	10
5	Endring i pH som funksjon av kalkdoseringen for ulike kalktyper	14
6	Reduksjon av organisk stoff (humus) fra Asketjern ved elektrolytisk aluminiumsdosering	19

1. PROBLEMSTILLING

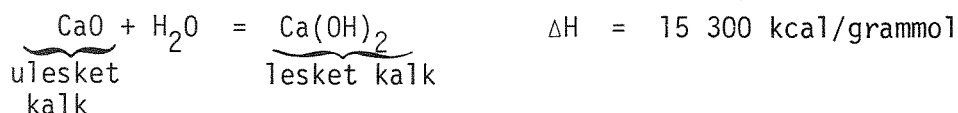
Råvannet til Asketjern og Blaker vannverk har en farge som varierer mellom 20 og 40 mg Pt/l, og vannverket har fått krav om fullrensing av vannet. Benkeforsøk utført av byveterinær Roll Hansen viser imidlertid at fargen lar seg redusere til ca. 5 mg Pt/l ved felling med ulesket kalk (CaO) (200 mg CaO/l) og sedimentering. Etter befaring til Steinstjern og Lille Asketjern er det ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA) utført fellingsforsøk med vann fra tilløpet til Lille Asketjern, for å kunne vurdere muligheten av å tilsette kalk direkte i dette vannsystemet.

2. KJEMISK FELLING MED KALK OG ERFARINGER MED FJERNING AV HUMUS

Kalk foreligger i ulike former, men ikke alle er like effektive som fellingsmiddel. Teknisk kalk kommer i to hovedformer som begge er anvendt ved renseanlegg - nemlig ulesket kalk (brent kalk) og lesket kalk (hydratkalk). Større anlegg finner det lønnsomt å kjøpe ulesket kalk og foreta lesking i eget utstyr ved renseanlegget. Ulesket kalk er billigere både i innkjøp og transport. De fleste mindre anlegg anvender imidlertid hydratkalk.

Ulesket kalk har vært anvendt direkte uten forutgående lesking som kalktilsetning til renseanlegg. Dette fører til at uopløst kalk lett fester seg på bassengkanter og renner. Dermed blir kun en mindre andel av kalken utnyttet som fellingsmiddel.

Når ulesket kalk tilsettes vann, skjer det en stor varmeutvikling, og den kjemiske reaksjonen er som følger:



Ved tilsetning av ulesket kalk i store mengder vann som f.eks. ved dosering av ulesket kalk til avløpsvann, blir imidlertid temperaturstigningen svært liten.

Det knytter seg mange spørsmål til valg av kalktype. Dessuten må doseringsform og doseringsprinsipp vurderes nøye når kalk skal anvendes som fellingsmiddel. Tabell 1 gir en oversikt over karakteristiske trekk for forskjellige kalktyper. Tabellen er hentet fra Culp og Culp (1).

På grunn av forsurening av innsjøer er kalking blitt vanligere i den senere tid (2). Allerede på 1920-tallet ble kalk brukt for å bedre fiskeproduksjonen i dammer. Broberg (2) har sett på effekten av kalking på fysikalsk-kjemiske parametre. Tilsetning av kalk som kalsiumkarbonat eller kalsiumhydroksyd resulterer i følgende forandringer i innsjøsystemet:

- 1) pH og bufferkapasiteten øker,
- 2) næringsstoffene blir mer lettilgjengelige,
- 3) total karbonat-konsentrasjonen øker, hvilket kan utnyttes ved fotosyntesen,
- 4) sedimentenes sammensetning og kjemi endres, hvilket medfører en raskere nedbrytning av organisk materiale.

Siktedypet øker i enkelte innsjøer og ikke i andre. Grunnen til at noen innsjøer blir klarere mens andre får redusert siktedyp foreslås av Broberg (2) å bero på "fysikalske" ulikheter hos humus-kolloidene. Vannets egenfarge stiger med økning i pH, dermed burde en pH økning resultere i en økt farge. De sjøer der siktedypet har økt etter kalking er imidlertid ofte humusrike innsjøer.

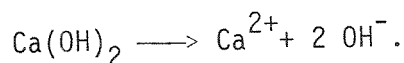
I 1961 (3) ble det fra NIVA's side foreslått som ett av fem tiltak å kalke hele vannmassen i Tennebekktjern. Dette ble senere utført (4) ved at hydratkalk ble dosert i propellstrømmen fra båt. Mellom 4 og 50 mg $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /l ble dosert. I laboratorieforsøk resulterte dette i en pH = 8, mens pH i tjernet økte til 6,8. Rundt 50 prosent av tilsatt mengde ble gjenfunnet i Tennebekktjern. Fargereduksjonen var imidlertid minimal. Kalktype, doseringsmengde og doseringsteknikk vil være avgjørende for hvilke effekter man vil oppnå.

Tabell 1. Karakteristiske trekk ved forskjellige kalktyper.

