



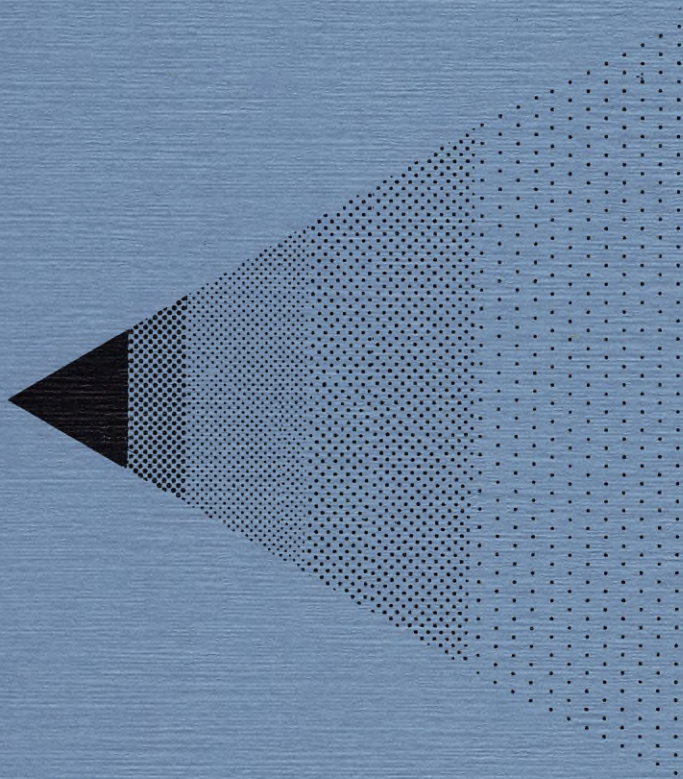
Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



# KALKNING av RINNANDE VATTEN

## Utvärdering av kalkdoseringsanläggningar



Statens Naturvårdsverk  
Rapport snv pm 1873  
Fiskeristyrelsen  
Meddelande nr 2:1984



FISKERIVERKET

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom naturvårdsverkets eller fiskeristyrelsens ståndpunkt.

# KALKNING av RINNANDE VATTEN

## Utvärdering av kalkdoseringsanläggningar

Författare: Henrik Tideström, Scandiaconsult AB

Tryck: Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län

Upplaga: 1000 ex okt 1984

Distribution: Statens naturvårdsverk  
Biblioteket  
Box 1302  
171 25 SOLNA

Fiskeristyrelsen  
Fiskevårdsbyrån  
Box 2565  
403 17 GÖTEBORG



**Statens Naturvårdsverk**  
**Rapport snv pm 1873**  
**Fiskeristyrelsen**  
**Meddelande nr 2:1984**



## FÖRORD

Föreliggande undersökning och rapport har initierats av statens naturvårdsverk och fiskeristyrelsen. Uppdraget har utförts av Scandiaconsult. Rapporten är ett led i det kontinuerliga uppföljnings- och utvärderingsarbete som sker i de båda myndigheternas regi med syftet att sprida information om kalkningsverksamheten.

Scandiaconsults rapport behandlar olika typer av doserare för kalkningsinsatser direkt i rinnande vatten. Den ger en erfarenhetsbakgrund när det gäller funktionen hos flertalet av de hittills etablerade doseringsanläggningarna. Det är emellertid inte enbart den tekniska anordningens funktion som är av betydelse vid en optimering av kalkplaneringen. Lokala förhållanden när det gäller variationer i vattenflödet, vattnets turbulens, fallhöjd, vattenkvalitet eller tillgång till elförsörjning och tillsynsmöjligheter är några av de faktorer som påverkar effektiviteten och som då i betydande grad blir bestämmande för olika doserares för- och nackdelar. Alternativa och kompletterande metoder som t ex märkkalkning och kalkning av sjöar, så att dessa kan fungera som "kalkdosereare" för nedströms liggande vatten, behandlas inte i rapporten.

Kostnaderna per ton upplöst kalk varierar mycket och är beroende av bl a kalksort, placering av doserare, doserarens storlek, pH före doserare och tillsynskostnaderna. Investeringskostnaderna och kostnaderna för tillsyn räknat per ton doserad kalk blir större vid en mindre anläggning. Vid t ex torrdosering bestäms kalkningens effekt inte så mycket av val av doserare utan fastmer av anläggningens placering samt valet av kalksort. Rätt placering av doseraren är av stor betydelse för upplösningen av kalken. Den stora variation i kostnader som i rapporten redovisas för torrdoserare jämfört med slurrydosereare beror sålunda delvis på att det varit ett stort antal torrdoserare, placerade under mycket varierande förhållanden (strömförhållanden, pH uppströms doseraren, kalksort och tillsyn) som utvärderats och jämförts med ett fåtal slurrydosereare. De senare är placerade vid större vattendrag medan torrdoserare förekommer vid såväl stora som små vattendrag.

Upplösningssgraden är lägst, vid hög dosering, högt ingångs-pH och då alltför grova fraktioner av kalkningsmjöl används. I det stora flertalet torrdoserare är den direkta upplösningssgraden av doserad kalk hälften så stor som vid slurrydosering. Samtidigt är kostnaderna för slurry ca dubbelt så höga som för grövre kalkstensmjöl. Vid dosering av grova kalkstensfraktioner föreligger emellertid samtidigt risk för sedimentering av kalk om vattnet nedströms inte har tillräcklig turbulens eller inblandningssträckan nedströms kalkdoserearen är alltför kort.

Ekonomiska överväganden måste alltid göras i det enskilda fallet, så att utnyttjandet av investerade medel optimeras. Hänsyn måste tas till kostnader för doseringsanläggning, dess drift och tillsyn. När det gäller kalkningsmedel spelar transportkostnaderna ofta en avgörande roll. Upphandlingen måste ske på ett sådant sätt att olika alternativ ifrågas om teknik, kalkningsmedel och hela åtgärdsstrategin blir belysta så att de faktiska kostnaderna kan bilda underlag vid den slutliga bedömningen.

Solna och Göteborg i september 1984

statens naturvårdsverk

fiskeristyrelsen

## SAMMANFATTNING

Studiens mål är att ur teknisk synpunkt jämföra olika kalkdoseringstekniker för rinnande vatten.

Utgående från resultatet av fältundersökningar beträffande anläggningarnas effektivitet och en bearbetning av material från tidigare undersökningar belyses bl a följande faktorer:

- Effekt i vattendraget mätt som kalkutnyttjande och uppnått pH-värde
- Begränsningar för anläggningarnas drift
- Kostnader

Vid Scandiaconsults fältundersökning togs prov på vatten före och efter kalkning. Proven analyserades med avseende på vattenfärg, pH-värde, alkalinitet och kalcium (både löst och totalt). Samtidigt mättes vattendragets vattenföring. Med ledning av dessa data beräknades hur stor del av doserad kalk som utnyttjas i vattendraget.

Studien gav följande resultat

### Kalkbrunnar

Kalkbrunnar har en begränsad flödesproportionalitet och är lämpliga i små och medelstora vattendrag med små variationer i vattenföring. Kalkstensutnyttjandet varierar i allmänhet mellan 70 och 90 %. Investerings- och installationskostnaden varierar starkt, mellan 15 och 400 kkr, beroende på yttre faktorer som dammbyggnad, schaktningsarbete m m. Effektiv kalkningskostnad beräknas till 600 - 2000 kr per ton upplöst kalk. Den högre kostnaden gäller för kalkning av små vattendrag.

Rätt dimensionerade och rätt skötta kalkbrunnar ger en tillfredsställande effekt under följande förutsättningar.

- Vattendragets pH-värde är högre än 5 under hela året. Genomsnittligt pH-värde bör vara högre än 5,5.
- Minst 20 - 30 % av vattendragets vatten leds genom brunnen vid högvattenföring.
- Höjdskillnad mellan vattenintag och brunnsens övre kant är 1,5 m eller mer.
- För att erhålla ett högt kalkutnyttjande måste kalkstenscross 0-3 mm eller grövre fraktioner användas.

### Torrdoserare

Torrdoserare finns i vattenkrafts-, batteri- och nätdrivna modeller. Dessa doserar kalkstensmjöl antingen direkt eller via en vätningsdel till vattendraget. Doseringen regleras manuellt eller med hjälp av automatisk styrning. Torrdoserare finns i många olika storlekar, varav de största klarar vattenföringar på upp till 60 m<sup>3</sup>/s (vid dosen 10 g/m<sup>3</sup>). Anläggningarna ger möjlighet till god vattenföringsproportionalitet och har en kalkutnyttjningsgrad på 20 - 80 %, med ett medelvärde på omkring 40 - 60 %.



Investerings- och installationskostnaden kan variera mellan 20 och 350 kkr beroende på anläggningens storlek. Effektiv kalkningskostnad varierar mellan omkring 300 - 9000 kr per ton upplöst kalk beroende på kalkutnyttjande, anläggning och vattendragets kalkbehov. Den högre kostnaden gäller vid lågt kalkutnyttjande och kalkning av små vattendrag.

Fördelarna med torrdoserare gentemot kalkbrunnar är framförallt:

- Möjlighet till vattenföringsproportionell dosering
- God effekt i vattendraget även i starkt sura och humösa vatten.

Till begränsningarna hör:

- En lång och turbulent inblandningssträcka nedströms anläggningen är nödvändig för att få ett tillfredsställande kalkutnyttjande.
- Hälleforskalkare, Borlängekalkare och siloanläggningar utan vätningsdel kan inte användas då vattendraget är isbelagt. Den förstnämnda kräver, i sitt vattendrivna utförande, dessutom en viss fallhöjd i vattendraget.
- Siloanläggningar och Gnosjöalkare är beroende av elkraft (nätspänning).

#### Slurrydoserare

Slurrydoserare doserar 70 %-ig finkornig kritsuspension eller finkornigt våtmalt kalkstensmjöl uppblandat i vatten. Befintliga anläggningar är dimensionerade för medelstora och stora vattendrag med vattenföring upp till 120 m<sup>3</sup>/s (dos 5 g/m<sup>3</sup>). Doseringen regleras manuellt eller automatiskt och vattenföringsproportionellt.

Kalkutnyttjandet torde vara omkring 80-100 %. Investerings- och installationskostnaden är 150-300 kkr. Effektiv kalkningskostnad vid kalkning av stora och medelstora vattendrag beräknas till 400 - 750 kr per upplöst ton kalk.

Till slurrydoserarnas fördel jämfört med övriga dosertekniker hör:

- Högt kalkutnyttjande
- Liten mängd sedimenterad kalk på vattendragets botten i förhållande till doserad mängd
- Högt kalkutnyttjande även i lugnflytande vatten samt vid kalkning av vattendrag med relativt högt pH-värde (6-7)

Till nackdelarna hör:

- Tillgång till nätspänning är, liksom för silos och Gnosjöalkare, nödvändig för drift, uppvärmning och flödesstyrning
- Högre pris per ton på kalkningsmedel

## Allmänt

Alla studerade typer av doseranläggningar är vid riktig dimensionering effektiva inom sina respektive belastningsområden. En jämförelse mellan olika doserars effekt i vattendraget beträffande pH- ökning och resulterande pH-värde efter kalkning visar följande: Vid kalkning av vatten med pH 5 eller däröver ökar pH-värdet normalt med 0-2 enheter till ett värde mellan 6,0 och 6,5. Vid kalkning med kalkbrunnar av starkt surt vatten (pH ca 4,5) och starkt humösa vatten (vattenfärg > 100 mg Pt/l), ökar däremot pH-värdet ofta inte till mer än 5-5,5, vilket ur biologisk synpunkt är oacceptabelt. Detta förhållande är särskilt vanligt vid kalkning på vintern (december-mars). Dåligt resultat beror i de flesta fall sannolikt på felaktig dimensionering eller för lågt inställd dosering.

I följande tabell ges slutligen en sammanställning av undersökningsresultatet.

	KALKBRUNNAR	TORRDOSERARE			SLURRYDOSERARE
		HK	BK	KS	
Vattenfö- ring m <sup>3</sup> /s Hydrauliskt behov	Fallhöjd $\geq 1,5$ m liten variation i vattenfö- ring	< 3	< 12	< 60	< 120
Elbehov	Nej	Nej	Batt.	Nät- spän- ning	Fungerar även i lugnflytande vatten  Nätspänning
Flödespropor- tionalitet	Begränsad	God, vid manuell eller automatisk reglering			God, vid manuell eller automatisk reglering
Kalkutnyttjande (baserat på Scandia- consults och LTH:s undersökningar)	70 - 90 %	20 - 80 %			80 - 100 %
Investerings- kostnad	15 - 400 kkr (Största post: Dammbygge, Schaktn.arb. m m)	20 - 350 kkr (Ber. på storlek och kapacitet)			150 - 300 kkr
Kostnad för kalk	125 - 250 kr/t (transportkostnad: 50 kr/t)	150 - 300 kr/t (transportkostnad: 50 kr/t)			ca 400 kr/t (transportkostnad: 70 kr/t)
Totalkostnad per ton utspridd kalk (inkl tillsyn)	500 - 2000 kr/t*	200 - 3000 kr/t*			400 - 600 kr/t**
Kostnad per ton upplöst kalk	600 - 2000 kr/t*	300 - 9000 kr/t*			400 - 750 kr/t**
Kalkvolym i doseren	0,5 - 4 m <sup>3</sup>	0,5 - 80 m <sup>3</sup>			80 m <sup>3</sup>
Tillsynsbehov	1-2 gånger/vecka	ca 1 gång/vecka			ca 1 gång/vecka
Påfyllnings- frekvens	beroende på brunnens storlek och flöde genom brunnen	beroende på lagrings- volym och vatten- fö- ring			beroende på lagrings- volym och vatten- fö- ring

HK = HÄLLEFORSK. BK = BORLÄNGEK. KS = KALKSILO ELLER GNOSJÖK.

\* Den högre siffran avser kalkning av mycket små vattendrag (<0,1 m<sup>3</sup>/s)

\*\* Gäller vid kalkning av medelstora - stora vattendrag

INNEHÅLLSFÖRTECKNING		Sida
1	INLEDNING	1 - 2
2	BESKRIVNING AV STUDERADE ANLÄGGNINGAR	3 - 25
2.1	KALKBRUNNAR	3
2.1.1	Allmänt	
2.1.2	Tryssjöbrunnen	
2.1.3	Mover	
2.1.4	Betongringbrunnar	
2.1.5	Tobybrunnen	
2.1.6	Kalkkista	
2.2	TORRDOSERARE	13
2.2.1	Allmänt	
2.2.2	Torrdozerare med direktdosering	
2.2.2.1	Hälleforskalkaren	
2.2.2.2	Borlängealkaren	
2.2.2.3	Konventionell siloanläggning	
2.2.3	Torrdozerare med dosering av uppslammad kalk	
2.2.3.1	Gnosjöalkaren	
2.2.3.2	Siloanläggning med vätningsdel	
2.3	SLURRYDOSERARE	23
3	DRIFTERFARENHETER	26 - 32
3.1	PÅFYLLNING AV KALK	26
3.1.1	Kalkbrunnar	
3.1.2	Torrdozerare och slurrydozerare	
3.2	TILLSYN OCH SKÖTSEL	27
3.2.1	Kalkbrunnar	
3.2.2	Torrdozerare och slurrydozerare	
3.3	DRIFTSTÖRNINGAR	28
3.3.1	Kalkbrunnar	
3.3.2	Torrdozerare	
3.3.2.1	Hälleforskalkaren	
3.3.2.2	Borlängealkaren	
3.3.2.3	Siloanläggningar	
3.3.3	Slurrydozerare	
4	LIVSLÄNGD OCH KOSTNADER	32 - 38
4.1	LIVSLÄNGD	32

4.2	KOSTNADER	32
4.2.1	Investeringskostnad	
4.2.2	Driftkostnad	
4.2.2.1	Kalk	
4.2.2.2	Elenergi	
4.2.2.3	Arbetskraft	
4.2.3	Totalkostnad	
5	EFFEKTIVITET	39 - 93
5.1	KALKUTNYTTJANDE	39
5.2	UNDERSÖKNINGSMETODIK VID BESTÄMNING AV KALKUTNYTTJANDE	41
5.2.1	Mätnoggrannhet	
5.2.2	Felkällor	
5.2.3	Beräkning av kalkutnyttjande	
5.3	OMFATTNING OCH UTFÖRANDE FÖR SCANDIACONSULTS FÄLTUNDERSÖKNING	45
5.3.1	Undersökta anläggningar	
5.3.2	Vattenföringsmätning	
5.3.2.1	Utspädningsmätning	
5.3.2.2	Flygelmätning	
5.3.2.3	Avbördningskurva	
5.3.3	Provtagning	
5.3.3.1	Provtagningsstationer	
5.3.3.2	Provtagningsförfarande och provbehandling	
5.3.4	Mätning av kalkdosering	
5.3.5	Vattenanalyser	
5.4	OMFATTNING OCH UTFÖRANDE FÖR ÖVRIGA FÄLTUNDERSÖKNINGAR	49
5.4.1	Undersökningar av kalkutnyttjande	
5.4.1.1	Undersökta anläggningar	
5.4.1.2	Undersökningsmetodik	
5.4.2	Driftuppföljning	
5.4.2.1	Undersökta anläggningar	
5.5	UNDERSÖKNINGSRESULTAT	55
5.5.1	Kalkbrunnar	
5.5.1.1	Tryssjöbrunnen	
5.5.1.2	Mover	
5.5.1.3	Betongringsbrunnar	
5.5.1.4	Tobybrunnen	
5.5.1.5	Kalkkista	
5.5.2	Torrdozerare	
5.5.2.1	Hälleforskalkare	
5.5.2.2	Borlängealkaren	
5.5.2.3	Konventionell siloanläggning	
5.5.2.4	Gnosjökalkare	
5.5.2.5	Siloanläggningar med vätningsdel	
5.5.3	Slurrydozerare	
5.5.4	Sammanfattning av undersökningsresultatet	
5.5.4.2	Torrdozerare	
5.5.4.3	Slurrydozerare	

6	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	94 - 99
6.1	KALKBRUNNAR	94
6.2	TORRDOSERARE	95
6.3	SLURRYDOSERARE	97
6.4	ALLMÄNNA SYNPUNKTER	98

Bilaga 1	Scandiaconsults fältundersökningar
Bilaga 2	Undersökningar utförda av Lunds Tekniska Högskola
Bilaga 3	Ljungby kommuns undersökningar
Bilaga 4	Undersökning av Borlänge kalkare utförd av Fritidsfiskarna och SMHI
Bilaga 5	Undersökningar utförda av EnerChem AB
Bilaga 6	Undersökning av Gnosjö kalkare utförd av Hydroconsult
Bilaga 7	Undersökning av siloanläggning med vätningsdel utförd av elever vid Kattegattskolan
Bilaga 8	Sammanfattning av resultatet av utförda mätningar



## 1 INLEDNING

På uppdrag av Fiskeristyrelsen och Statens Naturvårdsverk har Scandiaconsult studerat och utvärderat olika typer av kalkdoseringsanläggningar för kontinuerlig kalkning av rinnande vatten. Studien omfattar följande moment:

- Sammanställning och utvärdering av tidigare utförda undersökningar rörande kalkdoseringsanläggningar och dessas effekt i rinnande vatten.
- Besiktning av olika anläggningar och fältundersökning av dess effektivitet
- Teknisk utvärdering av undersökta anläggningar.

Nedanstående anläggningar har studerats

Tryssjöbrunn

Mover

Betongringskalkbrunn

Tobybrunn

Kalkkista

Hälleforskalkare

Borlängealkare

Konventionell siloanläggning

Siloanläggning med vätningsdel

Gnosjöalkare

Slurrydoserare

Följande faktorer belyses:

- Anläggningarnas kalkutnyttjande, dvs andel upplöst och suspenderad kalk i vattendraget i förhållande till doserad mängd



- Anläggningarnas effekt på vattenkvaliteten i vattendraget
- Anläggningarnas tekniska begränsningar och vanligt förekommande driftstörningar
- Yttre förutsättningar för anläggningarnas användning (hydrauliska och hydrologiska faktorer samt tillgång till el)
- Anläggningarnas påfyllnings-, tillsyns- och skötselbehov
- Anläggningarnas livslängd
- Anläggningarnas kapital- och driftkostnader

## 2 BESKRIVNING AV STUDERADE ANLÄGGNINGAR

De studerade anläggningarna kan uppdelas i följande grupper.

Kalkbrunnar

Torrdoserare

med direktdosering

med dosering av uppslammad kalk

Slurrydosereare

### 2.1 KALKBRUNNAR

#### 2.1.1 Allmänt

En kalkbrunn består av en behållare placerad i eller vid sidan av ett vattendrag. Behållaren fylls delvis med kalksten och tillförs åvatten från en fördämning uppströms i vattendraget. Vattnet leds av en eller fler tilloppsledningar, vilka mynnar nära behållarens botten.