CHEMICAL		SHIPPING DATA		PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS		
Common Name Formula	Available Forms	Containers and Requirements	Appearance and Properties	Weight lb/cu ft (Bulk Density)	Commercial Strength	Solubility in Water g/100 ml at 25°C
Quicklime CaO	Pebble Crushed Lump Ground Pulverized	Moisture proof bags, 80-100 lb Wood bbl Bulk C/L Store dry Max. 60 days Keep container closed	White (light gray, tan) lumps to powder Unstable, caustic ir- ritant Slakes to hydroxide slurry evolving heat Air slakes to CaCO ₃ Sat. Sol. pH 12.4	55-75 To calculate hopper capac- ity - use 60 Sp. G., 3.2-3.4	70-96% CaO (Below 88% can be poor quality)	Reacts to form Ca(OH) ₂ Each lb of quick- lime will form 1.16-1.32 lb. of Ca(OH) ₂ , with 2-12% grit, de- pending on purity
Recovered Lime CaO	Pellets	Bulk delivery direct from kiln to stor- age bin	Light gray, tan Same properties as quicklime		75-90% CaO	Same as quicklime
Dolomitic Lime CaO·MgO (MgO content varies)	Pebble Crushed Lump Ground Pulverized	Bags, 50-60 lb Bulk C/L bbl	Same appearance and properties as quicklime, except MgO slakes slowly	Pebble, 60-65 Ground, 50-75 Lump, 50-65 Powder, 37-63 Avg. 60 Sp. G., 3.2-3.4	CaO 55-57.5% MgO 37.6-40.5%	Slakes to form Ca(OH) ₂ slurry plus MgO, which slakes slowly
Hydrated Lime Ca(OH) ₂	Powder (passes 200 mesh)	Bags, 50 lb. Bbl, 100 lb. Bulk, C/L (Store dry)	White, 200-400 mesh. powder, free of lumps Caustic, dusty irritant Absorbs H ₂ O and CO ₂ from air to form Ca(HCO ₃) ₂ Sat. Sol. pH 12.4	35 to 50 To calculate hop- per capacity use 40 Some 20-30 use 23 Sp. G., 2.3-2.4	Ca(OH) ₂ 82-98% CaO 62-74% (Std. 70%)	0.18 at 0°C 0.16 at 20°C 0.15 at 30°C 0.077 at 100°C
Carbide Lime Ca(OH) ₂	Powder 70-90% (200 mesh) Slurry	Bulk	Coarse, gray powder Gray slurry (35% solids)	35 to 55	95% Ca(OH) ₂	Same as Ca(OH) ₂
Dolomitic Hydrated Lime Ca(OH) ₂ + Mg(OH) ₂ Content of MgO and Mg(OH) ₂ varies	Monohydrated powder slaked at atmos. press. Dihydrate powder slaked at high press. & temp.	Bags, 50 lb. Bbl, 100 lb. Bulk, C/L (Store dry)	Tan to white powder free of lumps (-200 mesh) Caustic, dusty irritant Sat. Sol. pH 12.4	Monohydrate 25-37 Dihydrate 27-43 To calculate hop- per capacity, use 40 Sp. G., 2.65-2.75	Monohydrate Ca(OH) ₂ -62% MgO-34% Dihydrate Ca(OH) ₂ -54% Mg(OH) ₂ -42% (approx.)	Same as Ca(OH) ₂
Limestone (Unburned lime) CaCO ₃	Powder Granules Ground	Bags, 50 lb. 80 lb. 100 lb. Drums Bulk, C/L	White amorphous powder Sat. Sol. pH 9-9.5	Powder 35 to 60 Granules 100 to 115 Sp. G., 2.65-2.75	96-99%	0.0013 at 20°C 0.002 at 100°C
Dolomite CaCO ₃ ·MgCO ₃	Lump or crushed Granular Ground Powder	Bags, 50 lb. Drums Bulk, C/L	White, gray, tan Sat. Sol. pH 9-9.5	87 to 95 Sp. G., 2.8-2.9	Varies	Approx. same as limestone

(For å overføre kalkdosering uttrykt som CaO til Ca(OH)₂,
multipliser med 1,393. For å overføre Ca(OH)₂ til CaO,
multipliser med 0,757.)

Ved kjemisk felling med kalk er hovedhensikten å heve vannets pH verdi og vannets innhold av Ca^{2+} -ioner.



Hevning av pH vil føre til flere kjemiske reaksjoner. En av de viktigste reaksjonene er utfelling av kalsiumkarbonat, CaCO_3 , som er avhengig av vannets alkalitet. Kjemisk felling med kalk for å fjerne humus er lite studert. Erfaringer med bruk av samme prosess for å fjerne fosfor viser imidlertid at fosfatutfelling foregår ved pH ca. 10, men for å oppnå en effektiv fjerning av partikulært fosfor, må pH opp i 11,5.

Fjerning av organisk bundet fosfor er foreslått (5) å foregå ved adsorpsjon til utfelt kalsiumkarbonat og magnesiumhydroksyd. Magnesiumhydroksyd dannes ved pH mellom 11 og 12. Kalsium- og magnesiuminnholdet i humusrike innsjøer er imidlertid vanligvis lavt, henholdsvis ca. 2 og 0,5 mg/l (6). Forsøk med tilsetning av kalsiumhydroksyd til humusvann (7) har vist at ved tilsetning av 100 mg Ca(OH)_2 /l til vann med farge på rundt 150 mg Pt/l, fjernes omtrent 50 prosent av fargen ved en pH på 9 etter 16 dager, med andre ord, en svært langsom prosess. Fig. 1 er hentet fra Gjessings bok (7).

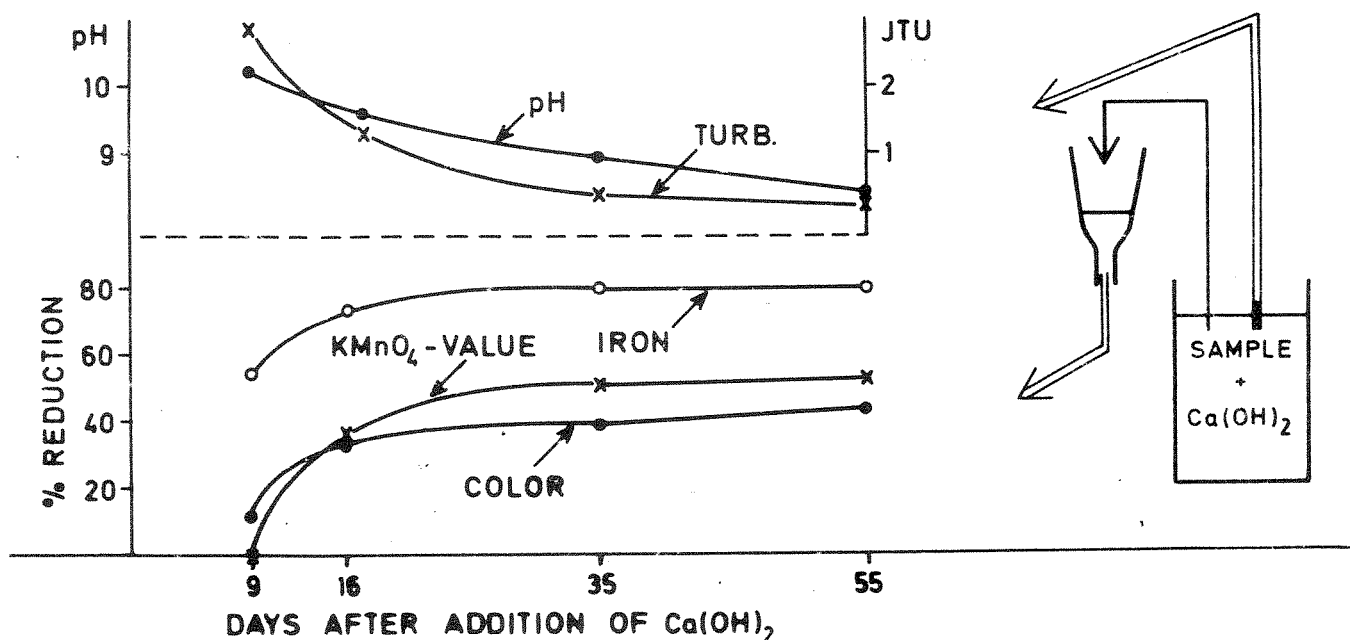


Fig. 1. Effect of Ca(OH)_2 on the "removal" of humus from water. The curves show the change of pH and turbidity with time of storage (upper) and the corresponding reduction (%) of color, KMnO_4 -value (organic matter) and iron in filtered sample. (Gjessing, 1976.)

3. BESKRIVELSE AV VANNSYSTEMENE

I fig. 2 er de tre sammenhengende innsjøene skissert; Steinstjern, Lille Asketjern og Store Asketjern. Ideen var å dosere kalk ved utløpet fra Steinstjern og utnytte Lille - og Store Asketjern som sedimenteringsbassenger. I lagunen ved utløpet fra Store Asketjern kunne man bygge inn et langsomt sandfilter.

Hvis man antar en midlere dybde i Store Asketjern på rundt 10 m, vil man ved en total avrenning på 650 000 m³/år ha en oppholdstid på omtrent to år i systemet.