Principen för en kalkbrunn är att kalkkornen i brunnen, med hjälp av flödet, fås att sväva eller fluidisera så att kalkkornen nöts mot varandra. Härmed mals de ned till fina partiklar som med det utgående vattnet förs ut ur brunnen i upplöst och suspenderad form.

Kalkbrunnar lämpar sig för vattendrag med måttlig variation i vattenföring. Förutsättningen för att en kalkbrunn skall vara effektiv är att vattenhastigheten i brunnen kan regleras så att den motsvarar 1 - 2 gånger den s k minifluidiseringshastigheten (d v s den hastighet då kalkkornen fluidiserar. Minifluidiseringshastigheten beror på kalkkornens storlek). Vidare bör vattendragets fallhöjd vara minst 1,5 m, gärna 2 - 3 m (1).

Flödet genom brunnen bestäms av tilloppsledningens(-arnas) diameter, nivå-skillnaden mellan vattenytan i kalkbrunnen och vattenytan i vattendraget vid inloppsrörens mynning och på friktionsförluster i systemet (av vilka friktionsförlusten i kalkbädden torde vara den största).

Alltför låg vattenhastighet kan ge följande nackdelar:

- Kalken inaktiveras p g a utfällning av järn och humus på kalkkornens yta. (Gäller framförallt i humösa vatten).
- Kalkbädden kan sätta igen.
- Det bildas stråk i kalkbädden, där vattnet kan passera opåverkat.

Alltför hög vattenhastighet medför å andra sidan urspolning av grövre kalkpartiklar, med sämre kalkutnyttjande som följd.

Två av de studerade kalkbrunnarna är upptill försedda med trattar. I denna övre del är vattenhastigheten lägre, vilket ger ett minskat läckage av olösta kalkpartiklar.

### 2.1.2 Tryssjöbrunnen

Brunnstypen är uppkallad efter sjön Tryssjön i Gagnefs kommun, där de första två brunnarna installerats. Ett tiotal liknande brunnar finns även i Borlänge kommun.

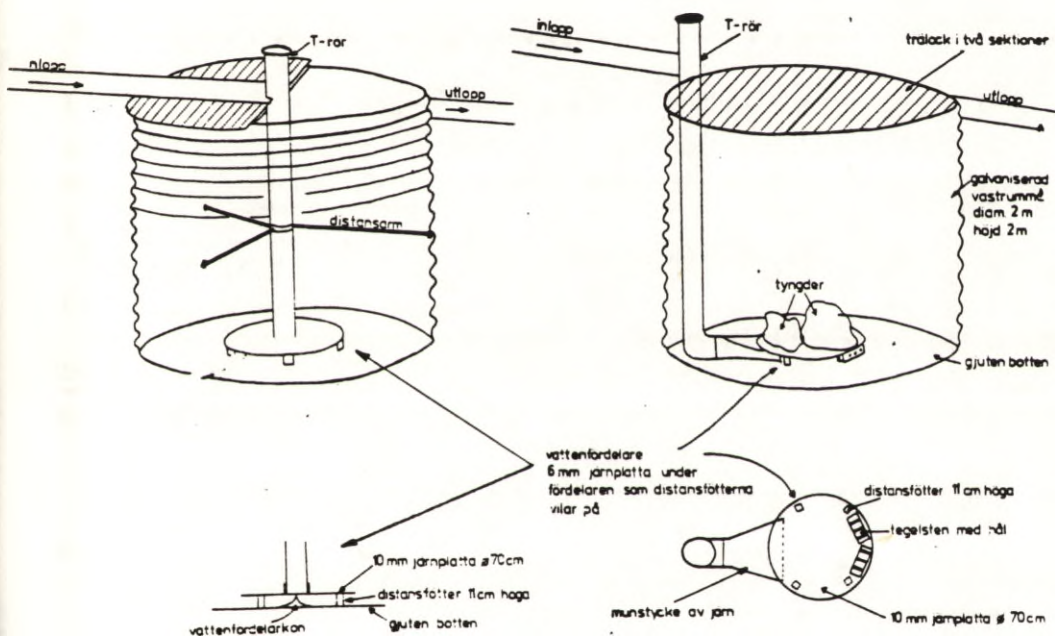
Själva kalkbrunnen består av en stående cylinder av korrugerad galvaniserad plåt, av samma sort som används till vägtrummor. Brunnen är upptill försedd med ett avtagbart trälock och dess botten är gjuten i betong. Brunnen fylls med kalkstenskross 0-3 mm och åvatten leds in i brunnen från en fördämning uppströms i vattendraget, via en tilloppsledning av PVC (markavloppsrör). Ledningens myrning vid brunnens botten är, i syfte att minska risken för stråkbildning i kalkbädden, försedd med en cylindrisk vattenfördelare. Flödet genom brunnen justeras med hjälp av träluckor framför tilloppsrörens inloppsöppningar. Efter passage genom kalkbädden i brunnen leds det behandlade vattnet till vattendraget via en täckt utloppsränna.

De studerade brunnarna rymmer 6 m<sup>3</sup> vardera och är placerade i Tryssjöns två tillflöden: Rosån och Svansjöbäcken. Nivåskillnaden mellan fördämningens vattenyta och vattenytan i brunnen är i båda fallen ca 3 m. Inga uppgifter finns f n beträffande brunnarnas kalkningskapacitet.

Figur 1 och 2 visar två delvis olika brunnskonstruktioner i genomskärning.

Fig 1. Brunnen i Rosån

Fig 2. Brunnen i Svansjöbäcken



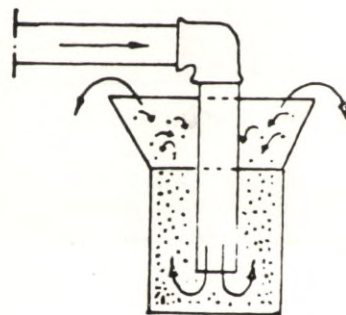
### 2.1.3 Mover

Denna typ av kalkbrunn är utvecklad av Lunds tekniska högskola (LTH) och marknadsförs av MOVAB, Mark och Vattenvård AB. Två sådana kalkbrunnar finns i reguljär drift sedan 1981 nedströms en kraftverksdamm i huvudtillfödet till sjön Tjurken vid Piggaboda utanför Alvesta.

En Mover-kalkbrunn består av en nedre cylindrisk del av betong och en övre trattformad del av stål (se fig 3).

Fig 3. Mover

Schematisk skiss av kalkbrunn.  
Fluidisationen sker i brunnens nedre del. I den trattformade övre delen av brunnen minskar strömningshastigheten till under fluidisationsgränsen. Partiklarna bromsas upp och faller tillbaka ner i brunnen. Trattens tvärsnittyta i relation till brunnens bestämmer avskiljningsgraden.



De båda kalkbrunnarna i Piggaboda är av olika storlek och kapacitet. Den största brunnens nedre cylindriska del har en volym på knappt 3 m<sup>3</sup>. Dess maximala kapacitet är 0,25 m<sup>3</sup>/s. Den mindre brunnen är på knappt 2 m<sup>3</sup>, med en maximal kapacitet på 0,16 m<sup>3</sup>/s. Som kalkningsmedel används kalkstenscross, 5-9 mm (2).

Kalkbrunnarna är anslutna till ett av kraftverksdammens två utskov. Nivåskillnaden mellan vattenytorna i dammen och i brunnarna är drygt en meter.

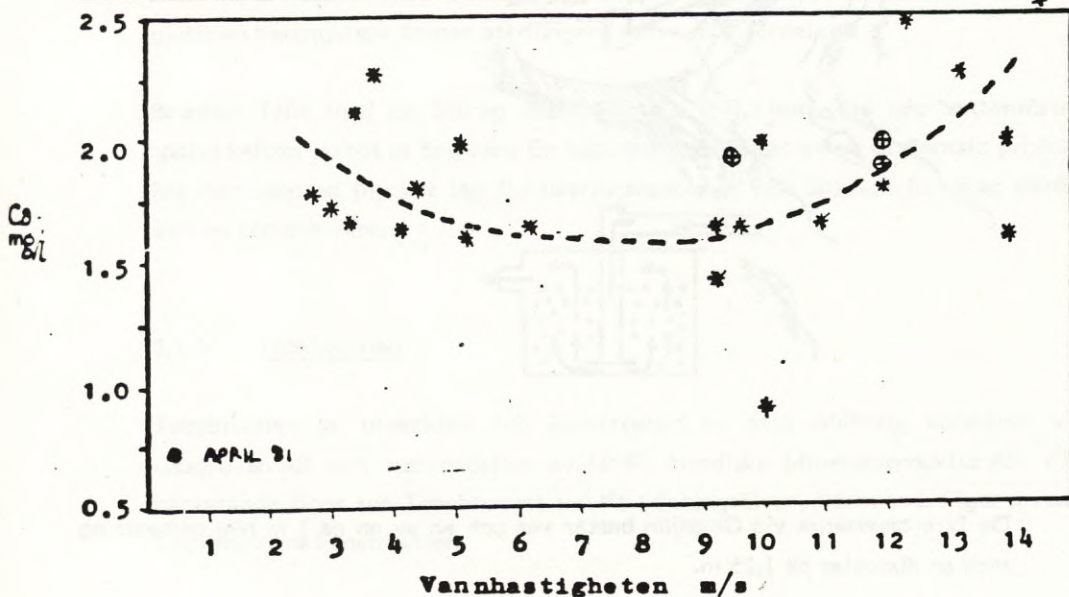
Vattenhastigheten genom brunnarna regleras manuellt med hjälp av utskovets dammluckor. Fluidisering i kalkbädden uppnås vid en vattenhastighet på 9 cm/s eller mer(2).

Då vattendragets vattenföring understiger 0,4 m<sup>3</sup>/s (= brunnarnas sammanlagda maximala kapacitet) och brunnarna är rätt inställda, går allt vatten genom brunnarna. Under de perioder då vattenföringen överstiger detta värde, avbördas vattendraget även genom kraftverksdammens andra utskov. Detta vatten rinner då okalkat ut i sjön.

I kalkbrunnarna tillförs vattnet enligt LTH normalt ca 1,5-2,5 g Ca/m<sup>3</sup> (motvarande ca 4-6 g CaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>), beroende på vattenhastigheten enligt figur 4 (2). Maximal kalkingskapacitet för båda brunnarna tillsammans beräknas till ca 9 kg CaCO<sub>3</sub>/timme.

Fig 4

Ca ÖKNING I VANNET VS VANNHASTIGHETEN



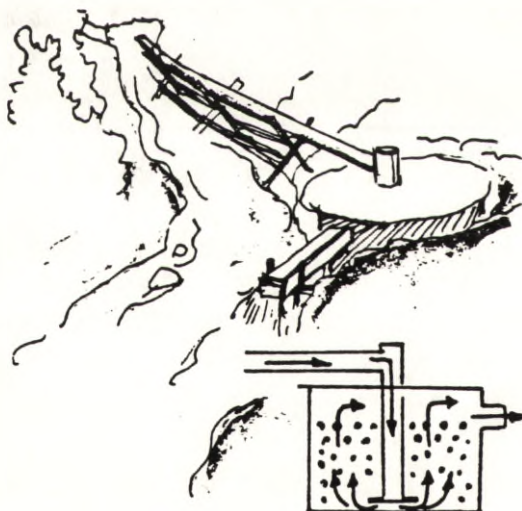
#### 2.1.4 Cementringbrunnar

Under denna rubrik behandlas kalkbrunnar uppbyggda av en eller fler cementringar (av samma typ som används i bl a grävda brunnar för dricksvattenförsörjning).

Kalkbrunnar av denna typ finns på flera håll i landet, bl a i följande kalkningsprojekt.

Projekt	Kommun	Ansvarig för projektet
Gingsjön	Härreda	Gingsjöns fiskevårdsförening
Sundstorpsån	Kungsbacka	Lygnerns och Sundsjöns fiskevårdsförening
Faxsjön	Svenljunga	Sportfiskeklubben Brödringen

Fig 5. Cementringbrunn



De fyra brunnarna vid Gingsjön består var och en av en ca 1 m hög cementring med en diameter på 1,25 m.

Brunnarna rymmer drygt 1 m<sup>3</sup> och var fyllda med kalkstenskross, 0-2 mm. Erfarenheterna av driften var emellertid dåliga och brunnarna togs ur drift efter en säsong.

Kalkbrunnarna i Sundstorpsån var i drift 1979-1981. Brunnarna rymde 1,4 m<sup>3</sup> och var uppbyggda av cementringar med en diameter på 1 m. Brunnarnas höjd var 1,8 m. Brunnarna fylldes till hälften med kalkstenskross, 0-4 mm och tillfördes vatten från en uppströms belägen kvarndamm via polyetenslangar. Nivåskillnaden mellan dammens vattenyta och vattenytan i brunnarna var drygt två meter (3).

Åtta brunnar var i kontinuerlig drift, medan en nionde brunn kopplades in vid högvattenföring. Flödet genom brunnarna var 15-20 l/s (3) och Sundstorpsåns vattenföring varierade mellan ca 0,2 och 1,5 m<sup>3</sup>/s (4).

Effekten i Sundstorpsån nedströms brunnarna ansågs vara otillräcklig, speciellt under högbelastning och brunnarna togs ur drift i februari 1981.

I Faxsjöns tillflöde installerades år 1982 en liten kalkbrunn på knappt 1 m<sup>3</sup> som rapporteras fungera bra.

Brunnen är försedd med trälock och inlopps- samt utloppsrör. I botten har man gjutit en betongklack ämnad att fungera som vattenfördelare.

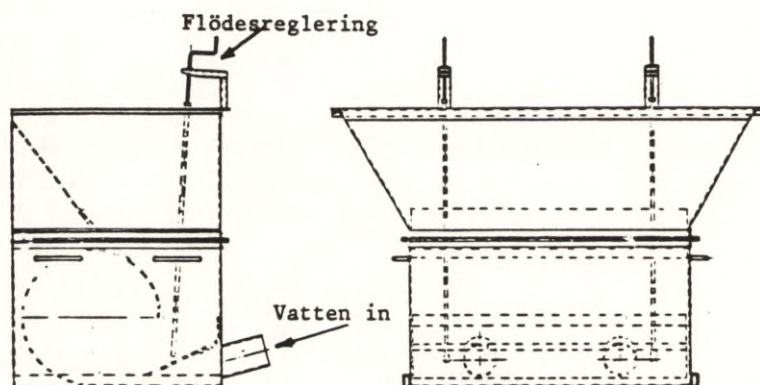
Brunnen fylls med ca 300 kg kalkstensmjöl, 0-0,5 mm. Vid hög vattenföring spolas kalken snabbt ur brunnen. En kalkbädd bestående av en så finmald produkt har nämligen en mycket låg fluidiseringshastighet och brunnen fungerar därför som en torrdoserare.

#### 2.1.5 Tobybrunnen

Tobybrunnen är utvecklad och konstruerad av Stig Ahlberg, konsulent vid Gåsgruvan AB och marknadsförs av NMP, Nordiska Mineralprodukter AB. För närvarande finns två Tobybrunnar i drift i Salungsålden, Värmland. Figur 6 visar Tobybrunnens konstruktion.



Fig 6. Tobybrunn

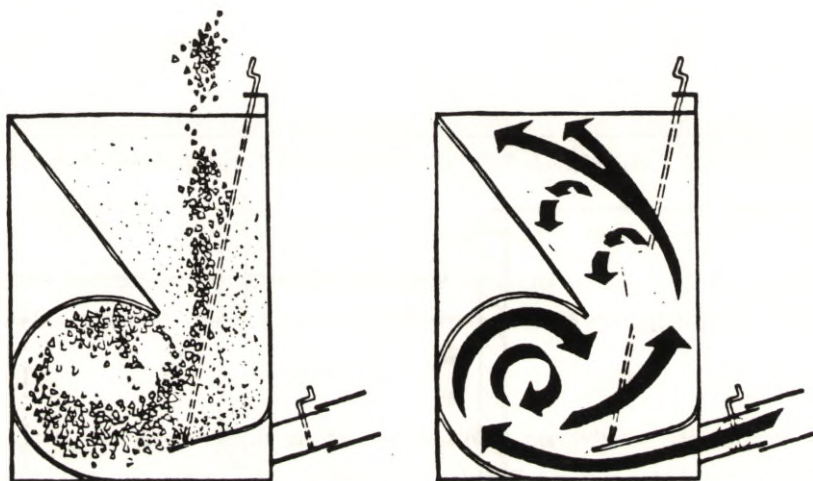


Tobybrunnen är tillverkad av stålplåt och består av en nedre agitationskammare i form av en halvcylinder och en övre trattformad del. Insidan av brunnen är belagd med en skyddsmassa för att skydda plåten för slitage från de roterande kalkkornen. Brunnen är utrustad med två inloppsrör.

Flödet genom brunnen justeras med hjälp av en speciell anordning som reglerar inloppsöppningens storlek (se fig 6).

Brunnens nedre del fylls med kalkstenscross, fraktion 6-14 mm. Genom vattenflödet i brunnen bringas kalkkornen att rotera och genom kollisioner med varandra och brunnen s väggar mals kalkkornen ned till finnare partiklar (Se fig 7).

Fig 7

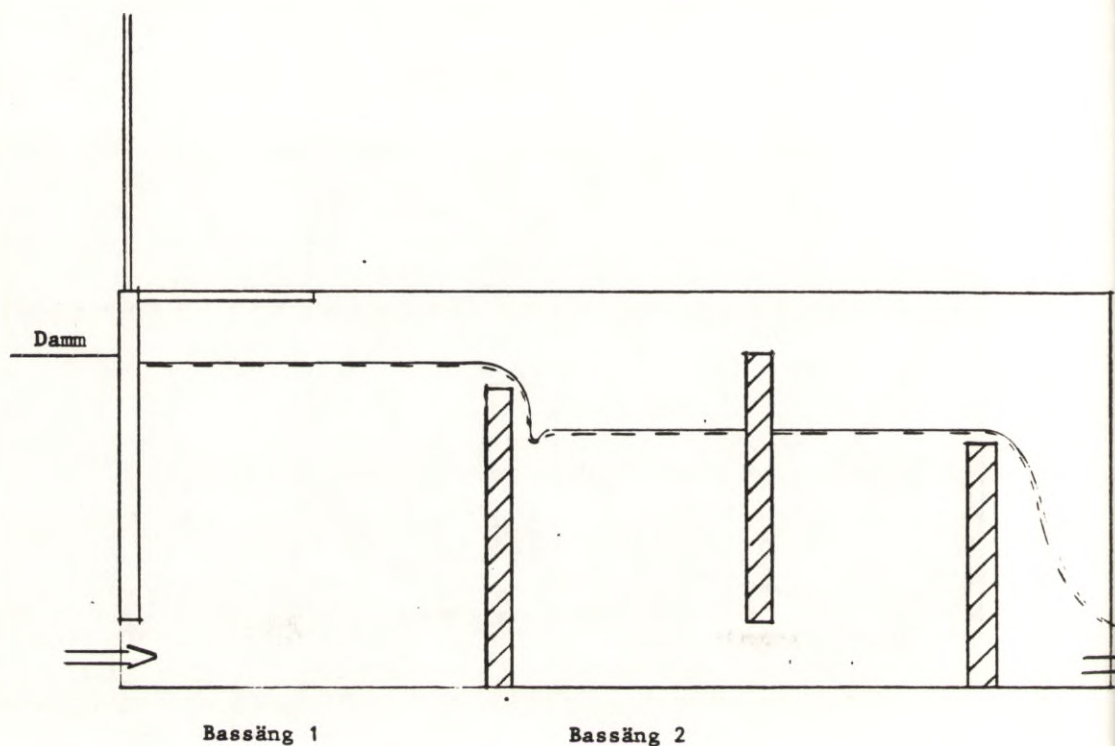


De två brunnar som behandlas i denna rapport rymmer 950 resp 650 kg kalk. Den största brunnen är installerad nedanför en befintlig kraftverksdamm i sjön Salungens utlopp vid Slobyn. Vattenföringen är här normalt 1-3 m<sup>3</sup>/s. Vid högvattenföring, i samband med vårflod, ökar vattenföringen till ca 5 m<sup>3</sup>/s. Den mindre brunnen är installerad i ett tillföde till Salungen. Maximal kalkningskapacitet för de undersökta Tobybrunnarna uppges i en undersökningsrapport från IVL vara 60-80 kg kalksten/dygn, dvs 2,5 - 3,3 kg/timme (5).

#### 2.1.6 Kalkkista

Ett turbinhus vid en kraftverksdamm i Fagerhultsån uppströms sjön Län i Lessebo kommun är ombyggt till en speciell typ av kalkbrunn. Denna är byggd i betong och består av två bassänger delvis fyllda med kalkstenscross, fraktion 12-30 mm, enligt figur 8.