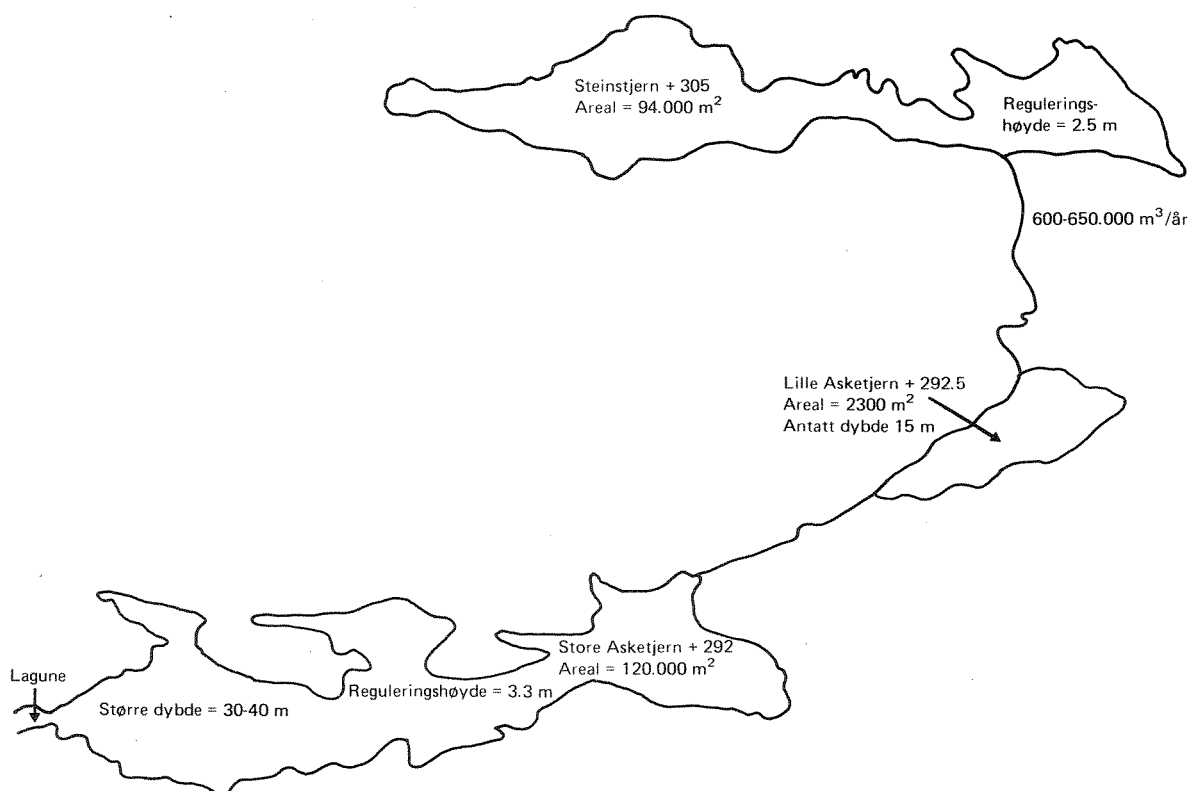


Fig. 2. Oversiktskart over Steinstjern, Lille Asketjern og Store Asketjern i Nes kommune, Akershus.

Vannkvalitetsdata i ulike perioder av året for Asketjern vannverk er framstilt i fig. 3. En vannprøve tatt fra Store Asketjern 6.3.1981 hadde følgende sammensetning:

Turbiditet	0,35 NTU
Farge	40 mg Pt/l
UV absorpsjon	$0,25 \text{ cm}^{-1}$
TOC	6,6 mg C/l
Ledningsevne	$39 \text{ } \mu\text{S/cm}$
pH	6,0
Alkalitet	0,1 meq/l.

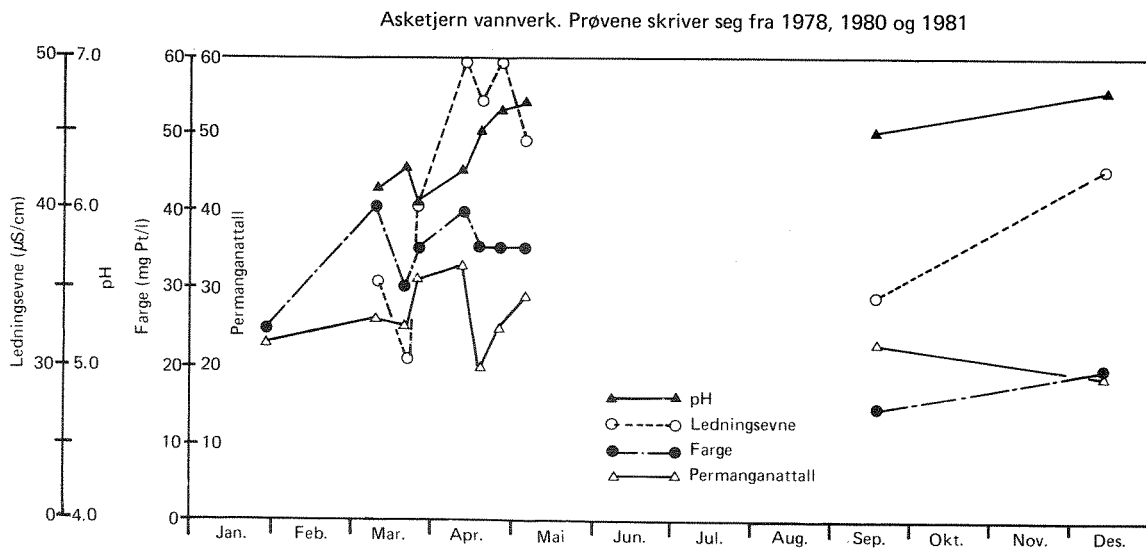


Fig. 3. Vannkvalitetsdata for Asketjern vannverk.

Vannets egenfarge stiger ved økende pH. Vann fra Store Asketjern (6.3.81) er undersøkt med hensyn til sammenhengen mellom pH og farge. Fargen er bestemt etter tilsetning av syre eller lut. Resultatene er vist i fig. 4.

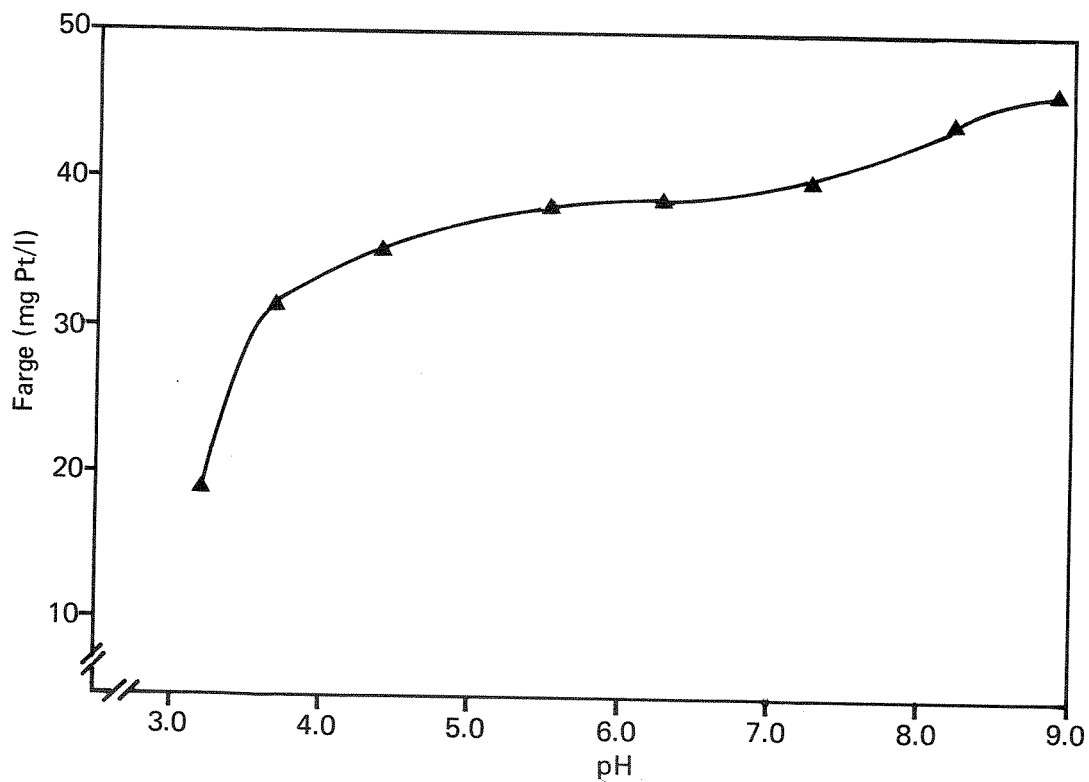


Fig. 4. Asketjerns farge som funksjon av pH.

4. UTFØRTE FELLINGSFORSØK OG RESULTATER

Det er utført 4 ulike serier med kalkfelling av humus. Den første serien ble basert på de oppgitte doseringsmengdene som ble brukt av Roll Hansen. Ca(OH)_2 -slurry fra Mjøndalen Kalkfabrikk ble brukt som fellingskjemikalie. Hydratkalk (doseringsmengdene, 0,50, 100, 150, 200 og 300 mg Ca(OH)_2 /l) ble tilsatt de seks begerglassene. Kjemikaliene ble tilsatt under hurtig omrøring, 100 omdreininger/min i ett min, og dernest ble hastigheten redusert til 20 omdr./min i 15 min. Prøvene sedimenterte deretter i $\frac{1}{2}$ time. Prøvene ble også analysert etter 6 og 13 døgns lagring. Resultatene er sammenstilt i tabell 2. Alt vann benyttet i forsøkene ble hentet fra utløpet fra Steinstjern 3. juni 1981.

Tabell 2. Resultater fra forsøk med fjerning av humus ved tilsetning av Ca(OH)_2 fra Mjøndalen Kalkfabrikk.

Doseringsmengde (mg Ca(OH)_2 /l)		0	50	100	150	200	300
Analyser etter $\frac{1}{2}$ times sedimentering:							
Turbiditet	NTU	0,5	21	39	48	45	55
Filtrert farge	mg Pt/l	26	28	29	26	26	22
pH		6,5	9,5	10,2	10,5	10,7	10,9
Alkalitet	meq/l	0,08	0,4	0,7	0,9	1,1	1,5
Ledningsevne	$\mu\text{S/cm}$	25	51	86	145	197	290
Analyser etter 6 døgns sedimentering:							
Turbiditet	NTU	0,5	3	0,5	0,5	0,5	0,5
Ufiltrert farge	mg Pt/l	26	33 ^{x)}	22	15	20	20
pH		6,6	8,8	7,5	7,8	7,8	7,3
Ledningsevne	$\mu\text{S/cm}$	25	102	105	104	125	145
Analyser etter 13 døgns sedimentering:							
Ufiltrert farge	mg Pt/l	26	-	22	15	20	20

x) Filtrert prøve.

Kalkingen resulterte ikke umiddelbart i nevneverdig reduksjon av fargen. Ett begerglass ble derfor tilsatt mer Ca(OH)_2 , ca. 500-700 mg Ca(OH)_2 /l, for å øke pH, og dagen etter ble prøven analysert til pH = 11,2 og farge på filtrert prøve = 7 mg Pt/l. Etter 6 døgns henstand ble fargen på denne prøven funnet lik 5 mg Pt/l. Lagring av prøvene har en viss effekt på fargereduksjonen.

For å undersøke hvilken effekt tilsetning av magnesium ville ha på kalkfelling av humus, ble dolomitt ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgO}$) fra Hydrochemische Produkte brukt. Resultatene fra denne forsøksserien er sammenstilt i tabell 3.

Tabell 3. Resultater fra forsøk med fjerning av humus ved tilsetning av dolomitt ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgO}$) fra Hydrochemische Produkte.