Fig 8. Kalkkistan i Lessebo



Bassäng 1 har en volym på 14 m<sup>3</sup>. Bassäng 2 är försedd med en mellanvägg och rymmer 20 m<sup>3</sup>. Vatten leds in i bassäng 1 via två dammluckor i kraftverksdammen. Därefter bräddar vattnet över i bassäng 2 och vidare ut i vattendraget.

Flödet genom kalkkistan regleras med hjälp av de båda dammluckorna, så att en hög vattenhastighet och en kraftig omblandning i kalkbädden åstadkomms. Genom omblandningen kolliderar kalkkornen mot varandra och bassängernas väggar och mals ned till mer lösliga fina partiklar.

Då vattendragets vattenföring överskrider kalkkistans maximala kapacitet, leds överskottet förbi kalkkistan via kraftverksdammens andra utskov.

## 2.2 TORRDOSERADE

### 2.2.1 Allmänt

Torrdoosere doserar ett torrt kalkstensmjöl antingen direkt i vattendraget eller via en blandningstank (vättningsdel) där kalkstensmjölet uppslammas i avatten före dosering.

Den vanligaste förekommande kalkstensfraktionen är 0-0,2 mm (varav ca 60-70 % < 30  $\mu$ m), men även fraktionerna 0-0,125 mm (70-80 % < 30  $\mu$ m) och 0-0,5 mm (ca 30 % < 30  $\mu$ m) förekommer.

I torrt kalkstensmjöl är en del av de finare partiklarna adsorberade till grövre partiklar och följer, vid torrdoosering i lugnflytande vattendrag, med dessa till botten. Uppslammas kalken i vatten före doseringen, separeras kalkkornen och de finare partiklarna utnyttjas bättre. Labförsök utförda av LTH visar att en effektiv uppslamning i vissa fall kan fördubbla kalkutnyttjandegraden (1). Vid torrdoosering i starkt turbulent vatten kan sannolikt samma effekt uppnås i själva vattendraget.

Torrdoosere finns dels i utförande med vattenkraftdrift, dels med batteri- eller nätdrift. Doseringen styrs antingen helt manuellt eller manuellt i kombination med automatisk vattenstånds- eller vattenföringsstyrning från elektronisk nivå-mätare.

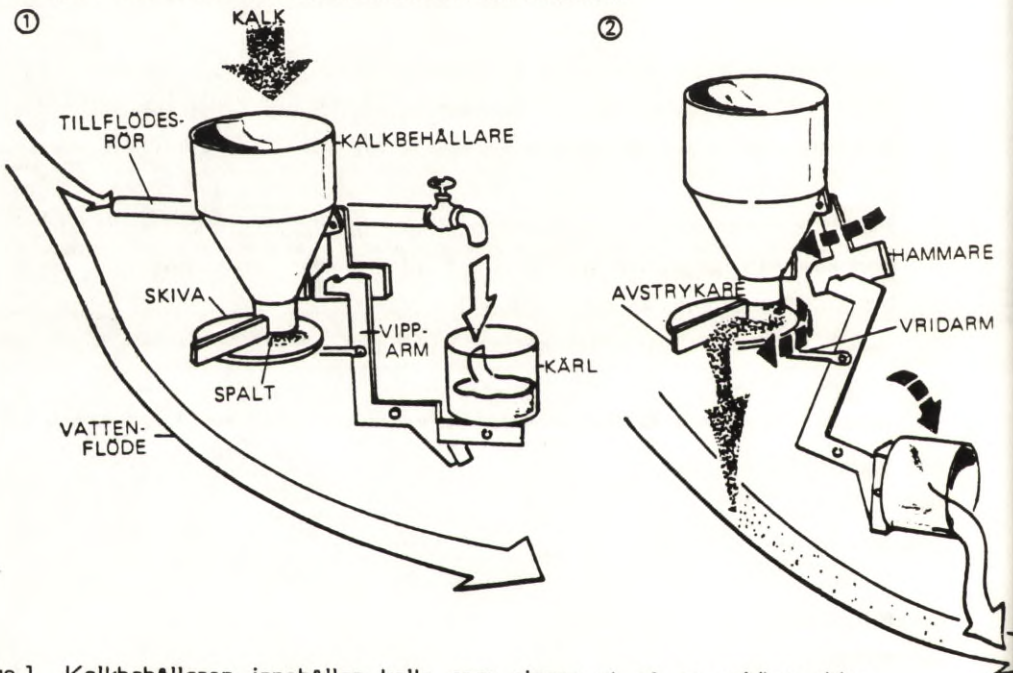
Doseringens storlek bestäms med ledning av pH-mätningar i vattendraget nedströms eller genom att mäta eller uppskatta den aktuella vattenföringen.

## 2.2.2 Torrdozering med direktdosering

### 2.2.2.1 Hälleforskalkaren

Denna torrdozering är utvecklad av Hällefors utvecklingsbolag och marknadsförs av MOVAB, Mark- och Vattenvård AB. Ett trettiotal anläggningar finns f n i drift i Örebro-, Västernorrlands-, Blekinge- och Västmanlands län samt i Norge. Två av anläggningarna i Hällefors har studerats i denna undersökning och innehas av Hällefors fiskevårdsförening. Tillsyn, kalkpåfyllning och uppföljning sköts av personal från Sävenfors fiskodling. Hälleforskalkarens konstruktion visas i figur 9.

Fig 9. Hälleforskalkare. Konstruktion och funktion.



- Läge 1 Kalkbehållaren innehåller kalk, som rinner ut på en vridbar skiva genom en variabel spalt. Via tillflödesröret anslutet till vattendraget fylls kärlet, som påverkar en vipparm.
- Läge 2 Då kärlet är fyllt trycket det - genom sin tyngd - ned vipparmen, som via vridarmen vrider skivan, så att kalken trycks mot avstrykaren och faller ned i vattendraget. Samtidigt påverkas hammaren, så att den lyfts, frigörs och slår an mot kärlet. Slaget ger vibrationer i behållaren så att kalken ej "hänger upp" sig mot kärlväggarna. Då kärlet är tomt återgår det till läge 1 - genom fjäderpåverkan - och cykeln återupprepas.

Doseringen av kalk till vattendraget regleras manuellt med hjälp av tappkranen på tillflödesröret (utmatningsfrekvens) och den reglerbara spaltöppningen mellan kalkbehållare och den vridbara skivan (utmatad mängd).

Hälleforskalkaren doserar kalkstensmjöl och har en maximal kapacitet på ca 100 kg kalk/timme och levereras med kalkbehållare på 0,5, 1 och 2 m<sup>3</sup> (7). Doseraren är avsedd för vattendrag med vattenföring på upp till mellan 1 och 3 m<sup>3</sup>/s, beroende på erforderlig kalkdos. (Den här angivna maximala vattenföringen baseras på en kalkdos på 10-20 g/m<sup>3</sup>).

Hälleforskalkaren i ovan beskrivna utformning kräver en viss fallhöjd i vattendraget. Doseraren finns emellertid även i en el-driven (nätspänning) version med större kapacitet (1-250 kg/timme, räcker för vattenföring upp till mellan 3 och 7 m<sup>3</sup>/s), som kan användas då vattendragets fallhöjd inte medger vattendrift.

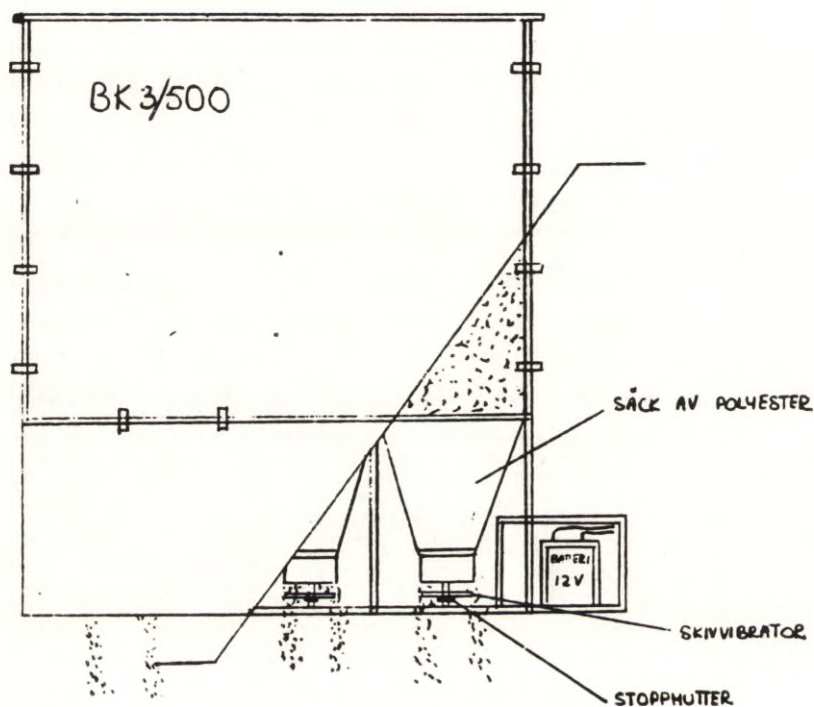
Hälleforskalkaren kan kompletteras med en större lagringstank (9 m<sup>3</sup>) för automatisk påfyllning av doseraren med hjälp av tryckluft från bensindriven eller eldriven kompressor (8).

#### 2.2.2.2 Borlängealkalkaren

Borlängealkalkaren är utvecklad av Nordmiljö AB tillsammans med Miljö- och Hälsoskyddsförvaltningen i Borlänge. Doseraren marknadsförs av Nordmiljö AB och är en vidareutveckling av en doseringsteknik som används i fiskutfordringsapparater. Anläggningar av den här typen finns installerade i Timrå, Habo, Borlänge, Örnköldsvik och Partille.

Borlängealkalkarens konstruktion framgår av figur 10.

Fig 10. Borlängekalkare



Borlängekalkaren är batteridriven och uppbyggd av en kalkbehållare med ett antal doserenheter bestående av konstfibersäckar nedtill försedda med skivvibratorer.

Doseringen styrs dels genom manuell reglering av skivvibratorernas spaltvidd, dels genom manuell inställning eller automatiskt styrning av vibratorernas drifttid och paustid.

Ett vanligt 12 V bilbatteri uppger klara normal drift av elektronik och fyra doserenheter i sex månader på en uppladdning.

Som kalkningsmedel används kalkstensmjöl 0-0,125 eller 0-0,2 mm. Den finare fraktionen uppger av tillverkaren vara bäst lämpad ur driftteknisk synpunkt.

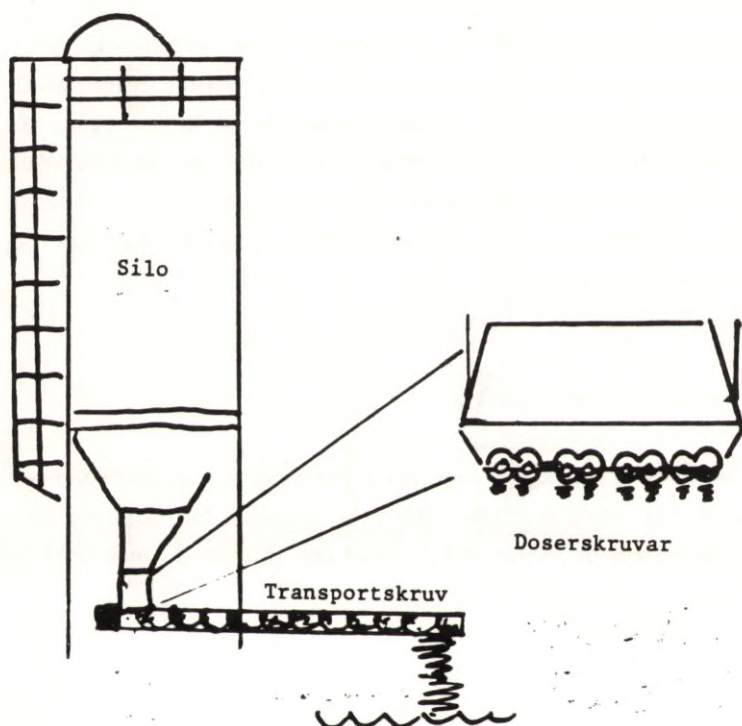
Borlängealkaren finns i olika standardmodeller utrustade med 1-15 doserenheter och med en lagringsvolym på 0,1-5 m<sup>3</sup>. Anläggningen kan vid behov kompletteras med en extra kalksilo (10-30 m<sup>3</sup>). Varje doserenhet kan ställas in för dosering av 0,2-20 kg kalk/timme vilket ger en maximal kapacitet på 300 kg/timme för den största doseraren. Vid en dos på 10-20 g kalk/m<sup>3</sup> kan den största standardmodellen av Borlängealkaren användas i vattendrag på upp till mellan 4 och 8 m<sup>3</sup>/s. Borlängealkaren är emellertid dockningsbar och kan monteras ihop till större enheter med högre kapacitet.

#### 2.2.2.3 Konventionell siloanläggning

Eldrivna konventionella siloanläggningar av samma typ som används vid reningsverk och vattenverk används sedan några år tillbaka för dosering av torrt kalkstensmjöl till rinnande vatten vid Älvsred och Kärnebygd inom Högvadsåns avrinningsområde i Falkenbergs kommun. (9)



Fig 11. Siloanläggning



Siloanläggningarna vid Högvadsån består av silos på 40 m<sup>3</sup> vardera där kalkstensmjölet förvaras. Nedtill på silons koniska del sitter doserenheten med fyra doserskruvar (dubbelskruvar) enligt figur 11. Doserskruvarna matar kalken från silon till en transportskruv som för kalken vidare ut i vattendraget.

För att hindra att kalken hänger sig eller att det bildas kalkvalv inne i silon är anläggningarna utrustade med eldrivna släggor. Släggmotorn startar då en avkännare ovanför doserskruvorna känner att ingen eller mycket litet kalk rinner till.

Mängden doserad kalk per tidsenhet beror på motorns varvtal. Varvtalet kan antingen styras manuellt, eller automatiskt via flödesmätare (flödesproportionell dosering), nivåmätare eller pH-mätare.

Doseringen vid Älvsred styrs numera helt manuellt. Tidigare styrdes anläggningen av en pH-mätare med en pH-elektrod placerad 1,5 km nedströms anläggningen. Denna styrning fungerade emellertid dåligt och togs därför bort.

Vid Kärnebygd styrs silons dosering manuellt, i kombination med automatisk styrning från en nivåmätare med bubblerörsgivare. Detta ger dock ej flödesproportionell dosering.

Den maximala doseringskapaciteten är ca 250 kg/timme i Älvsred och ca 80 kg/timme i Kärnebygd.

### 2.2.3 Torrdozering med dosering av uppslammad kalk

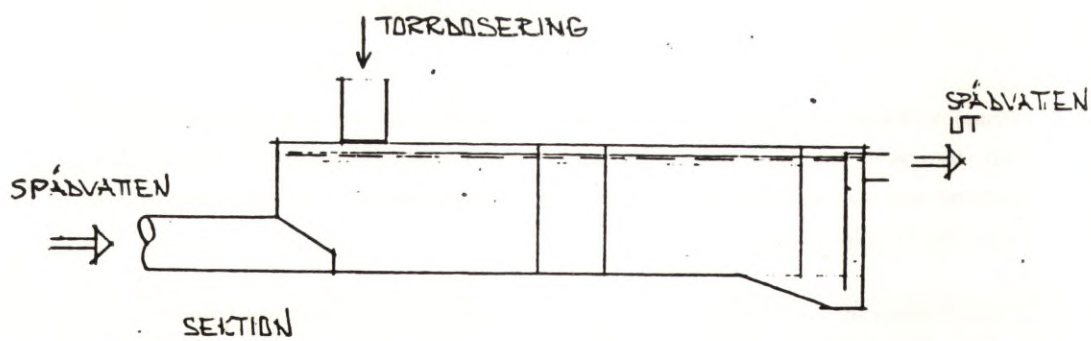
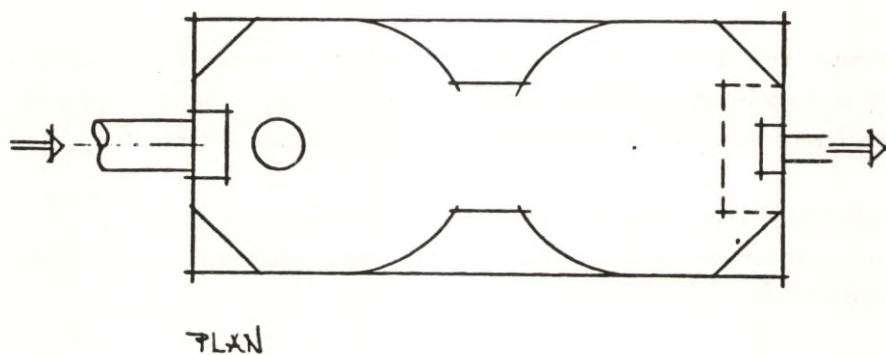
#### 2.2.3.1 Gnosjökalkaren

Gnosjökalkaren är konstruerad av civilingen Stig Henriksson, vid Miljöförbättring AB, som även står för marknadsföringen. I dag finns anläggningar i drift i Östra Göinge och Gnosjö. Tidigare testades en föregångare till denna doserare vid Acksjön i Karlstads kommun.

Gnosjökalkaren vid Ekhultån är studerad i denna undersökning och består av en silo på 5 m<sup>3</sup> utrustad med slägga, doserskrivar och transportskruv, kompletterad med en blandningstank (upplösare) på 8 m<sup>3</sup>. Anläggningen i Östra Göinge har en silovolym på 30 m<sup>3</sup> och en blandningstank på 25 m<sup>3</sup> försedd med omrörare. Båda anläggningarna styrs för närvarande manuellt, men kan kompletteras med automatisk styrning.

Blandningstankens konstruktion framgår av figur 12.

Fig 12. Gnosjö kalkare  
Blandningstank (upplösare)



Blandningstanken är placerad i vattendraget och tillförs vatten via en tilloppsledning. Finmalt kalkstensmjöl, fraktion 0-0,125 mm, torrdoseras från silon till blandningstanken, där det blandas med åvatten. I tanken sker, beroende på grad av turbulens och uppehållstidens längd, en viss upplösning av de finaste partiklarna och en viss sedimentering av de grövsta. Sedimenterad kalk returpumpas till torrdoseringspunkten. Kalk-/vattenblandningen rinner sedan med självfall ut genom tankens utlopp.

Enligt Miljöförbättring AB dimensioneras anläggningarna så att torrdoserad mängd kalk/m<sup>3</sup> blandningsvatten normalt uppgår till högst 30 g/m<sup>3</sup>. Detta för att uppnå en så hög kalkupplösningsgrad i blandningstanken som möjligt. (Här bör dock poängteras att även uppehållstiden i tanken är en begränsande faktor för kalkupplösningen).

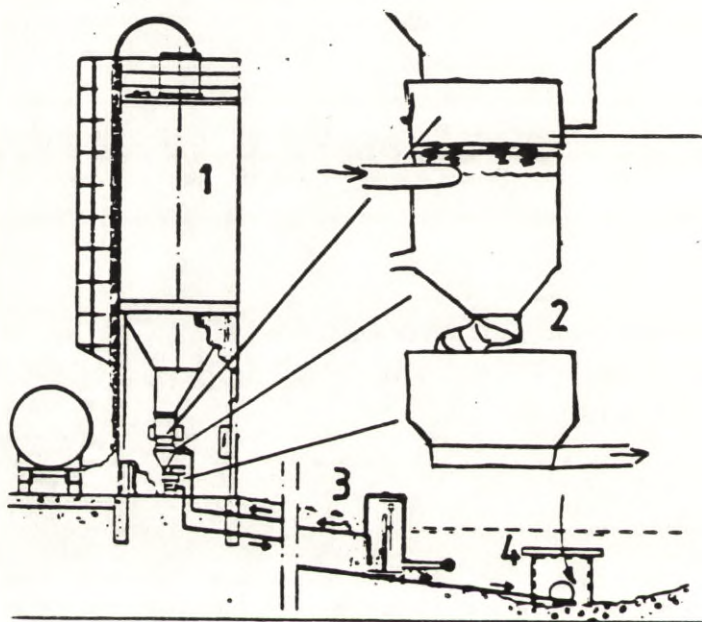
Maximal doseringskapacitet är 8 kg kalk/timme i Gnosjö och 50 kg/timme i Östra Göinge. Med en kalkdos på 10 g/m<sup>3</sup>, klarar dessa anläggningar en maximal vattenföring på 0,2 resp 1,4 m<sup>3</sup>/s.

#### 2.2.3.2 Siloanläggning med vätningsdel

Denna typ av doserare är i princip en konventionell siloanläggning kompletterad med utrustning för dosering av uppslammad kalk. Anläggningar av den här typen finns f n i Västernorrlands, Kristianstads, Kronobergs och Halmstads län samt i Norge och marknadsförs av Boliden Vattenvård samt MOVAB.