Doseringsmengde (mg dolomitt/l)		100	200	300	400	500
Analyser etter ½ times sedimentering:						
Turbiditet	NTU	4,5	14	20	29	34
Filtrert farge	mg Pt/l	29	29	29	32	29
pH		9,4	9,8	10,0	10,1	9,9
Analyser etter 24 timers sedimentering:						
Filtrert farge	mg Pt/l			26		25
pH				10,1		10,3
Ledningsevne	μS/cm			90		110
Analyser etter 6 døgns sedimentering:						
Turbiditet	NTU	0,5	0,5	0,9	1,2	1,5
Ufiltrert farge	mg Pt/l	26	25	25	17 ^{x)}	15 ^{x)}
pH		9,0	8,2	9,3	9,7	9,6
Ledningsevne	μS/cm	94	100	160	160	190
Analyser etter 13 døgns sedimentering:						
Ufiltrert farge		26	25	25	17 ^{x)}	15 ^{x)}

x) Filtrert prøve.

Dolomitt er vanskelig oppløselig, og analysene tyder ikke på bedre fargefjerning enn ved bruk av hydratkalk.

To forsøksserier med bruk av analysekvalitet på fellingskjemikalier er utført. CaO og Ca(OH)₂ p.a. kvalitet ble brukt. Begerglass-forsøk etter samme prosedyre som tidligere beskrevet ble utført, se tabell 4.

Tabell 4. Begerglass-forsøk med kalking av tilløpsvann til Lille Asketjern. CaO og Ca(OH)₂ p.a. kvalitet er brukt.

Doseringskjemikalie	Ca(OH) ₂ p.a.			CaO p.a.			
	Doseringsmengde, mg/l	100	200	400	100	200	400
pH i flokkulering		11,0	11,3	11,7	10,9	11,2	11,6
Analyser etter 17 timers sedimentering:							
Ufiltrert farge mg Pt/l		53	56	50	46	39	40
Filtrert farge mg Pt/l		26	19	15	32	23	16
UV absorpsjon, filtrert cm ⁻¹		0,140	0,107	0,090	0,155	0,131	0,097
pH		10,4	11,1	11,8	10,2	10,9	11,7
Alkalitet meq/l		1,5	2,8	7,6	1,4	2,0	6,0
Ledningsevne μS/cm		180	335	1320	175	270	1120

Sammenligning av tabell 2 og tabell 4, dosering av 200 mg Ca(OH)₂/l, viser at ved bruk av teknisk kvalitet Ca(OH)₂ fra Mjøndalen Kalkfabrikk oppnås pH på 10,7, mens ved bruk av analysekvalitet oppnås pH på 11,3. Kalkdoseringen omregnet til mg Ca²⁺/l er framstilt som funksjon av pH for de ulike kalktypene i fig. 5. Vråle (8) har undersøkt ulike kalktyper som fellingsmiddel for avløpsvann, og påpeker at enkelte kalktyper inneholder mer karbonat enn andre. Karbonat bufrer vannet, og pH som funksjon av dosert mengde kalk øker dermed ikke så mye som antatt. Observasjoner under flokkuleringen tyder på at svært lite eller intet skjer ved lavere pH enn ca. 11,5, mens ved høyere pH dannes svært små fnokker som er vanskelig sedimenterbare. Også et tynt fettlignende sjikt dannes på overflaten av begerglassene.

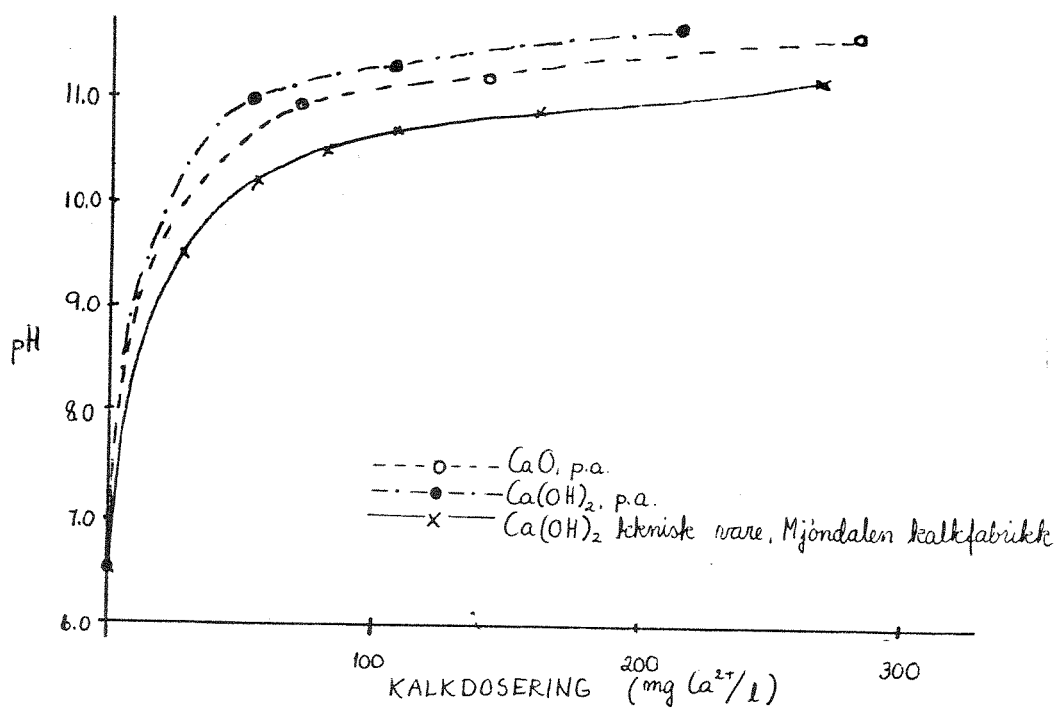


Fig. 5. Endring i pH som funksjon av kalkdoseringen for ulike kalktyper.