Figur 15 visar uppbyggnaden av Bolidens anläggningstyp.

Fig 15. Siloanläggning med vätningsdel



Anläggningen finns i olika kapacitet och lagringsvolym och består av följande delar (se figur 15).

- 1 Siloanläggning med slägga och doserskruvar (lagringsvolym 4-80 m<sup>3</sup>, maximal doseringskapacitet 6-1000 kg/h).

- 2 Vättningsdel, bestående av två blandningsbehållare med eller utan slurryblandningspump (kapacitet 250 l/min).
- 3 Mät- och intagsbrunn med dränkbar pump (kapacitet 250 l/min), skibord och nivågivare (bubbelrörsgivare).
- 4 Utspridarbrunn

Ävatten pumpas från mät- och intagsbrunnen till vättningsdelen. Med hjälp av doserskruvar doseras torrt kalkstensmjöl (0-0,2 mm) till vättningsdelen där det blandas med ävatten. Kalk-/vattenblandningen rinner med självfall, eller pumpas med hjälp av en slurrpump ut i vattendraget via utspridarbrunnen.

I utspridarbrunnen, som står på vattendragets botten, blandas den uppslammade kalken ännu en gång med ävatten (brunnens uppströmssida är delvis öppen), varefter den sprids någon meter under vattenytan.

Torrdoseringen till vättningsdelen styrs med hjälp av automatisk styrning från flödes- eller nivåmätare.

Sex anläggningar i Halmstads och Ljungby kommuner har studerats i denna undersökning. Den maximala doseringskapaciteten för de största anläggningarna är  $f_n$  ca 1000 kg/timme, vilket vid en erforderlig dos på 10 g kalk/m<sup>3</sup> räcker för vattendrag med vattenföring på upp till 28 m<sup>3</sup>/s. Det är dock möjligt att dimensionera en siloanläggning för dosering av 2000 kg/timme eller mer.

### 2.3 SLURRYDOSERARE

En anläggningstyp för dosering av extremt finkornig kalk i slurryform är konstruerad av Lunds tekniska högskola och marknadsförs av MOVAB. Idag finns sådana anläggningar i drift i Fylleån, vid en kraftstation i Marbäck utanför Halmstad samt i Hyltebruk.

En liknande anläggning uppbyggd enligt samma princip finns även i Norge och marknadsförs av Skand Instruments. Denna är helautomatisk och doserar våtmalt kalkningsmjöl med kornstorleksfördelningen 90 % < 5  $\mu\text{m}$  och 50 % < 2  $\mu\text{m}$ .

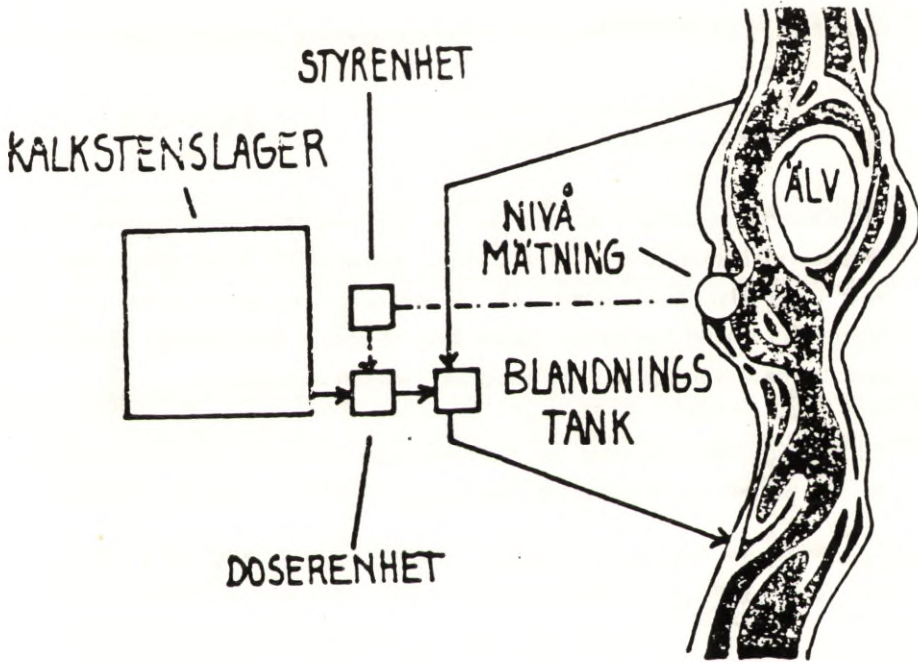
Anläggningen i Marbäck är helautomatisk drivs med nätspänning och är uppbyggd av följande enheter (se fig 16)

- Lagringstank, 80  $\text{m}^3$ , med omrörning (isolerad, kräver uppvärmning under vintern).
- Doserenheter (två drifttidsstyrda monopumpar).
- Blandningstank, 2  $\text{m}^3$ , där åvatten och kritsuspension blandas. Därefter rinner blandningen med självfall till vattendraget.
- Vattenföringsproportionell dosering styrd av styrenhet med mikroprocessor med inprogramerat samband mellan vattenstånd - vattenföring - pH-värde. Enheten står i förbindelse med en nivågivare i vattendraget.

Anläggningen i Hyltebruk är på 45  $\text{m}^3$ , med en maximal doserkapacitet på ca 200 kg/timme. Doseringen ställs in manuellt.

Som kalkningsmedel används Malmökrita, en kritsuspension med ca 70 % TS (Torrsustanshalt). Produkten är mycket finkornig, partiklarnas storlek varierar mellan 0 och 15  $\mu\text{m}$ , varav ca 50 % är mindre än 3  $\mu\text{m}$ . Vid lagringen tillsätts ca 1 kg dispergeringsmedel/ $\text{m}^3$  kritsuspension.

Fig 16. Slurrydoseraren i Marbäck.





### 3 DRIFTERFARENHETER

Nedanstående redovisning av drifterfarenheter är baserad på uppgifter från användare, entreprenörer och miljövårdsmyndigheter. Telefonkontakt har tagits med naturvårdsverket, samtliga länsstyrelser, fiskenämnderna i de län där kalkdoseringsanläggningar används (sammanlagt 16 st), användare av kalkdoseringsanläggningar (kommuner, fiskevårdsföreningar m m) och leverantörer. Vidare har projektplaner och årsredovisningar från olika kalkningsprojekt i fiskeristyrelsens arkiv studerats.

#### 3.1 PÅFYLLNING AV KALK

Vid kalkbrunnsanläggningar och mindre torrdoseringsanläggningar (< 30 m<sup>3</sup> lagringsvolym) inköps kalken i lösvikt eller i smäsäck (25-30 kg) och lagras utomhus eller i enkla lagringsbyggnader. Det är viktigt att kalken levereras torr. Om den levereras i lösvikt bör kalken täckas över så snabbt som möjligt. Särskilt viktigt är detta på vintern då risk för isbildning i kalken förekommer.

Till större siloanläggningar och slurrydoserare levereras kalken i kvantiteter på 30 m<sup>3</sup> i bulkbil och överförs till lagringsutrymmet med hjälp av tryckluft.

##### 3.1.1 Kalkbrunnar

Påfyllningsfrekvensen beror på brunnens volym, flödet genom brunnen, kalkkornens storlek, vattendragets vattenföring och vattnets aggressivitet.

Rätt dimensionerade och rätt intrimmade kalkbrunnsanläggningar behöver normalt fyllas på en gång i veckan vid låg till normal vattenföring och en till två gånger i veckan vid högvattenföring.

### 3.1.2 Torrdozerare och slurrydozerare

Påfyllningsfrekvensen beror på lagringsvolym och doserad mängd per tidsenhet. Även här gäller att anläggningarna bör dimensioneras och ställs in så att påfyllning behöver göras högst 1-2 gånger per vecka, annat än vid extremt hög vattenföring.

## 3.2 TILLSYN OCH SKÖTSEL

### 3.2.1 Kalkbrunnar

Kalkbrunnsanläggningar bör ses till minst en gång i veckan under vår och sommar och två gånger i veckan vinter och höst. Tilloppsledningarna och brunn kan sättas igen av löv, kvistar och grenar. Problem med igensättning är särskilt vanligt på hösten.

Om vattendraget inte bottenfryser kan kalkbrunnar vara i drift även under vintern, under förutsättning att tilloppsrörens inloppsöppningar ligger helt under vattenytan.

Samtidigt med tillsynen bör lämpligt vattenflöde genom brunnen inregleras. Flödet bör ställas så högt som möjligt så att kalkbädden fluidiserar, men utan att större kalkkorn spolats ur brunnen.

### 3.2.2 Torrdozerare och slurrydozerare

Vid tillsynen kontrolleras kalkmängd i doseraren, doserad mängd kalk och anläggningens funktion. Beträffande Borlänge kalkaren kontrolleras även batteriets laddning.

Doseringen bör kontrolleras i sådan omfattning att tillräcklig mängd kalk/m<sup>3</sup> tillsätts vattendraget. Under större delen av året räcker det normalt med en gång per vecka. Under perioder med hög vattenföring bör dosen däremot kontrolleras oftare, speciellt vid vår- och höstflod eller andra perioder med

hög nederbörd. För anläggningar med manuell inställning av kalkdosen kan det bli aktuellt med daglig tillsyn.

I de fall nivågivare eller pH-givare används för styrning av doseringen kontrolleras även att dessa är rena och fria från skräp (löv och dylikt). Givare för pH-signal bör kalibreras minst en gång i veckan. Nivågivare bör kalibreras minst en gång i halvåret.

### 3.3 DRIFTSTÖRNINGAR

#### 3.3.1 Kalkbrunnar

Gingsjöns fiskevårdsförening rapporterar att deras brunnar inte fungerat som man räknat med (muntlig uppgift).

Följande svårigheter har angivits:

- Kalken spolats snabbt ur brunnarna.
- Problem med kanalbildning i kalkbädden nära inloppsörret.
- Vid lagring av säckad kalk bildas ett hårt ytlager kring kalken, vilket gör påfyllningen omständig.
- Utgående vattnets pH-värde var ofta inte högre än 4-5.

Lygnerns och Sundsjöns fiskevårdsförening rapporterar att deras brunnar i Sundstorpsån i stort sett fungerat bra, men att effekten nedströms i ån ofta inte varit tillräcklig för att ge åvattnet ett tillräckligt högt pH-värde. Föreningen lämnar bl a följande synpunkter på driften (4):

- Om brunnarna fylls med kalk medan de är i drift och tillförs vatten, sköljs stora mängder finkornig kalk omedelbart ur brunnen.

- Vid påfyllning av avstängda brunnar packas kalken hårt runt tilloppsslangen och brunnarna blir svåra att starta.
- Vattenstrålen från tilloppsslangen orsakade stort slitage och med tiden hål i brunnens botten.
- Ingensättning av löv och skräp i tilloppsslangarna var vanligt, speciellt under hösten.
- Vid stark vinterkyla bildades ispelare och issjok på slangar och brunnar. Detta orsakade emellertid inte några driftstopp.

### 3.3.2 Torrdozerare

Torrdozerarna anses i allmänhet fungera tillfredsställande även om vissa driftstörningar och problem enligt nedan rapporterats.

#### 3.3.2.1 Hälleforskalkaren

Några användare av Hälleforskalkaren meddelar att den vattendrivna modellens kalkutmatningsanordning är känslig för yttre störningar som isbildning, stora temperaturväxlingar och sättningar i marken. Kalkaren måste också stå perfekt i väg för att inte tippanordningen skall haka upp sig. Vidare meddelas att anläggningen inte kan användas på vintern och att den i det närmaste kräver daglig tillsyn under perioder med nattfrost (11, 23).

Inga driftstörningar har dock rapporterats beträffande den eldrivna modellen.

#### 3.3.2.2 Borlängealkalkaren

Vid samtal med en användare påpekades följande:

Det är viktigt att kalken levereras torr och att kalken fylls på vid uppehållsväder eller att kalken skyddas mot väta vid påfyllningen. Om kalken klumpar ihop sig p g a fukt kan detta orsaka ojämn dosering eller driftstopp (12). Det är också viktigt att inga luftfickor uppstår i doserenheterna vid påfyllningen.

### 3.3.2.3 Siloanläggningar

Från Ljungby kommun rapporteras att den automatiska styrningen av doseringen ibland störs eller slås ut vid åskväder.

Under siloanläggningarna i Älvsred och Kärnebyggs första år i drift uppstod en mängd driftstopp och driftstörningar av olika slag enligt nedan (9). Anläggningarna fungerar numera enligt Falkenbergs gatukontor i stort sett tillfredsställande. Tidvis uppstår dock problem med att fuktig kalk "hänger sig" i silon.

#### **Elektriska fel**

- Korta strömbrott (beroende på gamla ledningar).
- Åsknedslag. Orsakade att kretskort, potentiometer (för styrning av doseringen) och motorernas kontaktorer brändes sönder. Även pH-givaren och tillhörande elektronik var känsliga för åsknedslag.

#### **Fel på doser- och transportskruvar**

- Stopp i transportskruven p g a isbildning orsakad av uppstänkande vatten vid kalkutsläppet.
- Doserskruvarna vreds sönder p g a stopp i transportskruven. (Normalt skall dock doserarmotorn automatiskt stanna då transportskrumotorn stoppar. Detta skedde inte vid detta tillfälle).

- Vid kalkpåfyllning kan, om ett "kalkvalv" rasar i silon, kalk rinna rakt genom doseraren och orsaka igensättning och stopp i doser- och transportskruvar (gäller speciellt vid påfyllning av nästan tom silo).

#### Övrigt

- Stora drivor av kalk bildas i vattendraget nedströms doseraren, speciellt vid lågvattenföring.
- Dammbildning uppstår kring doserpunkten.

#### 3.3.3 Slurrydoserare

Beträffande slurrydoseraren i Marbäck rapporteras vissa problem med drivbildning av sedimenterad krita i slurrytankens perifera delar p g a otillräcklig omblandning, vilket även orsakat igensättning av doserpumparna.

## 4 LIVSLÄNGD OCH KOSTNADER

### 4.1 LIVSLÄNGD

I tabell 1 nedan lämnas en uppskattning av den ekonomiska och tekniska livslängden för olika komponenter i de studerade anläggningstyperna.

Tabell 1. Livslängd

Anläggningstyp och komponent	Ekonomisk livslängd år	Teknisk livslängd år
<u>Kalkbrunnar</u>		
Brunnsdelen	5 - 10	5 - 15
Dammbyggnad och tillopprör	10	20
<u>Torr- och slurrydoserare</u>		
Mekaniska delar, automatik, pumpar mm	5	8 - 10
Silo eller tank	10	10 - 15

### 4.2 KOSTNADER

Upphandling av kalkdoseringsanläggningar kan ske på olika sätt. Antingen inköpes utrustning eller så utnyttjas olika former av leasingaval där entreprenören står för utrustning, kalkningsmedel, installation och intrimning samt drift och underhåll.

För att få jämförbara siffror kommer vi i följande avsnitt beskriva kostnaderna för projekt där anläggningen inköpts av entreprenören och där denne står för installation och intrimning. Övriga moment förutsätts skötas av den ansvarige för kalkningsprojektet.

Kostnaden delas upp i investeringskostnad och driftkostnad.

Investeringskostnaden utgörs av kostnad för inköp av doserapparat samt kostnad för arbetskraft och maskiner i samband med installationen. Driftkostnaden utgörs av inköp och transport av kalk, utbyte av skadade eller utslitna delar, arbetskostnad för tillsyn och påfyllning samt eventuell kostnad för el.

#### 4.2.1 Investeringskostnad

För kalkbrunnar gäller att materialkostnaden är relativt låg. Arbetskraftkostnad och kostnad för maskiner vid installationen (dammygge, ledningsdragning, schaktningsarbete m m) kan däremot bli hög och variera inom vida gränser, beroende på förutsättningarna på platsen.

För torr- och slurrydoserare är i allmänhet kostnaden för själva apparaten den största delen av investeringskostnaden. Även här kan dock kostnaden för installation, framdragning av el mm bli betydande.

I tabell 2 redovisas investeringskostnaden för hittills levererade eller offererade anläggningar.



Tabell 2 Investeringskostnad

Anläggning	Maximal kapacitet för olika anl. - storlekar kg kalk/tim	Materialkostnad/ inköpspris kkr	Kostnad för installation kkr	Totalkostnad för olika anl. - storlekar (levererad och installerad anl. kkr)
<u>Kalkbrunnar</u>				
Tryssjöbrunnen	-	10	22	32
Mover	ca 7 <sup>1)</sup>	-	-	70 - 400
Enkel cementringbrunn	-	2	5	7
Tobybrunnen	2,5 - 3	-	-	15
Kalkkista	-	-	-	80
<u>Torrdoserare</u>				
Hälleforskalkaren (0,5 - 2 m <sup>3</sup> )	100	-	-	30 <sup>2)</sup>
Borlängealkaren (flera storlekar 0,1-5 m <sup>3</sup> )	20 - 300	5 - 120	10	15 - 130 <sup>3)</sup>
Konventionell siloanläggning (2 - 80 m <sup>3</sup> )	6 - 2000	-	-	40 - 200
Gnosjöalkaren <sup>4)</sup> (5 m <sup>3</sup> )	8	60	35	95
Gnosjöalkaren <sup>5)</sup> (30 m <sup>3</sup> )	50	220	160	330
Siloanläggning med vätningsdel (2 - 80 m <sup>3</sup> )	6 - 2000	-	-	50 - 300
Slurrydoserare (flera storlekar)	200 - 2000	-	-	150 - 300

1) Största kalkbrunnen i Piggaboda (2).

2) Samma pris för de olika silo storlekarna. Komplettering med extra lagringstank för kalk (kalkkula 9 m<sup>3</sup>): 1000 kronor (8)

3) Komplettering med vattenföringsproportionell styrning av doseraren 9 000 kr

4) Anläggningen i Gnosjö (13)

5) Anläggningen i Ö Göinge.

## 4.2.2 Driftkostnad

### 4.2.2.1 Kalk

Kostnaden för kalkningsmedel är den klart dominerande driftkostnaden och varierar med kalkkvalitet och transportavstånd enligt tabell 3.

Tabell 3. Kostnad för kalk

Kalkningsmedel		Pris fritt gruva (hel pall eller fullt lass) kr/ton TS	Tillägg för leverans av kalk i säck kr/ton TS	Transport- kostnad (10-20 mil) kr/ton TS	Total- kostnad kr/ton TS
Kalkstenscross	0-3 mm	75 - 100	80 - 110	50 - 100	125 - 310
Kalkstensmjöl	0-0,2 mm	100 - 130	80 - 110	50 - 100	150 - 340
Kalkstensmjöl	0-0,12 mm	160	80 - 110	50 - 100	210 - 370
Kritsusension (70 % TS)	0-0,015 mm	300	-	70 - 140	370 - 440
Torr krita (torkad kritsusension)	0-0,015 mm	400	80 - 110	50 - 100	450 - 610

### 4.2.2.2 Elenergi

Kostnaden för elenergi för uppvärmning samt dosering och drift av pumpar för siloanläggning med vätningsdel och Acksjödoserare (föregångare till Gnosjö-kalkaren) har angivits till ca 4 000 kr/år (14, 15). Kostnader för drift och uppvärmning av konventionell siloanläggning beräknas till ca 2 000 kr/år (16).

#### 4.2.2.3 Arbetskraft

Vid utnyttjande av extern personal för påfyllning och tillsyn av anläggningarna kan man normalt räkna med en arbetskraftkostnad på 5 - 10 000 kr/år. (Påfyllnings- och tillsynsfrekvens 1 - 2 ggr/vecka.)

#### 4.2.3 Totalkostnad

I nedanstående tabell nr 4 visas några exempel på total årlig kostnad för inköp och drift av doseranläggningar för vilka leverantörerna meddelat doserkapacitet.

Torr dosering- och slurrydoseringsanläggningarna i tabellen är valda så att den genomsnittliga doseringen motsvarar 1/10 av anläggningens maximala doseringskapacitet. Vidare är lagringsvolymen vald så att påfyllningsfrekvensen ej blir högre än 1 gång/dygn vid högvattenföring.

Den årliga kapitalkostnaden i tabellen är baserad på en annuitet enligt följande förutsättningar:

Kalkylränta	15 %
Avskrivningstid	10 år
Annuitet	19,93 %

Tabell 4 Beräknad årlig kostnad för kalkspridning med olika kalkdoseringsanläggningar enligt förutsättningarna i tabell 1 och 2 samt sid 36.