Et siste ekseperiment ble utført med bruk av Ca(OH)_2 og CaO analysekvalitet. Fire flasker, hver med 400 ml vann (tilløp til Lille Asketjern), ble tilsatt 200 og 400 mg/l henholdsvis Ca(OH)_2 og CaO . Prøve ble tatt ut og filtrert etter 17 timers sedimentering. Flaskene ble deretter ristet opp for å simulere sirkulasjon av f.eks. Store Asketjern. Flaskene ble deretter satt til sedimentering og analysert etter 3 og 6 døgn. Resultatene er sammenstilt i tabell 5.

Tabell 5. Resultater fra forsøk med kalking av tilløpsvann til Lille Asketjern. CaO og Ca(OH)_2 er tilsatt halvliters flasker, ristet og deretter sedimentert.

Doseringskjemikalie	Ca(OH)_2 p.a.		CaO p.a.	
Doseringsmengde, mg/l	200	400	200	400
pH etter omristing	11,5	11,7	11,4	11,6
Analyser etter 17 timers sedimentering:				
Filtrert farge mg Pt/l	18	14	20	15
pH	11,7	11,9	11,7	11,9
Analyser etter omristing og 3 døgns sedimentering:				
Filtrert farge mg Pt/l	12	9	13	10
pH	11,5	11,7	11,6	11,8
Analyser etter 6 døgns sedimentering:				
Filtrert farge mg Pt/l	11	8	12	10
pH	-	-	-	11,6

5. DISKUSJON OG KONKLUSJON

Tradisjonelt foregår "kalkfelling" med høy pH (pH=11,5), og de forsøkene som er utført med vann fra Steinstjern tyder på at ved høye kalkdoseringer (og høy pH) kan oppnås en betydelig humusfelling etter henstand. Det vil imidlertid ikke være tilrådelig med så høye pH-nivåer i naturlige systemer på grunn av hydrobiologiske konsekvenser.

Broerg (2) diskuterer pH-verdiens effekt på fisk, se tabell 6.

Tabell 6. Oppsummering av basiske pH-verdiens effekt på fisk. (Broberg (2).)

pH-område	Effekt
6,5 - 9,0	Uskadelig for fisk selv om virkningen av andre giftstoffer kan påvirkes av pH endringer innenfor dette området.
9,0 - 9,5	Skadelig for laksefisk og abbor hvis det skjer en eksponering over lang tid i dette området.
9,5 - 10,0	Dødelig for laksefisk over lengre tids eksponering, men kan tolereres for kortere perioder. Kan være skadelig for egg- og yngelstadier for noen andre arter.
10,0 - 10,5	Kan tolereres av laksefisk og mort i korte perioder, men dødelig over lengre tid.
10,5 - 11,0	Raskt dødelig for laksefisk. Langtids-eksponering i de øvre deler av dette området er dødelig for karpe, suter, gullfisk og gjedde.
11,0 - 11,5	Virker hurtig dødelig på alle fiskearter.

I det aktuelle vannsystem (Steinstjern, Lille og Store Asketjern) vil vannet ha en oppholdstid på 1-2 år. Denne lagringstid vil ventelig redusere pH til et akseptabelt nivå, i tillegg vil tilrenning direkte til Lille og Store Asketjern dels gi en fortynning når det gjelder kalk og pH, men også en økning av humus (farge) mengden. Det er derfor sannsynlig at man med en kalkdosering på 200 mg $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{l}$ til å begynne med vil få høy pH som lokalt vil gi negative biologiske effekter. Hvor langvarige og omfattende disse effekter vil være i det aktuelle system er det vanskelig å forutsi på grunnlag av disse enkle laboratorieforsk.

Humus utfelling med $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kan antakelig foregå på to forskjellige måter. I det ene tilfellet vil det med høy pH bl.a. dannes CaCO_3 som er tungt løselig og som samtidig feller humus. For det annet kan man tenke seg at Ca-ionene vil kunne reagere med humus ved at humus-ionet skiftes ut (frigjøres), hydrolyserer og likeledes samtidig feller humus. Laboratorieforsøk (se fig. 1) kan tyde på slike effekter.

Det er altså fortsatt en del usikkerheter knyttet til "kalkfelling" i naturlige vannsystemer, og det er ikke anbefalelsesverdig å starte kalking av utløpet av Steinstjern med de kalkmengder som laboratorieforsøkene antyder (med 200 mg $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /l er den årlige kalkmengde beregnet til 130 tonn $\text{Ca}(\text{OH})_2$). En annen usikkerhet er kalk-humus-slammets karakter og stabilitet; i hvilken grad det vil delta i vår- og høst-sirkulasjonen.

Problemløsningen med å utnytte innsjøer som fellingsmagasin synes fortsatt interessant, men bør først prøves i et mindre "pilot" system. Tilsetting av andre fellingskjemikalier (f.eks. Fe, eventuelt elektrolytisk dosert) burde også prøves, eventuelt i kombinasjon med kalk.