Anläggning	Dosering		Kalkät-gång	Investerings-kostnad (inkl installation)	Kapital-kostnad	Driftkostnad			Total års-kostnad	Kostnad för ut-spridd kalk	
	Medel	Max				Kalk(*)	Arbets-kraft	EI			
											kg/h
Trysjöbrunnen	1	2	9	32	6	2	4	5	-	13 - 15	1400 - 1700
Mover	7	9	62	100	20	10	16	5	-	35 - 41	560 - 660
Tobybrunnen	2	3	17	15	3	2	4	5	-	10 - 12	590 - 700
Hällefors-kalkare	1	10	9	30	6	1	2	5	-	12 - 13	1300 - 1400
	10	100	88	30	6	14	23	5	-	25 - 34	280 - 390
Borlänge-kalkare	1	10	9	25	5	1	2	5	-	11 - 12	1200 - 1300
	10	100	88	42	8	14	23	5	-	27 - 36	310 - 410
	60	600	530	360	72	109	172	5	-	186 - 249	280 - 380
Gnosjö-kalkaren	1	10	9	95	19	1	2	5	4	29 - 30	3200 - 3300
	5	50	44	330	66	7	-	5	4	82	1900
Siloenläggning med vätnings-del	1	10	9	50	10	1	2	5	4	20 - 21	2200 - 2300
	100	1000	880	300	60	145	-	5	4	214	240
	200	2000	1800	300	60	297	-	5	4	366	200
Slurrydoserare	20	200	175	150	30	65	-	5	4	104	590
	200	2000	1800	300	60	666	-	5	4	735	410

\*) Fraktion 0-0,2 mm. I kalkkostnaden ingår transportkostnad, 50 kr/ton för kalkstenkross och -mjöl resp 70 kr/ton för krituspension (70 % TS)

Kostnaden för utspridd kalk varierar inom mycket vida gränser. Beroende på kalkbehov och val av doseranläggning kan kostnaden, enligt förutsättningarna för kostnadsberäkningen ovan, variera från ca 200 kr upp till 1000 - 3000 kr/ton. Kalkning av små vattendrag, vars kalkbehov är 10 ton/år eller mindre (vattendrag med medelvattenföring  $< 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ ), med Gnosjöalkare och siloanläggningar är dyrast. Kostnaden domineras i dessa fall av kapital-, arbetskraft- och elkostnad. Kostnaden för själva kalken utgör högst 10 % av den totala årskostnaden.

Sammanställningen visar också att bäckar och smärre åar, vars kalkbehov är något hundratal ton/år eller mindre, ur ekonomisk synpunkt bör kalkas med små lättskötta doseranläggningar (kalkbrunnar, Hällefors- eller Borlängealkare). Stora nätdrivna anläggningar med inbyggd automatik (Gnosjöalkare, Siloanläggningar eller Slurrydoserare) blir ekonomiska först vid kalkning av större vattendrag (med kalkbehov på ett par hundra ton/år eller mer).

## 5 EFFEKTIVITET

Under hösten 1983 och våren 1984 genomförde Scandiaconsult en fältundersökning av effektiviteten vid kalkning av rinnande vatten med de typer av kalkdoseringsanläggningar som för närvarande används i olika kalkningsprojekt. Undersökningens huvudsakliga syfte var att mäta de olika anläggningstypernas kalkutnyttjande, dvs upplöst mängd kalk i förhållande till doserad mängd. Vid undersökningarna mättes även kalkningens effekt på alkalinitet och pH-värde i vattendragen.

Resultatet av dessa undersökningar har utvärderats tillsammans med undersökningsresultat från andra undersökningar av kalkutnyttjande som utförts av användare, miljöförvaltningsmyndigheter, högskolor, konsulter och entreprenörer. Vidare har resultatet av driftuppföljningar från de kalkningsprojekt som använder kalkdosering studerats och sammanställts.

### 5.1 KALKUTNYTTJANDE

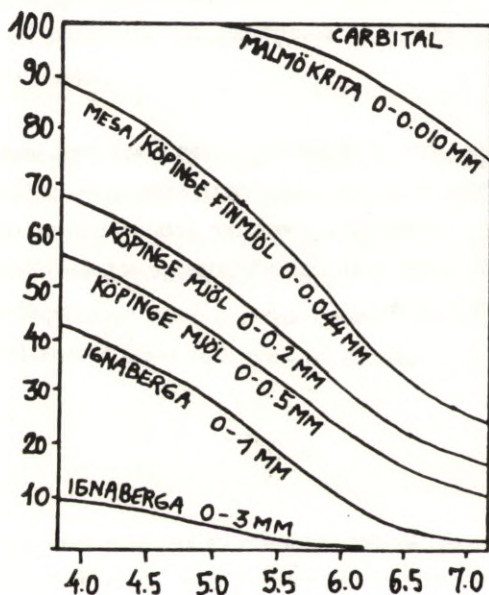
Med kalkutnyttjande avses här den del av den doserade kalken som löses upp eller hålls suspenderad i vattnet nedströms doserpunkten. Den lösta andelen kalk representerar den omedelbart utnyttjade kalken. Suspenderad kalk är dock potentiellt utnyttjbart tack vare upplösning under transporten i vattendraget. Upplösningens omfattning beror på en rad faktorer enligt nedan. Av dessa är vattnets aggressivitet och kalkens uppehållstid i vattenmassan de mest betydelsefulla.

Följande faktorer bestämmer kalkutnyttjandegraden:

- Tillsatt mängd kalk per tidsenhet
- Kalkens kornstorleksfördelning
- Vattenkvalitet (pH, alkalinitet och humushalt)
- Grad av turbulens i vattnet
- Vattendjup
- Inblandnings- och transportsträckans längd

Figur 17 visar en jämförelse av kalkupplösning vid kalkning av stillastående vatten för några olika kalkstenskvaliteter utförd av Lunds Tekniska Högskola (1). Figuren ger en allmän bild av kornstorlekens betydelse för kalkutnyttjandet.

Figur 17



Diagrammet visar direkt upplösningen av olika kalkstensmjöl om de får sjunka 5 m i surt vatten som är stillastående som i en sjö. Om vattnet är omrört ökar skillnaden mellan finmald och grov kalksten. Diagrammet kan tillämpas för andra vattendjup än 5 meter om man kompenserar det pH-värde som man går in i diagrammet med enligt följande formel;

$$pH_{\text{diagram}} = pH_{\text{sjö}} - \text{LOG}_{10} \left( \frac{\text{sjunkdjup}}{5 \text{ m}} \right)$$

Den kalk som sedimenterar på vattendragets botten utsätts efter en tid för en inaktivering p g a humus- och järnutfällning på kalkornens yta. I lugnflytande partier av vattendraget sker även en överlagring av sediment som ytterligare försvårar kalkupplösningen. Den sedimenterade kalken är dock inte helt förlorad. Tack vare variationer i vattendragets vattenföring sker en uppvirvling och omlagring av sedimenterad kalk så att färsk kontakt ytor blottas. På så sätt skapas förutsättning för ytterligare kalkupplösning. Under surstötter eller stopp i kalkdoseringen kan den sedimenterade kalken fungera som en buffert, vilket rapporteras ha varit fallet i bl a Fylleån utanför Halmstad.

Den sedimenterade kalkens påverkan på vattenkvaliteten varierar från fall till fall. Vår undersökning visar att en betydande kalkupplösning av sedimenterad kalk förekommer speciellt i små vattendrag där stora mängder kalk lagrats på botten. Den långsiktiga betydelsen av denna påverkan kan dock inte fastställas på basis av denna undersökning.

## 5.2      UNDERSÖKNINGSMETODIK    VID    BESTÄMNING    AV    KALKUT- NYTTJANDE

Undersökningarna av kalkutnyttjande har i de flesta fall skett i tre moment:

- 1            Vattenföringsmätning i provtagnings- eller doserpunkten.
- 2            Bestämning av mängden doserad kalk.
- 3            Vattenprovtagning och analys av vattnets halt av löst och suspenderad kalcium före och efter kalkdosering.

### 5.2.1    Mätnoggrannhet

Undersökningens resultatets tillförlitlighet beror på mätnoggrannheten för de mätmetoder som används. Den relativa mätnoggrannheten för vattenföringsmätning



med hjälp av utspädningsmätning eller flygelmätning varierar normalt mellan 5 och 15 % beroende på förutsättningarna på platsen (25). De metoder för bestämning av kalkdosens storlek som använts i refererade undersökningar har en mätnoggrannhet i samma storleksordning. Mätnoggrannheten för bestämning av kalciumhalten beror framförallt på provbehandling och på vilken analysmetod som används.

För noggrann bestämning av kalkutnyttjande krävs dels filtrering i fält av de prover som ska analyseras med avseende på löst kalcium för att undvika kalkupplösning i provet under transporten till laboratoriet, dels analys med beprövad och tillförlitlig analysteknik. Den noggrannaste analysmetoden för kalcium i ytvatten torde vara atomabsorptionsspektrofotometri (AAS). Analysnoggrannheten för AAS är omkring  $\pm 0,1$  mg Ca/l (26). I det haltintervall som förekommer i dessa undersökningar, 2-10 mg/l, ger denna metod en relativ noggrannhet på 1-5%.

Kalciumanalys av ofiltrerade prover med hjälp av hårdhetstitrering, ( $\Sigma \text{Ca} + \text{Mg}$ ), som för närvarande är den mest använda analysmetoden vid uppföljning av kalkningsprojekt, har enligt Standardiseringskommissionen i Sverige en analysnoggrannhet på  $\pm 1,6$  mg Ca/l (27), men torde vid noggrann titrering kunna begränsas till ca  $\pm 0,5$  mg Ca/l. Den relativa noggrannheten vid analys av ytvatten blir då 10-25%. En annan nackdel, förutom den lägre analysnoggrannheten, med denna metod är att en del av kalkpartiklarna hinner lösa sig före analystillfället, vilket vid analysen ger en för stor andel löst kalk i provet.

De uppgifter på mätnoggrannhet som redovisas i följande avsnitt och bilagor är beräknade enligt antagandet att det absoluta mätfelet för bestämning av ökad kalciumhalt ( $C_{\text{tot}} - C_0$  respektive  $C_1 - C_0$ ) vid kalkning uppgår till  $\pm 0,2$  mg/l vid analys med AAS och till  $\pm 1$  mg/l vid analys med hårdhetstitrering. Det relativa felet vid bestämning av vattenföring och mängden doserad kalk antas tillsammans vara  $\pm 15$  %. (Enligt Naturvårdsverkets interkalibreringar (28) är mätfelet vid kalciumanalys vid de flesta analyslaboratorier av systematisk karaktär. Ovan antagna mätfel för kalciumanalys kan därför betraktas som ett maximalt värde).

### 5.2.2 Felkällor

Vid bestämning av kalkutnyttjande enligt ovan förekommer framförallt två felkällor. Uppvirvling och/eller upplösning av sedimenterad kalk samt utströmmande grundvatten med högre kalciumhalt. Flera av de undersökta vattendragen har tydliga kalkavlagringar på botten nedströms doserläggningarna, vilket kan påverka mätresultatet. De flesta anläggningarna ligger dessutom på platser där topografin tyder på att vattendragen nedströms anläggningarna rinner genom utströmningsområden för grundvatten.

Dessa felkällor kan dock delvis elimineras genom att bestämma bakgrundshalten för kalcium vid provtagningsstationerna nedströms doseraren efter det att doseringen stängts av. (Att den tidigare doserade kalken passerat provtagningsstationerna vid provtagningen kontrolleras genom att tillsätta ett färgämne strax efter det att doseringen stängts av). Detta förfarande har använts vid Scandiaconsults undersökningar under våren 1984. Av praktiska skäl var detta förfarande emellertid inte möjligt vid undersökningarna av Tryssjöbrunnen, Mover, Tobybrunnen och Kalkkistan.

Den suspenderade andelen av den doserade kalken visade sig vara svår att mäta, speciellt vid högvattenföring. Uppvirvlingen av sedimenterad kalk sker tämligen slumpartat och oregelbundet, vilket i många fall medfört att den beräknade andelen suspenderad kalk överstigit 100%. Provtagning vid avstängd dosering har inte helt kunnat eliminera denna felkälla.

### 5.2.3 Beräkning av kalkutnyttjande

Kalkutnyttjandet har beräknats ur nedanstående ekvationer.

För samtliga dosertekniker gäller

$$\text{Andel upplöst kalk i vattendraget} = \frac{2,5 (C_1 - C_0)}{\frac{D}{Q}} \times 100\% \quad (I)$$

$$\begin{aligned} \text{Andel suspenderad kalk} \\ \text{i vattendraget} \end{aligned} = \frac{2,5(C_{\text{tot}} - C_1)}{\frac{D}{Q}} \times 100 \% \quad (\text{II})$$

där

2,5 = förhållandet mellan molvikten för kalksten ( $\text{CaCO}_3$ ) och molvikten för kalcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ).

$C_1$  = Koncentrationen av löst kalcium nedströms doserpunkten, mg/l.

$C_0$  = Koncentrationen av löst kalcium uppströms doserpunkten, mg/l.

$C_{\text{tot}}$  = Den totala koncentrationen av kalcium nedströms doserpunkten, mg/l.

D = Doserad mängd kalksten, g/s.

Q = Vattenföring, m<sup>3</sup>/s.

$$\text{För kalkbrunnar gäller} \quad D = 2,5 \times q (C_{\text{tot}}^* - C_0) \quad (\text{III})$$

$$\begin{aligned} \text{Kalkutnyttjande uttryckt} \\ \text{som kalkupplösning i} \\ \text{brunnen} \end{aligned} = \frac{C_1^* - C_0}{C_{\text{tot}}^* - C_0} \times 100\% \quad (\text{IV})$$

$C_1^*$  = Koncentrationen av löst kalcium i utgående vatten, mg/l.

$C_{\text{tot}}^*$  = Den totala koncentrationen i utgående vatten, mg/l.

$C_0$  = Koncentrationen av kalcium i inkommande vatten = vattnet uppströms kalkbrunnen, mg/l.

q = Flöde genom brunnen, m<sup>3</sup>/s.

Kalkutnyttjandet har i vissa fall korrigerats för felkällorna i avsnitt 5.2.2 genom att i ekvationerna I och II subtrahera täljarna med de värden på  $C_1 - C_0$  resp  $C_{\text{tot}} - C_1$  som uppmätts vid provtagning efter avstängd dosering.

### 5.3 OMFATTNING OCH UTFÖRANDE FÖR SCANDIACONSULTS FÄLT- UNDERSÖKNING

#### 5.3.1 Undersökta anläggningar

I nedanstående tabell redovisas de anläggningar som ingått i undersökningen. I bilaga 1 redovisas kalkutnyttjandet och samtliga mätdata från respektive anläggning.

Tabell 5 Av Scandiaconsult undersökta anläggningar.

Anläggning	Vattendrag	Kommun
Tryssjöbrunn	Rosån	Gagnef
	Svansjöbäcken	Gagnef
Mover	Tjurkens tillflöde	Alvesta
Cementringbrunn	Faxsjöns tillflöde	Svenljunga
Tobybrunn	Salungens tillflöde	Arvika
	Salungens utlopp vid Slobyn	Arvika
Kalkkista	Läens tillflöde	Lessebo
Hälleforskalkare	Silksbäcken	Hällefors
	Gäddbäcken	Hällefors
Borlängealkare	Sandvadsån	Partille
	Återvännings till- flöde	Timrå
Siloanläggning	Högvadsån vid Älvsred	Falkenberg
	Spikån vid Kärnebygd	Falkenberg
Gnosjöalkare	Ekhultsån	Gnosjö
Siloanläggning med vätningsdel	Torpaån vid Skäckarp	Ljungby
	Torpaån vid Skärvö	Ljungby
	Lidhultsån	Ljungby
	Krokån	Ljungby
	Fylleån vid Ryaberg	Halmstad
	Sänneån	Halmstad
Slurrydoserare	Fylleån vid Marbäck	Halmstad
	Fjällens tillflöde	Hylte

### 5.3.2 Vattenföringsmätning

#### 5.3.2.1 Utspädningsmätning

Vid undersökningarna av kalkbrunnar, Hälleforskalkare, Borlängealkare, kalksilon i Kärnebygd och Gnosjöalkaren bestämdes den aktuella vattenföringen i vattendraget med hjälp av utspädningsmätning med litiumklorid, LiCl, enligt den sk platåmetoden (även kallad kontinuerlig injektering). Flödet genom kalkbrunnarna bestämdes med hjälp av utspädningsmätning och hydrauliska beräkningar. Nedan beskrivs principen för utspädningsmätning. (Metoden kan studeras i detalj i referens nr 24 och 25).

Metoden är enkel och tillförlitlig och lämpar sig för vattenföring på upp till ca 5 m<sup>3</sup>/s. Den har också den fördelen att man kan följa vattenföringens successiva ökning längs vattendraget och på så sätt mäta tillskott från anslutande tillföden samt tillförsel av grundvatten och smältvatten.

Litiumkloridlösning med känd litiumhalt doseras till vattendraget med ett i fält uppmätt konstant doseringsflöde. Med hjälp av provtagning och analys bestäms litiumhalten i vattnet nedströms doserpunkten. Härur kan utspädningen och därmed vattenföringen beräknas.

Provtagning för litiumbestämning sker där litiumkloridlösningen är homogent inblandad i vattenmassan. Detta kontrolleras genom att i doserpunkten tillsätta ett färgämne, exempelvis Rhodamin. Provtagningspunkten väljs där vattendraget är homogent färgat, utan stråk av ljusare eller mörkare partier. I laminärt strömmande vatten räknar man normalt med att homogen inblandning erhålls efter en inblandningssträcka på 100-200 gånger vattendragets bredd. I turbulent vatten erhålls denna inblandning på ett kortare avstånd från doserpunkten.

#### 5.3.2.2 Flygelmätning

Vid undersökningen av Älvsreds kalksilo bestämdes den aktuella vattenföringen vid ett tillfälle vid en av provtagningsstationerna med hjälp av flygelmätning. (Metoden finns beskriven i referens nr 25).

### 5.3.2.3 Avbördningskurva

Vid undersökning av torrdoserarna i Halmstad och Ljungby samt slurrydoseraren i Marbäck (Halmstad) bestämdes vattenföringen indirekt genom användande av sk avbördningskurvor. Dessa avbördningskurvor visar sambandet mellan vattenföringen och vattenståndet uppströms en bestämmande sektion i vattendraget. Detta samband är tidigare bestämt genom en serie vattenföringsmätningar (se referens 25).

## 5.3.3 Provtagning

### 5.3.3.1 Provtagningsstationer

Vattenprov uttogs vid en provtagningsstation uppströms och vid två eller fler stationer nedströms doserpunkten. Provtagningsstationernas lägen nedströms valdes så att den första låg före eventuella tillflöden och om möjligt på ett avstånd av ca 100 gånger vattendragets bredd. Den andra provtagningsstationen förlades på dubbla detta avstånd eller mer, eller strax före närmast nedströms liggande sjö eller höja.

Vid undersökningarna av kalkbrunnar togs även prov på det vatten som rann igenom dem.

### 5.3.3.2 Provtagningsförfarande och provbehandling

Vid samtliga provtagningsstationer togs sammansatta stickprov bestående av tre delprov, strax under vattenytan med hjälp av en hämtare monterad på en teleskopstång.

I vissa fall utfördes provtagningen vid olika doseringar, vid avstängd dosering eller vid olika flöden. Erforderlig tid mellan ändrad dosering och provtagning bestämdes med hjälp av Rhodaminfärgning.

Vattenprov för analys av alkalinitet och löst kalcium filtrerades omedelbart genom ett membranfilter med 0,8  $\mu\text{m}$ s porstorlek. Samtidigt mättes också vattnets pH-värde.

#### 5.3.4 Mätning av kalkdosering

Kalkbrunnarnas kalkdosering bestämdes med hjälp av provtagning och analys av kalciumhalt samt med hjälp av flödesmätning av utgående vatten.

Vid torrdoserarna i Högvadsån, Fylleån och Ljungby och slurrydoserarna i Marbäck och Rangalsbo avlästes den aktuella kalkdoseringen på anläggningarnas indikerande instrument.

Vid övriga torrdoserare mättes doseringen genom uppsamling och vägning i fält av kalkgivan.

#### 5.3.5 Vattenanalyser

Vattnets pH-värde mättes i fält strax efter provtagning med hjälp av portabelt instrument med pH-elektrod anpassad för jonsvaga vatten med låg temperatur.

Vattenproven skickades därefter till analyslaboratorium för analys enligt nedan.

- 1        Uppströms prov: pH, alkalinitet, kalcium och vattenfärg.
- 2        Nedströmsprov samt prov på utgående vatten från kalkbrunnar.
  - a)     filtrerat prov: pH, alkalinitet, kalcium.
  - b)     ofiltrerat prov: kalcium.
- 3        Prover från utspädningsmätning: Litium

pH analyserades med pH-meter.

Vattenfärg bestämdes med hjälp av färgkomparator.

Alkalinitet analyserades med slutpunktstitrering (pH 5,4) i kvävgasström.

Kalcium och litium analyserades med atomabsorptionspektrofotometri.

Alla analyserna utfördes enligt svensk standard.

## 5.4 OMFATTNING OCH UTFÖRANDE FÖR ÖVRIGA FÄLTUNDER- SÖKNINGAR

### 5.4.1 Undersökningar av kalkutnyttjande

#### 5.4.1.1 Undersökta anläggningar

De anläggningar som undersökts beträffande kalkutnyttjande framgår av tabell 6.

Tabell 6 Övriga undersökningar av kalkutnyttjande

Anläggning	Plats	Undersökare
Mover	Piggaboda	Lunds Tekniska Högskola (LTH)
Hälleforskalkare	Gjerstad, Norge	Direktoratet för vilt- och fersk- vannsfisk (DVF)
Borlängealkare	Sandvadsån/ Brodalsbäcken	Fritidsfiskarna och SMHI.
Silolanläggning	Spikån/Kalvsjön Spikån/Kalvsjön	Naturvårdsverket Länsstyrelsen i Hallands län
Gnosjöalkare	Immelns tillflöde	Hydroconsult AB
Silolanläggning med vätningsdel	Fylleån	LTH
	Fylleån	EnerChem AB
	Torpaån, Lidhultsån och Krokån	Ljungby kommun Kattegattskolan
	Sänneån Vegårdshej, Norge	DVF
Slurrydoserare	Fylleån	LTH
	Fylleån	EnerChem AB
	Våråna, Norge	DVF



### 5.3.1.2 Undersökningsmetodik

Undersökningarna har i de flesta fall utförts på liknande sätt som Scandia-consults undersökning. Förekommande skillnader framgår av nedanstående metodbeskrivningar. Här skall dock nämnas några viktiga skillnader. Analyserna av kalciumhalt är, i alla undersökningar utom naturvårdsverkets, utförda på ofilterade prover varför kalkutnyttjandet avser både löst och suspenderad kalk. Vidare har ingen korrektion för de felkällor som nämnts i avsnitt 5.2.2 utförts, varför en del av de redovisade värdena kan vara för höga.

#### **Undersökningar utförda av Lunds Tekniska Högskola**

I ett kompendium från ett seminarium om kalkning av rinnande vatten i Alvesta, september 1983 (1) har Lunds Tekniska Högskola redogjort för några undersökningar av kalkutnyttjande för Mover-kalkbrunnen i Piggaboda, siloanläggningen i Fylleån vid Ryaberg och slurrydoseraren i Fylleån vid Marbäck.

Kalkutnyttjandet för siloanläggningen i Ryaberg bestämdes genom en serie indirekta mätningar utförda under hösten 1982 och vintern 1983. Följande parametrar och mätmetoder (29) användes vid undersökningen:

- Vattenföringen bestämdes indirekt utgående från uppgifter från SMHI:s vattenföringsstation i Simlängen några km nedströms doseranläggningen, omräknade till vattenföringen i Ryaberg utgående från respektive avrinningsområdes storlek. Magasineringseffekten i mellanliggande sjöar antogs vara försumbar i sammanhanget.
- Kalkdoseringen bestämdes indirekt utgående från uppgifter på kalkleveranser till doseranläggningen.
- Vattnets kalciumhalt bestämdes genom provtagning och analys vid ett tjugotal tillfällen uppströms Ryaberg och i utloppet av den mellanliggande Gyltingesjön ca 3 km nedströms. Kalcium analyserades med hjälp av hårdhetstitrering. Analysnoggrannheten har angivits till  $\pm 0,1$  mg Ca/l. Resultatet av undersökningen åskådliggörs grafiskt i bilaga 2.

Movers kalkutnyttjande bestämdes genom mätning av vattenflöde genom brunnen, kalciumhalt i utgående vatten samt kalkbäddens viktminskning.

Inom Fylleåprojektet sker provtagning en gång i veckan på ett antal platser längs Fylleån. Proven analyseras på LTH:s laboratorium med avseende på bl a kalciumhalt. Kalciumanalysen sker genom hårdhetstitrering. Kalkutnyttjandet för slurrydoseraren i Marbäck (se bilaga 2) bestämdes genom att mäta skillnaden i kalciumhalt i Fylleån före och efter dosering och genom att med anläggningens flödesmätare mäta den aktuella vattenföringen. Anläggningen var vid undersökningen inställd på konstant dosering.

### **Ljungby kommuns undersökningar**

I Ljungby kommun sker uppföljning av kalkningsresultatet vid fyra torrdoseringsanläggningar. En gång i månaden tas vattenprov uppströms och omkring 1 km nedströms doserarna. Kalciumhalten i proven analyseras med hjälp av hårdhetstitrering (analysnoggrannhet ca  $\pm 0,5$  mg Ca/l). Samtidigt med provtagningen avläses den aktuella kalkdosen på anläggningarnas indikerande instrument. Vidare bestäms vattenföringen vid doserarna med hjälp av pegel och avbördningskurva.

Uppgifter på vattenkvalitet, vattenföring och kalkdosering enligt ovan har inrapporterats till Scandiaconsult för sammanställning och beräkning av kalkutnyttjande.

Resultatet redovisas i bilaga 3.

### **Undersökningar av siloanläggning utförd av Statens naturvårdsverk**

Statens naturvårdsverk undersökte i mars och april 1983 kalkutnyttjandet vid kalkning av Kalvsjöns tillflöde vid Kärnebygd med torrdosere (21).

Doseringen hölls konstant i två dygn varefter vattenprov togs uppströms och strax nedströms silon samt i Kalvsjöns utlopp. Proven filtrerades i fält och kalcium analyserades med hjälp av atomabsorptionsspektrofotometri.

### **Undersökning av siloanläggning utförd av Länsstyrelsen i Hallands län**

Länsstyrelsen har genom kalciumanalys av bottenprover från Spikån och Kalvsjön bestämt den mängd kalk som sedimenterat under den tid som siloanläggningen i Kärnebygd varit i drift (35).

Genom att jämföra den sedimenterade mängden kalk med den doserade har det procentuella kalkutnyttjandet beräknats.

### **Undersökningar utförda av norska Direktoratet för vilt- och ferskvannsfisk (DVF)**

I en rapport från DVF till Scandiaconsult redogörs för undersökningar av kalkutnyttjande för en Hälleforskalkare, en siloanläggning med vätningsdel och en slurryanläggning i Norge som utförts inom ramen för det s.k Kalkningsprojektet. Undersökningsmetodikerna framgår av avsnitt 5.5.

### **Undersökning av Borlängekekalkare utförd av Fritidsfiskarna och SMHI**

Borlängekekalkaren i Sandvadsån (Brodalsbäcken) undersöktes vid fem tillfällen under perioden oktober 1983 - januari 1984. Provtagning och vattenföringsmätning utfördes av Fritidsfiskarna. Vattenföringen bestämdes med hjälp av pegel och avbörningskurva. Vattenanalys utfördes av SMHI. Kalcium analyserades med hjälp av hårdhetstitering (31).

Resultatet redovisas i bilaga 4.

### **Undersökningar utförda av EnerChem AB**

Kalkutnyttjandet för siloanläggningen i Ryaberg och slurryanläggningen i Marbäck undersöktes i december 1983 och i mars 1984. Vattenföringen bestämdes med hjälp av utspädningsmätning. Vattnets kalciumhalt analyserades med hjälp av hårdhetstitering.

Resultatet redovisas i bilaga 5.

### **Undersökning av Gnosjökalkare utförd av Hydroconsult**

På uppdrag av Miljöförbättring AB har Hydroconsult AB undersökt kalkutnyttjandet för Gnosjökalkaren i sjön Immeln huvudtillflöde. Undersökningen utfördes i maj 1984.

Vattenföringen bestämdes medelst flygelmätning. Vattenprov togs strax uppströms och 150 m nedströms anläggningen samt i blandningstankens utlopp. Kalcium analyserades med atomabsorptionsfotometri.

Resultatet redovisas i bilaga 6.

### **Undersökning av siloanläggning med vätningsdel utförd av elever vid Kattegattskolan**

Siloanläggningen från Boliden i Sänneån vid Karlstorp i Halmstads kommun undersöktes av gymnasieelever från Kattegattskolan. Undersökningen utfördes under mars och april 1984 som ett specialarbete i sista årskursen på gymnasiets kemitekniska gren (32).

Vattenföringsbestämning och vattenprovtagning utfördes strax uppströms anläggningen och ca 1 km nedströms. Vattenföringen mättes med hjälp av flygelmätning. Vattnets kalciumhalt och totalhårdhet bestämdes genom titrering med EDTA enligt svensk standard.

Beräkningen av kalkutnyttjandet har utförts och redovisats på flera olika sätt. Vi har här valt att redovisa de värden som beräknats utifrån vattenföringen vid provtagningsstationen nedströms samt skillnaden i totalhårdhet i vattnet uppströms och nedströms anläggningen (se bilaga 7).

#### **5.4.2 Driftuppföljning**

I de statsbidragstödda kalkningsprojekt som använder kalkdoseringsanläggningar sker någon form av driftuppföljning av anläggningarna. I de flesta fall rör det sig om ett fåtal mätningar per år av framför allt pH och alkalinitet nedströms och ibland även uppströms anläggningen.

Efter genomgång av Fiskeristyrelsens arkiv och rapporter som inkommit till Scandiaconsult efter kontakt med länsstyrelser, användare och entreprenörer har resultatet av dessa driftuppföljningar sammanställts och utvärderats. Min, max och medianvärden för pH och alkalinitet redovisas för de anläggningar från vilka det finns längre tidsserier med pH-värden och alkalinitet före och efter kalkning. Resultatet ger en allmän bild av hur kalkning av rinnande vatten fungerat i olika kalkningsprojekt.

#### 5.4.2.1 Undersökta anläggningar

Tabell 7 visar de anläggningar som tagits med i utvärderingen av kalkningsprojektens driftuppföljningar.

Tabell 7

Anläggning	Plats	Kommun
Tryssjöbrunn	Rosån	Gagnef
Tryssjöbrunn	Svansjöbäcken	Gagnef
Mover	Piggaboda	Alvesta
Cementringbrunn	Sundstorpsån	Kungsbacka
Tobybrunn	Salungens tillflöde	Arvika
	Salungens utlopp	Arvika
Kalkkista	Läens tillflöde	Lessebo
Hälleforskalkare	Silksbäcken	Hällefors
	Gäddbäcken	Hällefors
	Sävälven	Hällefors
	Marstrandsbäcken	Hällefors
	Sandsjöns tillflöde	Hällefors
Borlängealkare	Sandvadsån/Brodalsbäcken	Partille
	Saluån	Örnsköldsvik
Silolanläggning	Älvsred	Falkenberg
	Kärnebyggd	Falkenberg
Silolanläggning med vätningsdel	Lyckebyån	Emmaboda
	Torpaån	Ljungby
	Krokån	Ljungby
	Lidhultsån	Ljungby
	Fylleån	Halmstad
Slurrydoserare	Fylleån	Halmstad

## 5.5      UNDERSÖKNINGSRESULTAT

### 5.5.1    Kalkbrunnar

#### 5.5.1.1   Tryssjöbrunnen

Rosåns och Svansjöbäckens avrinningsområden består av skogs- och myrmarker, varför vattnet är relativt humöst. Vattenkvaliteten i Rosån är relativt god tack vare tidigare kalkning av ån och den uppströms liggande sjön Rosen. Svansjöbäcken är betydligt surare än Rosån och dessutom mer humös. Båda vattendragen är relativt lugnflytande och vegetationsrika nedströms kalkbrunnarna.

#### **Rosån**

##### Driftuppföljning:

Uppföljningen sköts av Kopparbergs läns fiskevattenägarförbund. Vattnets pH-värde efter kalkning varierade under perioden 1978 - 1984 mellan 5,6 och 7,6 med ett medianvärde på 6,3. Alkaliniteten varierade mellan 0,1 och 0,3 mekv/l, median 0,2 mekv/l. Före kalkning var pH och alkalinitet 5,6 - 6,4 respektive 0,1 - 0,2 mekv/l (17).

##### Undersökning av kalkutnyttjande

##### Scandiaconsult

Brunnen undersöktes vid tre tillfällen hösten 1983 och våren 1984.

##### 21 september 1983

Denna undersökning utfördes två veckor efter påfyllning. Brunnen var fylld till ungefär tre fjärdedelar och innehöll tre till fyra ton kalkstenscross. Vid detta tillfälle rådde högvattenföring tack vare hög nederbörd veckan närmast före undersökningen.

Vattenprov togs 50, 200 och 500 m nedströms brunnen, den sista provtagningsstationen, ca 50 m före åns utlopp i Tryssjön.

Vattenföringen uppmättes till 0,17 m<sup>3</sup>/s. Flödet genom brunnen uppmättes till 0,08 m<sup>3</sup>/s. Vattnets pH-värde ökade från 5,8 till 6,2.

Utgående vatten från kalkbrunnen tillfördes 5 g CaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup> varav 60% i upplöst form. Vid provtagningsstationen 500 m nedströms brunnen ökade kalkupplösningen (kalkutnyttjandet) till ca 70% av tillförd mängd kalk. Omkring 20% av den tillförda kalken förblev i suspenderad, partikulär form vid utloppet i Tryssjön. Totalt tillfördes Tryssjön således omkring 90% av den från kalkbrunnen tillförda kalken.

#### 14 oktober 1983

Vid denna undersökning rädde medelvattenföring 0,04 m<sup>3</sup>/s och prov togs 500 m nedströms kalkbrunnen. Brunnen innehöll endast några hundra kilo kalkstenskross. Omkring hälften av åns vatten leddes genom brunnen. (Vid detta tillfälle mättes ej kalkutnyttjandet). Vattnets pH-värde ökade från 6,0 till 6,3.

#### 9 maj 1984

Undersökningen utfördes vid snösmältning och relativt hög vattenföring.

Vattenprover togs vid två olika flöden genom kalkbrunnen. Provtagningsstationerna låg 200 och 500 m nedströms brunnen.

Brunnen fylldes 4 dygn före undersökningen och var nästan helt fylld med ca 6 ton kalkstenskross. Omblandningen i kalkbädden var till synes tämligen liten.

Det nypåfyllda kalkstenskrosset består till en del av mycket finkorniga partiklar som under några dygn efter påfyllning spolats ur brunnen. Den del av dessa kalkpartiklar som inte löses upp sedimenterar på åns botten närmast brunnen. Vid denna undersökning var botten täckt av ett tunnt lager kalkstensmjöl längs en sträcka av ungefär 50 m. Vid provtagningsstationerna fanns däremot ingen sedimenterad kalk.

Vattenföringen uppmättes till 0,07 m<sup>3</sup>/s. Vattnets pH-värde uppströms brunnen var omkring 6.

Den första provtagningsomgången utfördes vid ett flöde genom brunnen på ca 3,5 l/s, vilket motsvarar ca 5% av åns vattenföring. Utgående vatten var något grumligt av finkornig kalk och tillfördes 37 g CaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>, varav 40% i upplöst form. 200-500 meter längre ned i ån hade praktiskt taget all kalk löst sig. Värdet på pH var här 6,6.

Flödet genom brunnen ökades därefter till ca 6 l/s (ca 9% av Rosåns vatten). Prov på utgående vatten togs en halvtimme därefter och tre timmar senare togs vattenprov 200 m nedströms brunnen (flyttiden mellan brunn och provtagningsstation bestämdes med hjälp av Rhodamin till ungefär en timme).

Utgående vatten var denna gång mycket grumligt och innehöll en stor del finkornig kalksten. Kalkinnehållet ökade med hela 230 g CaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup> efter passage genom brunnen, varvid endast 7% förelåg i upplöst form. Nedströms brunnen var vattnets pH-värde 6,6. Den upplösta andelen av tillsatt kalk 200 m nedströms bestämdes till 16%. Vattnet innehöll ingen suspenderad kalk.

## **Svansjöbäcken**

### Driftuppföljning

Kalkningen av den starkt sura och humösa Svansjöbäcken har inte fungerat tillfredställande. Medianvärdet på pH före kalkning har mellan åren 1978 och 1984 varit 4,5. Nedanför brunnen varierade pH-värdet mellan 5 och 6, median 5,7. Alkalinitetens medianvärde var < 0,01 mekv/l uppströms och 0,08 mekv/l nedströms (17).

### Undersökning av kalkutnyttjande

#### Scandiaconsult

Brunnen i Svansjöbäcken undersöktes vid högvattenföring samtidigt som brunnen i Rosån.



21 september 1983

Ungefär en tiondel av vattnet i Svansjöbäcken leddes genom kalkbrunnen. Kalkupplösningen i brunnen uppmättes till 68 %. Utspädningen i bäcken var så stor att kalkningseffekten nedströms knappt blev mätbar. Vattendragets pH-värde ökade från 4,2 till 4,5, 200 m nedströms brunnen.

9 maj 1984

Brunnen var nästan helt fylld med kalk. Svansjöbäckens vattenföring var densamma som Rosån, dvs 0,07 m<sup>3</sup>/s. Vattenprov togs i brunnen och 250 m nedströms. Det vatten som leddes genom brunnen tillfördes ca 52 g CaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>. Kalkupplösningen i brunnen uppmättes till ca 20 %. Utgående vatten hade ett pH-värde på 6,7. Vid provtagningsstationen nedströms var pH-värdet 5,2. Uppströmsvärdet var 4,2.

#### 5.5.1.2 Mover

##### Driftuppföljning

Uppföljningen av brunnarna i Piggaboda sköts av personal från Vattenfalls fiskodling i Långhult. Vattnets pH-värde före och efter brunnarna mäts en gång i veckan. Mätningarna utförs för det mesta strax innan man fyller brunnarna med kalk. De värden som redovisats torde därför vara lägre än genomsnittsvärdet för tiden mellan påfyllningarna.

Brunnarna är enligt uppgift ofta lågbelastade, vilket tidvis resulterar i låg kalkningseffekt (låg vattenhastighet ger låg grad av fluidisering i kalkbädden). Undersökningar utförda en gång i veckan under perioden januari 1982 - maj 1984 visar att brunnarna i Piggaboda fungerar någorlunda tillfredsställande under vår, sommar och höst då pH-värdet i den kalkade delen av Tjurkens tillflöde steg från 5-6 till 5,6-6,6 (medianvärde: 6,0). Under vintern (december - mars), då vattnet är betydligt surare (pH 4-5) resulterade kalkningen emellertid endast i en ökning av pH-värdet till mellan 4,6 och 5,6 (18) (medianvärde: 5,3), vilket är otillfredsställande ur biologisk synpunkt.

En undersökning av anläggningen utförd av LTH vid olika flöden genom brunnarna (2) visar att den pH-höjande effekten är tämligen begränsad. Det utgående vattnets pH-värde varierade mellan 5,2 och 5,6. Högst pH-värde uppmättes vid lågt flöde.

#### Undersökning av kalkutnyttjande

##### LTH:s undersökning (1)

Kalkkornens medeldiameter i den kalkstenskross som används i brunnen anges till 4,5 mm. Vid fluidisering förs partiklar med mindre diameter än 2,5 mm ut ur brunnen. Denna "förlust" av olösta kalkkorn uppgår till ca 16 % av den totala kalkmängden i brunnen.

Kalkutnyttjandet för kalkbrunnen då vattenhastigheten genom brunnen var lika med minifluidiseringshastigheten uppges till totalt  $72 \pm 10$  %.

##### Scandiaconsults undersökning.

11 oktober 1983

Vattnet var starkt humöst (vattenfärg 120 mg Pt/l). Nedströms brunnarna är vattendraget relativt lungflytande ca 50 m före utloppet i Tjurken. På vattendragets botten observerades stora mängder sedimenterad kalkstenskross.

Vattenföringen var mycket låg och endast den mindre brunnen var i drift. Brunnen var fylld till hälften med omkring 1 ton kalkstenskross. Ingen omblandning i kalkbädden observerades vid detta tillfälle.

Vattenföringen uppmättes till 0,019 m<sup>3</sup>/s, varav ca 95% leddes genom brunnen. Det vatten som rann genom brunnen tillfördes 4,0 g CaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>. Kalkupplösningen i brunnen var 100 %. Vattnets pH-värde ökade från 5,6 till 5,8-6,0, alkaliniteten ökade från < 0,01 till ca 0,1 mekv/l.

7 april 1984

Denna undersökning utfördes vid snösmältning, två dygn efter senaste kalkpåfyllning.

Vattenföringen genom det utskov som brunnarna är anslutna till uppmättes till 0,14 m<sup>3</sup>/s, varav ca 93% gick genom brunnarna. Vattenföringen i dammens andra utskov beräknas till omkring 0,1 m<sup>3</sup>/s.

En tydlig omblandning i kalkbädden observerades. Efter passage genom kalkbrunnarna tillfördes vattnet 1,5 g CaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>, varav ca 70% i upplöst form. Ingen ytterligare kalkupplösning kunde påvisas nedströms brunnarna.