6. LITTERATUR

1. Culp, R.L. og G.L. Culp: Advanced Wastewater Treatment. Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1971.
2. Broberg, O.: Kalkningsmedel, kalkning och effekter av kalkning. En litteratur översikt. VATTEN 2-78, 104-116.
3. Samdal, J.E.: Prøvetagning og undersøkelse av vannet i Tennebekktjern og i tilhørende vannledningsnett. NIVA 0-309, 16. aug. 1961.
4. Samdal, J.E.: Undersøkelser av vann fra Tennebekktjern. NIVA 0-309, 15. aug. 1964.
5. Vråle, L.: Kjemisk felling med kalk og sjøvann. Delrapport 1. NIVA - PRA 2.1 0-40/71 A, jan. 1977.
6. Kristiansen, H.: Personlig kommunikasjon. NIVA, juli 1981.
7. Gjessing, E.T.: Physical and Chemical Characteristics of Aquatic Humus. Ann Arbor Science, Publishers Inc. 1976.
8. Vråle, L.: Karbidkalk som fellingsmiddel for avløpsvann. NIVA 0-94/75. Oktober 1975.

APPENDIX

RESULTATER FRA KOAGULERING MED ALUMINIUM

I tilknytning til et større forskningsprosjekt ved NIVA der man prøver å forstå hva som skjer ved koagulering av humus ved bruk av aluminium, er vann fra Asketjern undersøkt. Råvannets kvalitet er tidligere referert. Forsøkene ble kjørt ved lav temperatur, $<4^{\circ}\text{C}$. I denne forsøksserien ble aluminium dosert ved elektrolyse, men undersøkelser av andre vanttper, f.eks. Tjernsmotjern, viser at dosering av aluminiumsulfat gir tilsvarende renseseffekt, men det er da nødvendig med pH justering.

Aluminiumsdoseringen i mg Al/l kan omregnes til mg aluminiumsulfat/l ved en faktor på 11, hvilket betyr at en optimal reduksjon av organisk stoff (her: humus) oppnås ved dosering av 3 mg Al/l eller 33 mg aluminiumsulfat/l (se fig. 6).

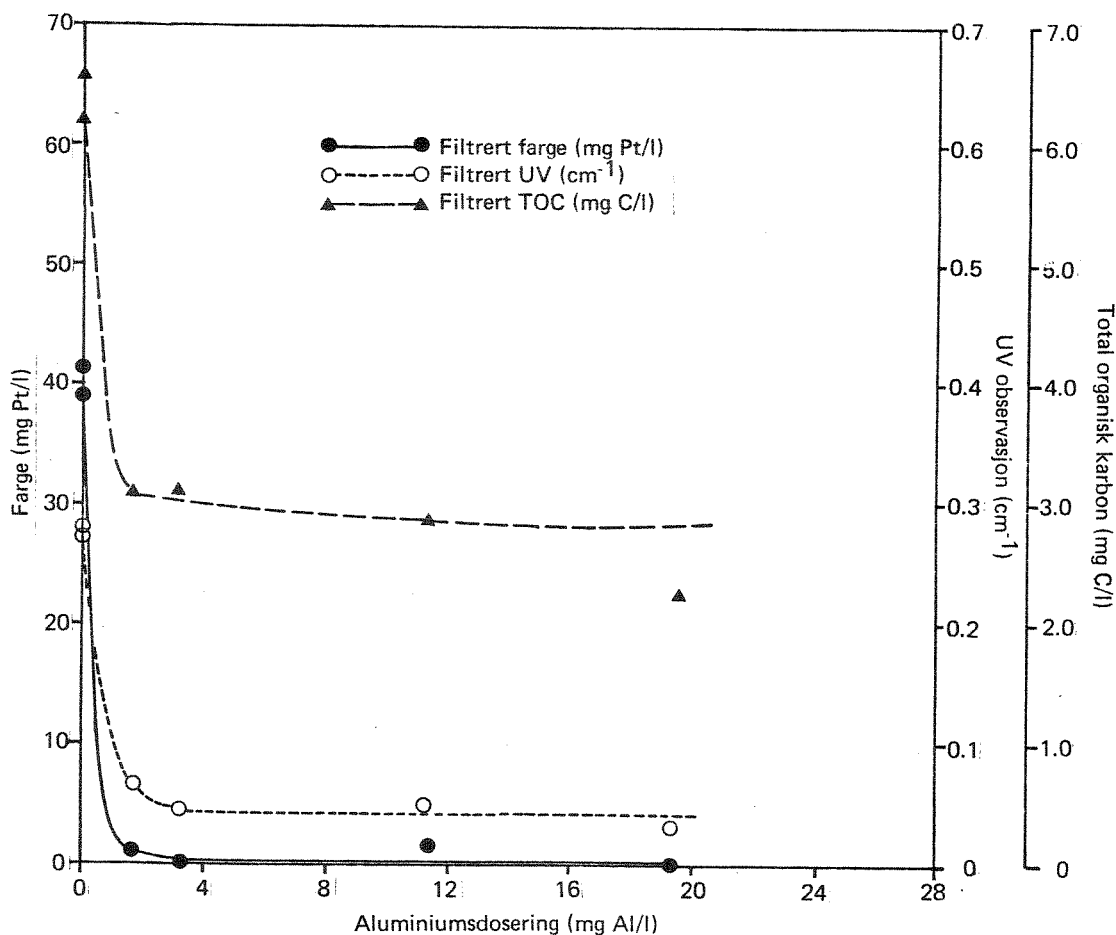


Fig. 6. Reduksjon av organisk stoff (humus) fra Asketjern ved elektrolytisk aluminiumsdosering.