Vattnets pH-värde och alkalinitet ökade från 4,9 till 5,6 resp från < 0,01 till ca 0,04 mekv/l.

Brunnarna hade vid ovanstående mätningar ett högt kalkutnyttjande. Kalknings-effekten mätt som ökad alkalinitet och pH-värde, var däremot relativt begränsad. Detta beror möjligen på för låg vattenhastighet genom brunnarna och därav låg grad av fluidisering och kalkupplösning.

#### 5.5.1.3 Betongringsbrunnar

### **Sundstorpsån**

#### Driftkontroll

De nio kalkbrunnarna i Sundstorpsån var i drift under åren 1979, 1980 och 1981. Driftuppföljningen sköttes av Lygnerns och Sundsjöns fiskevårdsförening. Vattnets pH-värde mättes en gång i veckan på utgående vatten från brunnarna samt uppströms och nedströms (4).

Det vatten som leddes genom kalkbrunnarna alkaliserades tämligen effektivt och fick ett acceptabelt pH-värde (> 6 i de brunnar som ej utsatts för driftstörningar) under större delen av året. Brunnarna gav en gott kalkningsresultat vid låg

vattenföring, men lyckades inte att upprätthålla en acceptabel pH-nivå i vattendraget vid hög vattenföring. Detta gällde särskilt under senhösten och vintern (november 1979 - februari 1980) (4). Uppströms brunnarna låg pH-värdet mellan 4 och 5. Drygt 500 m nedströms brunnarna varierade pH-värdet mellan 4,3 och 7,2 med ett medianvärde för hela undersökningsperioden på 5,7. Enligt en IVL-rapport (3) och uppgifter från fiskevårdsföreningen sjönk pH-värdet i kalkat å-vatten under 5,5 då vattenföringen översteg ca 0,5 m<sup>3</sup>/s. Högst 20-30 % av Sundstorpsåns vatten leddes då genom brunnarna.

## Faxsjön

### Undersökning av kalkutnyttjande

#### Scandiaconsult

Betongringskalkbrunnen i ett av Faxsjöns tillföde i Svenljunga kommun undersöktes i oktober 1983 och i april 1984. Vattendraget är en liten bäck, med en medelvattenföring på ca 6 l/s (0,006 m<sup>3</sup>/s) och kalkbrunnen är placerad omkring 25 m uppströms utloppet i Faxsjön. Bäckens botten nedströms brunnen var täckt av relativt stora mängder sedimenterat kalkstensmjöl vid båda undersökningstillfällena.

#### 5 oktober 1983

Vid denna undersökning var brunnen fylld till hälften av kalkstensmjöl (fraktion 0-0,5 mm). Vattenföringen uppmättes till 3 l/s vilket kan betraktas som låg vattenföring. Allt vatten i bäcken leddes genom brunnen.

Vattendraget tillfördes 14 g CaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>, varav ca 30% löstes upp i brunnen. Ingen ytterligare upplösning påvisades i den korta bäcksträckan mellan kalkbrunnen och Faxsjön. Den suspenderade andelen av den tillförda kalken i utgående vatten från kalkbrunnen, liksom i bäckens vatten strax före utloppet i Faxsjön, var ca 70%. All tillförd kalk nådde således sjön och ingen mätbar sedimentering konstaterades.

Vid undersökningen uppmättes en kraftig ökning av pH-värde och alkalinitet i bäcken. Strax före utloppet i sjön var pH-värdet 7,8 och alkaliniteten 0,25 mekv/l jämfört med 5,2 och < 0,01 mekv/l uppströms brunnen.

10 april 1984

Denna undersökning utfördes vid snösmältning. Brunnen fylldes med kalkstensmjöl fem dygn före undersökningen och var fylld till omkring hälften. Vattenföringen uppmättes till 9 l/s, vilket kan betraktas som förhållandevis hög vattenföring. Vattenprov togs vid två olika flöden genom brunnen samt då brunnen var avstängd enligt nedan.

Det första flödet genom brunnen var så lågt att det inte gick att mäta med tillräcklig noggrannhet för att räkna ut kalkutnyttjandet i bäcken. Kalkupplösningen i brunnen uppgick vid detta flöde till ca 7%.

Flödet genom brunnen ökades till ca 3 l/s, vilket motsvarar ca 30% av bäckens vattenföring. Prov i bäcken och på utgående vatten uttogs efter en knapp timme.

Vattnet tillfördes 5 g  $\text{CaCO}_3$  / $\text{m}^3$  vid passagen genom brunnen, vilket motsvarar 50 g/timme. Kalkupplösningen i brunnen uppgick till ca 20%. Före utloppet i bäcken löstes ytterligare ca 20%, vilket ger en total kalkupplösning på 40% av tillförd kalk. Om även den suspenderade andelen tas med i beräkningen tillfördes Faxsjön vid detta tillfälle all den i brunnen upplösta och urspolade kalken.

Uppströms brunnen var pH-värdet 4,9. Alkaliniteten i bäcken strax före sjön uppmättes vid undersökningarna till 0,25 0,12 respektive 0,02 mekv/l, pH-värdet till 7,8 6,7 resp 5,7.

#### 5.5.1.4 Tobybrunnen

Två Tobybrunnar i Salungen och Slobyn utanför Arvika har undersökts.

Brunnen i Salungen står i en bäck som utgör ett av sjön Salungens tillföden. Nedströms brunnen är bäckens vatten tämligen turbulent i ca 50 m. Därefter är bäcken lugnflytande.

Brunnen i Slobyn är placerad i den tidigare sjökalkade Salungens utlopp och behandlar ett vatten som redan är av relativt bra kvalitet.

### Salungens tillflöde

#### Driftuppföljning

Brunnens pH- och alkalinitetshöjande effekt undersöktes av IVL under våren och hösten 1982 (5).

Ökningen av pH och alkalinitet varierar med ingående vattenkvalitet och mängden kalk i brunnen. Full effekt uppnås först efter ca ett dygn efter påfyllning. Effekten avklingar relativt snabbt. En vecka efter kalkpåfyllning kan pH-värdet ha sjunkit med en enhet.

Brunnen fungerade tillfredsställande och höll bäckvattnets pH-värde över 6 då flödet genom brunnen uppgick till minst 15 - 25 % av bäckens vattenföring. Då mindre än 10 % av vattnet leddes genom brunnen, blev emellertid pH-värdet i bäcken nedströms brunnen bara 4,8 - 5,1.

#### Undersökning av kalkutnyttjande

##### Scandiaconsult

23 september 1983

Denna undersökning av brunnen i Salungen utfördes vid lågvattenföring och allt vatten leddes vid detta tillfälle genom brunnen. Det låga flödet medförde att kalkkornen i brunnen låg stilla och brunnen fungerade därför som ett kalkfilter.

Brunnen fylldes med kalkstenskross fyra timmar före provtagningen. Vid provtagningsstationerna 100 och 200 m nedströms brunnen var bäckens botten täckt av ett lager med kalk. Denna kalkbeläggning härrör från den finkorniga kalk som spolats ur brunnen vid tidigare påfyllningar.

Vattenföringen i bäcken och flödet genom brunnen uppmättes till 0,01 m<sup>3</sup>/s. Vattnet tillfördes 5,5 g CaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>, motsvarande 0,2 kg kalk/timme. Kalkupplösningen i brunnen uppgick till 50% av tillförd mängd kalk. Alkaliniteten i utgående vatten ökade från 0,03 till 0,10 mekv/l, pH-värdet från 5,9 till 6,7.

Bäckvattnets kalciumhalt nedströms kalkbrunnen var betydligt högre än kalciumhalten i brunns utlopp, vilket indikerar en kraftig påverkan från sedimenterad kalk eller från utströmmande grundvatten.

27 april 1984

Vid detta tillfälle utfördes mätningarna under en snösmältningsperiod och vattenföringen var relativt hög.

Brunnen togs i drift ett dygn före provtagningen och var fylld till ungefär hälften med kalkstenskross. Ingen sedimenterad kalk observerades den här gången vid provtagningsstationerna 100 och 200 m nedströms.

Vattenföringen uppmättes till 0,23 m<sup>3</sup>/s varav drygt 10 %, eller 0,03 m<sup>3</sup>/s leddes genom brunnen. En viss omblandning av kalken i brunnen observerades.

Kalkupplösningen i brunnen uppmättes till ca 40% och utgående vatten tillfördes 7,5 g CaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup> vid passagen genom kalkbädden. Nedströms brunnen gick ytterligare ca 40% av den tillförda kalken i lösning och kalkutnyttjandet blev 80% i upplöst form.

Efter denna provtagningsomgång fylldes brunnen med ytterligare 200 kg kalkstenskross. Vattenprov uttogs tre timmar därefter vid tre provtagningsstationer 100, 200 och 400 m nedströms, den sista stationen strax före det att bäcken rinner ut i ett kärrområde. Kalkupplösningen i brunnen blev denna gång ca 50% och vattnet genom brunnen tillfördes ca 9 g CaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>. Vid provtagningsstationerna nedströms brunnen ökade kalkupplösningen med ytterligare ca 40%, vilket ger ett totalt kalkutnyttjande på 90 % med avseende på upplöst kalk.

Det vatten som leddes genom brunnen hade efter passagen ett pH-värde på 6,4-6,6. Effekten nedströms i bäcken blev tämligen begränsad på grund av att endast 10 % av bäckens vatten letts genom brunnen. Bäckvattnets pH-värde ökade från 5,0 uppströms brunnen till 5,6 nedströms.

#### Vattenprover inskickade till Scandiaconsult

Utöver ovan beskrivna undersökningar har Stig Ahlberg utfört provtagning och vattenföringsbestämning vid tre tillfällen. Vattenproven insändes till Scandiaconsults laboratorium för analys.

Vattenföringen i bäcken vid provtagningstillfället bestämdes genom att mäta fyllnadshöjden i en vägtrumma nedströms brunnen och relatera denna till ett tidigare uppmätt samband mellan fyllnadshöjd och vattenföring. Flödet genom brunnen bestämdes genom mätning av vattnets överfallshöjd över brunnens trattkant och beräkning med hjälp av vedertagna hydrauliska formler för skarpkantat rakt mätöverfall.

Vattenprov från de två första provtagningarna uttogs ett respektive tre dygn efter det att brunnen fyllts med kalk och analyserades med avseende på pH, alkalinitet och totalcalcium. Den sista provtagningen utfördes tre dygn efter påfyllning och analyserades med avseende på ovanstående parametrar samt löst kalcium (efter filtrering i fält genom 0,8  $\mu$ m:s membranfilter).

Vid dessa tillfällen leddes ca 20 % av bäckens vatten genom brunnen. Bäcken tillfördes ca 1 g kalk/ $m^3$ . Vattnets pH-värde, 200 m nedströms brunnen, blev 6,1-6,8 jämfört med omkring 5 uppströms. Det högsta pH-värdet erhöles vid den provtagning som utfördes ett dygn efter påfyllning.

Vid beräkning av kalknyttjandet i bäcken erhöles värden på över 100 % vid samtliga tillfällen.

Kalkupplösningen i brunnen uppmättes vid den sista provtagning till ca 80 %.



**Salungens utlopp (Slobyn)**Driftuppföljning

I det vatten som leddes genom brunnen i den tidigare kalkade sjön Salungens utlopp, erhöles en kraftig ökning av pH-värde och alkalinitet trots det relativt höga pH-värdet i ingående vatten (median 6,4). Utgående vattens pH-värde varierade mellan 7,0 och 8,9 (median 7,6), alkaliniteten var omkring 0,2 mekv/l. Alkalinitet och pH-värde i vattendraget nedströms ökade dock relativt lite (median 0,2 mekv/l respektive 0,2 enheter). Endast en liten del, ca 10 %, av vattnet leddes genom brunnen (5).

Undersökning av kalkutnyttjandeScandiaconsult

Kalkutnyttjandet för denna brunn mättes samtidigt som kalkutnyttjandet för brunnen i Salungens tillflöde.

23 september 1983

Brunnen undersöktes 7 timmar efter påfyllning. Utgående vatten från brunnen tillfördes ca 6 g  $\text{CaCO}_3/\text{m}^3$ . kalkupplösningen i brunnen uppmättes till 64 %. Alkaliniteten ökade från 0,15 mekv/l uppströms brunnen till 0,26 mekv/l i utgående vatten. Vattnets pH-värde ökade från 6,6 till 6,9.

700 m nedströms i vattendraget var pH-värdet 6,7 och alkaliniteten 0,20 mekv/l.

27 april 1984

Vattenföringen uppskattades till ungefär 2  $\text{m}^3/\text{s}$ . Flödet genom brunnen beräknades till ca 0,04  $\text{m}^3/\text{s}$ . Kalkupplösningen i brunnen uppgick till ca 30 %. Utgående vatten tillfördes 4,5 g  $\text{CaCO}_3/\text{m}^3$ .

I Salungen uppströms brunnen var pH-värdet 6,1. Utgående vatten fick pH 6,5. I vattendraget nedströms brunnen uppmättes pH-värdet till 6,4.

Sammanfattningsvis visar undersökningarna att de undersökta Tobybrunnarna tillfört passerande vatten mellan 2 och 9 g kalk/m<sup>3</sup> räknat som CaCO<sub>3</sub>. Kalkupplösningen i bädden uppmättes till mellan 30 och 80 %.

Kalkutnyttjandet i tillflödet till Salungen visade sig vara svår att mäta och värden på långt över 100 % erhöles vid de undersökningstillfällena då brunnen varit i drift några veckor. Då brunnen var nystartad för säsongen uppmättes kalkutnyttjandet med avseende på löst kalk till 80 - 90 %.

Ovanstående indikerar att upplösningen av tidigare sedimenterad kalk är betydande. (Mätningar av vattenföringen på 10, 50 respektive 100 meters avstånd från brunnen, som alla gav värdet 0,23 m<sup>3</sup>/s tyder på att utströmmande grundvatten i bäcken sannolikt inte utgör någon betydande felkälla.)

Undersökningarna visar också att en hög kalkningseffekt (pH > 6, alkalinitet  $\geq$  0,1 mekv/l) uppnås i vattendraget då andelen åvatten som leds genom brunnen överstiger 20 % och pH-värdet före kalkning är omkring 5.

Brunnen i Salungens tillflöde är dock underdimensionerad och klarar därför inte att upprätthålla en bra vattenkvalitet vid högvattenföring (> 0,2 m<sup>3</sup>/s).

#### 5.5.1.5 Kalkkista

Fagerhultsån, där den studerade kalkkistan är placerad, är starkt humöst och har en medelvattenföring på ca 4 m<sup>3</sup>/s och en medelhögvattenföring på ca 10 m<sup>3</sup>/s (19).

Nedströms kalkkistan rinner ån med måttlig turbulens ungefär 200 m. Därefter flackar topografin ut och ån meandrar och rinner lugnflytande genom en sankmark före utloppet i sjön Läen. Åns botten är täckt av kalkstenskross ett hundratal meter nedströms kalkkistan.

#### Driftuppföljning

Miljö- och Hälsoskyddsförvaltningen i Lessebo sköter driftuppföljningen av

kalkkistan. Enligt mätningar utförda mellan 1981 och 1984 (19) förmår inte kalkkistan att ge Fagerhultsån ett acceptabelt pH-värde annat än under perioder med låg vattenföring, då allt vatten i vattendraget leds genom kistan. Vattnet i Ekeforsdammen uppströms kalkkistan hade ett pH-värde på 4,7-5,8. Nedströms kalkkistan varierade pH-värdet mellan 4,6 och 7,0 med ett medianvärde på 5,4. Den genomsnittliga pH-ökningen uppgick till 0,2 enheter. Under större delen av året låg pH-värdet efter kalkning på mellan 5,0 och 5,5 vilket är för lågt för att vara tillfredsställande ur biologisk synpunkt.

#### Undersökning av kalkutnyttjande

##### Scandiaconsult

10 oktober 1983

Vattenföringen var vid detta tillfälle mycket låg, 0,03 m<sup>3</sup>/s och allt vatten leddes genom kalkkistan. Omblandningen i kalkbädden var mycket liten, endast kalkkornen närmast dammluckorna var i rörelse. Vattnet ovanför kalkkistan hade ett pH-värde på 6,0. Ingen mätbar kalkupplösning eller ökning av vare sig kalkhalt, alkalinitet eller pH-värde konstaterades i utgående vatten.

200 m nedströms uppmätts däremot en högre kalkhalt och pH-värde i vattnet än i både Ekeforsdammen och kalkkistan, sannolikt beroende på utströmmande grundvatten (topografin indikerar att provtagningsstationen låg i ett utströmningsområde för grundvatten) eller eventuellt på upplösning av kalkstensavlagringar på åns botten.

6 april 1984

Denna undersökning utfördes vid högvattenföring, ett dygn efter påfyllning av ca 10 m<sup>3</sup> kalkstenscross.

Vattenföringen uppmättes till 1,6 m<sup>3</sup>/s, varav 0,14 m<sup>3</sup>/s leddes genom kistan. Vid detta tillfälle konstaterades en god omblandning i kalkbädden närmast inloppet.

Det vatten som leddes genom kalkkistan tillfördes totalt ca 6 g  $\text{CaCO}_3/\text{m}^3$ . Kalkupplösningen i kalkbädden uppgick till 74%. Ingen ytterligare kalkupplösning kunde påvisas i Fagerhultsån 200 m nedströms. Alkaliniteten i det vatten som leddes genom kalkkistan ökade från 0,02 till 0,14 mekv/l, pH värdet ökade från 5,6 till 6,6. Den stora utspädningen av kalkkistans vatten i Fagerhultsån medförde att alkalinitet och pH-värde 200 m nedströms endast ökade till 0,06 mekv/l resp 5,9.

## 5.5.2 Torrdoserare

### 5.5.2.1 Hälleforskalkare

Nedanstående undersökningar är utförda vid vattendrivna Hälleforskalkare. Som kalkningsmedel används kalkstensmjöl 0 - 0,2 mm.

#### **Driftuppföljning vid fem anläggningar i Hällefors:**

Uppföljningen utförs av Hällefors fiskevårdsförening. Provtagning sker tre gånger om året (mars, maj och september). Proven analyseras med avseende på pH, alkalinitet, konduktivitet, färg och totalhårdhet (20).

En sammanställning av pH- och alkalinitetsmätningar uppströms och nedströms fem anläggningar gav följande resultat:

Uppströmsprovernans pH-värden varierade mellan 4,6 och 6,9 med ett medianvärde på 5,6. Nedströms de undersökta anläggningarna varierade pH-värdet mellan 4,6 och 7,7 med ett medianvärde på 6,1 (de fåtal värden på < 5 som redovisats har troligen uppmätts vid driftstopp). Alkaliniteten nedströms anläggningarna varierade mellan < 0,01 och 0,6 mekv/l, med ett medianvärde på 0,1 mekv/l.

#### **Hälleforskalkare i Norge**

##### Undersökning av kalkutnyttjande

##### ----- Direktoratet for vilt- og ferskvannsfisk (DVF)

Under våren 1983 doserades kalkstensmjöl, fraktion 0 - 0,2 mm, med hjälp av en Hälleforskalkare i ett tillflöde till en sjö i Gjerstad i Norge. Genom provtagning

och vattenföringsmätning i sjöns utlopp, ca 200 m nedströms anläggningen, bestämdes det totala kalkutnyttjandet för perioden till 56% med avseende på löst kalk. Undersökningen visar också att en betydande upplösning skett av den kalk som sedimenterat på sjöns botten.

Under våren 1984 modifierades anläggningen så att doseringen blev proportionell mot vattenföringen. En mätdam med 120<sup>0</sup> V-format mätöverfall anlades uppströms doseranelläggningen. Från olika djup i mätdammen leds vattnet numera genom ett antal slangar med olika diameter ned i den vippskopa som styr kalkutmatningen. Inga mätdata har dock rapporterats efter denna modifiering.

## **Silksbäcken**

### Undersökningar av kalkutnyttjande

#### Scandiaconsult

Silksbäcken avvattnar den tidigare kalkade sjön Silken. Vattnet rinner nedströms kalkaren tämligen turbulent i ca 400 meter för att de sista 200 metrarna före sammanflödet med Nordtjärnsälven övergå till ett mer lugnflytande förlopp. Sedimenterat kalkstensmjöl täckte bäckens botten ca 200 meter nedströms brunnen.

Doserad mängd kalkstensmjöl per tidsenhet mättes genom uppsamling och vägning i fält av 7-10 kalkgivor samt genom mätning av tiden mellan varje kalkgiva före och efter provtagningen (övriga mätmetoder, se 5.3).

#### 22 september 1983

Vid detta tillfälle var vattenföringen i Silksbäcken relativt låg, 0,03 m<sup>3</sup>/s. Kalkdosen bestämdes till ca 10 kg/h, motsvarande ca 80 g/m<sup>3</sup>. Vid varje utmätning doserades ca 0,5 kg kalk till vattendraget.

Vattenprov togs vid två tillfällen, omkring 50 m nedanför kalkaren. Vattnets rinntid från doserpunkten till provpunkten uppmättes med hjälp av Rhodaminfärgning. Prov uttogs därefter strax efter det att ett kalkmoln passerat samt mitt emellan två doseringar. Vidare togs ett prov ca 200 m nedströms.

Silksbäckens vatten var av relativt bra kvalitet med en alkalinitet på 0,07 mekv/l och ett pH-värde på 5,7 före kalkdosering. Alkaliniteten ökade efter kalkdosering till 0,3-0,4 mekv/l och pH-värdet ökade till mellan 7,3 och 7,9. Kalkutnyttjandet 200 m nedströms kalkaren bestämdes till 14% i upplöst form och 1,5% i suspenderad form. Den relativt låga kalkupplösningen torde bero på en alltför hög dosering (80 g/m<sup>3</sup>).

26 april 1984

Denna undersökning utfördes vid snösmältning och högvattenföring.

Vattenprov togs i fyra omgångar vid tre olika doseringar (0,4 kg var 6:e, 2:a resp 4:e minut) samt vid avstängd dosering (för korrigerig av eventuella felkällor). Tiden mellan kalkutmatning och det att kalkmolnet helt passerat provtagningsstationerna 200 och 400 m nedströms bestämdes med hjälp av Rhodaminfärgning till 12 resp 25 min. Prov togs 35 resp 50 min efter ändrad eller avstängd dosering. Vattenföringen uppmättes till 0,54 m<sup>3</sup>/s. Alkalinitet och pH uppmättes före dosering till 0,07 mekv/l resp 6,1.

Först togs prov 50 m nedströms vid doseringen 2 g kalk/m<sup>3</sup>. Värdet på alkalinitet och pH var i det närmaste detsamma nedströms som uppströms doseraren, (0,06 mekv/l resp 6,2).

Därefter ökades utmatningsfrekvensen så att doseringen uppgick till ca 5 g/m<sup>3</sup>. Vattenprov uttogs 50, 200 och 400 m nedströms kalkaren. Alkaliniteten ökade till ca 0,1 mekv/l och pH-värdet till 6,8. Kalkutnyttjandet 200 - 400 m nedströms brunnen bestämdes till 10-20% beräknad som upplöst kalk och 5-20% som suspenderad kalk, dvs totalt 15-40% av doserad mängd (siffrorna gäller efter korrektion för felkällor).

Utmatningsfrekvensen sänktes igen så att doseringen motsvarade ca 3 g/m<sup>3</sup>. En liten sänkning av pH-värdet uppmättes, medan alkaliniteten förblev oförändrad. Kalkutnyttjandet var i samma storleksordning som vid förra doseringen.

Sammanfattningsvis visar undersökningarna att kalkningen av Silksbäcken gav ett relativt lågt kalkutnyttjande trots bäckens turbulenta förlopp, vilket borde kunna ge goda förutsättningar för ett högt kalkutnyttjande.

Vid undersökningen i september 1983 skedde en kraftig överdosering i Silksbäcken (80 g kalk/m<sup>3</sup>), resulterande i ett högt pH-värde (7,3-7,9). Detta var sannolikt en starkt bidragande orsak till det låga utnyttjandet (16 %).

## **Gäddbäcken**

### Undersökning av kalkutnyttjande

#### Scandiaconsult

Undersökningen i Gäddbäcken utfördes samtidigt som undersökningen i Silksbäcken. Gäckbäcken är starkt humös och rinner turbulent drygt 1 km före utloppet i Lövsjön. Inga tydliga kalkavlagringar konstaterades.

#### 22 september

Undersökningen utfördes vid lågvattenföring. Vattnets pH-värde var 5,0 ovanför doseraren och 6,1 - 6,2 100 m nedströms. Alkaliniteten var < 0,01 resp 0,1 mekv/l.

#### 26 april 1984

Vattenföringen uppmättes till 0,92 m<sup>3</sup>/s. Kalkdoseringen uppmättes till 0,25 kg/0,7 min, motsvarande ca 7 g CaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>. Alkaliniteten före dosering var < 0,01 mekv/l och pH-värdet 4,7.

Prov togs omkring 1 km nedströms doserpunkten. Kalkutnyttjandet bestämdes till ca 50 %, varav 20 % beräknat som upplöst kalk och 30 % som suspenderat kalk. Vattnets pH-värde ökade efter kalkning till 5,7.

### 5.5.2.2 Borlängekekalkaren

#### Saluån

##### Driftuppföljning

Saluån i Örnsköldsvik kalkas sedan april 1983 med hjälp av en manuellt styrd Borlängekekalkare med sex doserenheter. Som kalkningsmedel används kalkstensmjöl 0 - 0,2 mm. Ansvariga för projektet och driftuppföljningen är Skademarks fiskevårdsförening och Lions Club Husum.

Under perioden april - november 1983 varierade pH-värdet nedströms anläggningen mellan 4,9 och 7,5 med ett medianvärde på 6,3. Uppströms anläggningen varierade pH-värdet mellan 4 och 6 (median: 5). Alkaliniteten varierade under samma period mellan 0,02 och 0,6 mekv/l, median 0,2 mekv/l (33).

#### Sandvadsån/Brodalsbäcken

Den studerade anläggningen är av modell BK-3/500 utrustad med tre doserenheter (skivvibratorer) och doserade kalkstensmjöl 0-0,2 mm. Anläggningen är placerad vid utloppet av en av SMHI byggd mätdamm för vattenföringsbestämning.

Sandvadsån avvattnar ett moss- och myrområde och dess vatten är mycket surt (pH omkring 4) och tidvis starkt humöst. Vattnet i bäcken nedströms doseraren har ett relativt turbulent förlopp.

Enligt pH-mätningar utförda av Fritidsfiskarna (31) varierade pH-värdet uppströms anläggningen mellan 3,8 och 4,7 (median 4,2). Nedströms varierade pH-värdet när anläggningen var i drift, mellan 5 och 6,5 (median 5,9).

##### Undersökningar av kalknyttjande

##### Fritidsfiskarnas och SMHI:s undersökning

Vid fyra mättillfällen under oktober 1983 och januari 1984 beräknades det totala



kalkutnyttjandet 100 m nedströms anläggningen till mellan 70 och 110%, med ett medelvärde på 80% (31). Dessa värden är ej korrigerade för eventuella felkällor.

En mätning utförd i november 1983 visar att kalciumhalten 100 m nedströms doseraren varit ca 33 % högre än kalciumhalten uppströms då doseringen varit avstängd en längre tid. SMHI har också uppmätt en 40 %-ig ökning av vattenföringen inom en sträcka av 500 m nedanför doseraren (12), vilket kan vara ett tecken på en stor tillförsel av grundvatten nedströms doseraren.

Om bakgrundshalten för kalcium vid provtagningsstationen enl ovan antas vara 33% högre än halten uppströms doseraren blir kalkutnyttjandet mellan 20 och 44% med ett medelvärde på 32%.

#### Scandiaconsults undersökning 10 april 1983

Bäckens botten var vid undersökningstillfället täckt av ett lager med sederterat kalkstensmjöl flera hundra meter nedströms doseraren.

Undersökningen utfördes vid lågvattenföring som uppmättes till 9 l/s. Vattenprov togs ca 100 m nedströms doseraren vid tre tillfällen. Kalkdoseringens storlek bestämdes till 1,8 g/min genom insamling och vägning av ett antal kalkgivor. Detta motsvarar en kalkdos på ca 3 g  $\text{CaCO}_3/\text{m}^3$ .

Vattnets pH-värde ökade från 4,2 till 6,0. Vid beräkning av kalkutnyttjande erhöles värden på omkring 250%, vilket torde bero på störning från sederterad kalk eller utströmmande grundvatten. Om detta värde korrigeras med värdet på kalciumhalten vid avstängd dosering enl Fritidsfiskarna och SMHI blir kalkutnyttjandet istället  $140 \pm 40$  %.

#### **Tillflöde till Atervänningen, Timrå kommun**

##### Undersökning av kalkutnyttjande

##### Scandiaconsult

Anläggningen är av modell BK-9, med nio sekvensstyrda doserenheter och en kalksilo på 20 m<sup>3</sup>. Som kalkningsmedel används kalkstensmjöl 0-0,125 mm.

Nedströms anläggningen är än turbulent längs en sträcka på knappt 50 m för att sedan rinna ut i en hölja och övergå till ett övervägande lungflytande förlopp. Än rinner genom mossområden och är starkt humöst.

Vattenföringen uppmättes med utspädningsmätning till 0,28 m<sup>3</sup>/s, vilket bedöms vara något över medelvattenföring. Vattenprov togs 50, 200 och 500 m nedströms anläggningen vid dosering och omkring 2 timmar efter avstängd dosering (för korrektion av felkällor). Därefter minskades doseringen till hälften och vattenprov togs efter två dygn, 500 m nedströms anläggningen. Vattenföringen bestämdes denna gång teoretiskt till 0,29 m<sup>3</sup>/s efter mätning av fyllnadshöjd i vägtrummor strax uppströms anläggningen.

Kalkutnyttjandet vid dosen 26 g kalk/m<sup>3</sup> bestämdes vid provtagningsstationen 200 m nedströms till totalt 40 % (36 % i upplöst form), med korrektion för felkällor och till totalt 51 % (löst 50 %, susp. 1 %), 500 m nedströms, utan korrektion. Vattnets pH-värde steg från 5,2 uppströms anläggningen till 6,8 - 7,1 200 - 500 m nedströms. Vid den lägre dosen, 13 g/m<sup>3</sup>, erhöles utan korrektion för felkällor ett kalkutnyttjande på totalt 60 %.

### 5.5.2.3 Konventionell siloanläggning

#### Älvsred

Den sträcka av Högvadsån nedströms Älvsred där nedanstående undersökningar utförts är lugnflytande. Mellan provtagningsstationen vid Stommens bro (700 m nedströms) och Ålarps bro (1,7 km nedströms) tillkommer ett större tillflöde från nordväst liggande sjöar. Strax uppströms Ålarp rinner än genom två höljor. Vattnet är måttligt humöst.

#### Driftuppföljning

Inom Högvadsprojektet sker provtagning och analys av pH och alkalinitet på ett trettiotal platser inom Högvadsåns vattensystem. Nedanstående baseras på provtagningar strax uppströms och 1,7 km nedströms anläggningen i Älvsred utförda en eller två gånger i månaden under åren 1979 - 1983 (34).

Vattnets pH-värde uppströms anläggningen varierade mellan 4,9 och 6,8 med ett medianvärde på 5,9. Nedströms anläggningen var pH-värdet i allmänhet 0,3 enheter högre och varierade mellan 5,7 och 6,9 med ett medianvärde på 6,2. Alkaliniteten varierade uppströms anläggningen mellan < 0,01 och 0,06 mekv/l (median 0,03 mekv/l) och nedströms mellan 0,02 och 0,19 mekv/l (median 0,07 mekv/l).

### Undersökning av kalkutnyttjandet

Scandiaconsult

3 oktober 1983

Vid denna undersökning var silon i Älvsred avstängd sedan sex timmar tillbaka, varför kalkutnyttjandet inte kunde bestämmas. Vattenprov togs vid Ålarp, 1,7 km nedströms anläggningen.

Vattnets pH-värde och alkalinitet var här 6,6 respektive 0,23 mekv/l jämfört med 6,1 och 0,06 mekv/l ovanför silon. Effekten av den avstängda doseringen sex timmar tidigare hade alltså ännu inte slagit igenom vid denna provtagningsstation.

9 april 1984

Vattenföringen vid Älvsred beräknades av personalen vid Ödesgårdets kraftstation uppströms silon till ca 5 m<sup>3</sup>/s. Vid Ålarp uppmättes vattenföringen med hjälp av flygelmätning till 11,5 m<sup>3</sup>/s.

Vattenprov togs vid Stommens bro och Ålarps bro, 700 m respektive 1,7 km nedströms kalksilon. En första provserie togs vid 30 % dosering, motsvarande ca 4 g kalk/m<sup>3</sup> (gäller vid provtagningsstationen 700 m nedströms silon). Därefter stängdes doseringen av och en andra provserie togs efter tre timmar. Flyttiden till den första provtagningsstationen beräknas, utgående från flygelmätning av vattenhastigheten, till omkring en kvarts timme. Flyttiden till provtagningsstationen vid Ålarp, 1,7 km nedströms, torde vara minst 6 timmar på grund av magasineringseffekten i höljorna uppströms.

Kalkutnyttjandet 700 m nedströms beräknas till omkring 70 % (30 % upplöst, 40 % suspenderad) med korrektion för felkällor. Vattnets pH-värde ökade från 5,8 uppströms silon till 6,4 vid Stommens bro och 6,2 vid Ålarp.

### **Kärnebygd**

Silon i Kärnebygd kalkar en kort sträcka av Spikån mellan en kvarndamm och den nedströms liggande Kalvsjön. Vattnet i ån är klart (vattenfärg ca 10 mgPt/l) och rinner relativt turbulent före utloppet i sjön. Den årliga medelvattenföringen beräknas till ca 0,3 m<sup>3</sup>/s. Åns botten är nedströms anläggningen täckt av ett lager med kalkstensmjöl.

### Driftuppföljning

Enligt Högvadsprojektets driftuppföljning under 1983 (34) varierade pH-värdet uppströms anläggningen mellan 4,6 och 5,1 med ett medianvärde på 4,7. Alkaliniteten låg hela året på < 0,01 mekv/l. I Kalvsjöns utlopp varierade pH-värdet under samma tid mellan 5,3 och 7,0 med ett medianvärde på 6,4. Alkaliniteten varierade här mellan < 0,01 och 0,2 mekv/l, med ett medianvärde på 0,1 mekv/l.

### Undersökningar av kalkutnyttjande

#### Statens naturvårdsverks undersökning:

Vid den första undersökningen i mars 1983 erhöles ett kalkutnyttjandet strax nedströms siloanläggningen på totalt 95%, varav 24% i löst form. I Kalvsjön löstes ytterligare ca 17% av kalken upp och kalkutnyttjandet i sjöns utlopp blev totalt 41%. All kalk förelåg här i upplöst form.

I april 1983 uppmättes ett kalkutnyttjande i Kalvsjöns utlopp på 56%.

Länsstyrelsen i Hallands läns undersökning

Länsstyrelsen i Hallands län har genom sedimentanalys av bottenprover från Kalvsjön beräknat att högst 30% av den doserade kalken sedimenterat i sjön under hela den tid som siloanläggningen varit i drift. Detta innebär att det totala kalkutnyttjandet i Kalvsjön i genomsnitt uppgått till omkring 70% eller mer.

Scandiaconsults undersökning

Undersökningen av silon i Kärnebygd skedde samtidigt som mätningarna vid Älvsred.

3 oktober 1983

Vattenföringen i Spikån uppmättes vid denna undersökning till 0,42 m<sup>3</sup>/s. Doseringen bestämdes, med hjälp av silons indikerande instrument och den uppmätta vattenföringen till 13 g kalk/m<sup>3</sup>.

Kalkutnyttjandet, utan korrektion för felkällor, bestämdes till ca 40% (all kalk i upplöst form) strax före utloppet i Kalvsjön, ca 50 m nedströms silon. Vattnets pH-värde ökade från 5,6 till 6,9.

9 april 1984

Vid denna undersökning av kalksilon i Kärnebygd reglerades vattenföringen med hjälp av dammluckor i den uppströms liggande kvarndammen. Fem mätserier utfördes vid olika vattenföring och olika kalkdosering (inkl två mätningar vid avstängd dosering för korrigerig av felkällor).

Vattenföringen mättes med utspädningsmätning. Kalkdoseringen mättes genom uppsamling och vägning av doserad mängd kalk. Vattenprov togs ca 50 m nedströms silon. Nedan redovisade värden på kalkutnyttjande är korrigerade för felkällor.

Vattenföringen ökades en timme före undersökningen till 0,56 m<sup>3</sup>/s (dubbla medelvattenföringen). Vid kalkdosen 11 g/m<sup>3</sup> uppmättes ett kalkutnyttjande på

45 % med avseende på upplöst kalk och  $120 \pm 30$  % med avseende på suspenderad kalk. Vattnets pH-värde nedströms silon blev 6,4. Uppströms silon uppmättes pH-värdet till 4,6.

Vid vattenföringen 0,85 m<sup>3</sup>/s, vilken kan betecknas som högvattenföring, och kalkdosen 22 och 15 g/m<sup>3</sup> löstes 54 respektive 57 % av den tillsatta kalken. Den uppmätta mängden suspenderad kalk i vattendraget översteg mängden doserad kalk. Vattnets pH-värde blev 7,9 respektive 7,3 nedströms silon. Alkaliniteten i vattnet blev vid samtliga mätningar omkring 0,2 mekv/l.

OBS! Ovan redovisade värden för kalkutnyttjande med avseende på suspenderad kalk är osäkra på grund av ogynnsamma mätbetingelser och den slumpartade uppvirvlingen av kalk från botten som förekommer nedströms doseraren.

#### 5.5.2.4 Gnosjöalkare

##### **Ekhultån**

##### Undersökning av kalkutnyttjande

##### Scandiaconsult

Gnosjöalkaren i Ekhultån, Gnosjö kommun undersöktes i oktober 1983 och april 1984. Dessutom togs prover på utgående vatten från blandningstanken vid två tillfällen av Tore Sommehed, som också står för påfyllning och skötsel av anläggningen. Proven filtrerades i fält och skickades till Scandiaconsults vattenkemiska laboratorium för analys.

Anläggningen doserar finkornigt kalkstensmjöl, 0-0,125 mm och är placerad ca 200 m uppströms Götarpssjön. Ekhultån är här lugnflytande och relativt vegetationsrik.

Vid undersökningen mättes vattenföringen med hjälp av utspädningsmätning. Flödet genom blandningstanken beräknades med hjälp av hydrauliska formler. Kalkdoseringen mättes genom uppsamling och vägning av kalkgivan. Vattenprov för bestämning av kalkutnyttjande togs uppströms och nedströms (100 - 150 m) anläggningen samt på utgående vatten från blandningstanken.

5 oktober 1983

Vattenföringen uppmättes till 0,04 m<sup>3</sup>/s vilket kan betecknas som lågvattenföring. Kalkdoseringen uppmättes till ca 3 g/m<sup>3</sup> avatten.

Vattenkvaliteten i Ekhultån var vid detta tillfälle av relativt god kvalitet redan före kalkning (pH 6,2, alkalinitet 0,10 mekv/l), vilket ger relativt dåliga förutsättningar för kalkupplösning. Vid provtagningsstationen 100 m nedströms anläggningen var pH-värdet och alkaliniteten oförändrad jämfört med uppströmsvärdet.

Vattnet i blandningstanken hade en kalciumhalt på 26 mg Ca/l motsvarande 65 mg CaCO<sub>3</sub>/l, vilket enligt leverantören innebär att tanken var överbelastad med avseende på kalk jämfört med den halt på 30 mg CaCO<sub>3</sub>/l som tanken är dimensionerad för.

Uppehållstiden i blandningstanken beräknas till en knapp timme. Av den kalk som torrdoserats till blandningstanken och som förts ut i vattendraget genom utloppsriret förelåg 8 % i upplöst form. Kalkutnyttjandet i vattendraget, 100 m nedströms anläggningen, uppmättes till ca 40 %. All kalk förelåg i upplöst form.

10 april 1984

Denna undersökning utfördes vid snösmältning och högvattenföring. Mätningarna utfördes vid två olika doseringar samt vid avstängd dosering. Vattenföringen uppmättes till 0,56 m<sup>3</sup>/s. Uppehållstiden i blandningstanken beräknades till omkring 20 min.

Vid doseringen 1,2 g/m<sup>3</sup> ökade vattnets pH-värde från 4,9 uppströms anläggningen till 5,4 150 m nedströms (strax före utloppet i Götarpssjön). Även denna gång var blandningstanken överbelastad (92 mg CaCO<sub>3</sub>/l). Av den kalk som tillfördes än förelåg 5 % i upplöst form efter passage genom blandningstanken. Kalkutnyttjandet i än bestämdes, efter korrigering av felkällor, till 60 %, varav 40 % i upplöst form.

Doseringen ökades därefter till 4,6 g/m<sup>3</sup>. Vattnets pH-värde nedströms anläggningen ökade till 5,6. Ungefär 4 % av kalken i utgående vatten från blandningstanken förelåg i upplöst form. Kalkutnyttjandet i ån bestämdes, en timme efter ändrad dosering och efter korrigerig av felkällor, till totalt 25 %, 20 % förelåg i upplöst form. En anledning till att kalkutnyttjandet blev lägre denna gång kan vara att blandningstanken var kraftigt överbelastad (kalkhalt i tanken: 200 mg CaCO<sub>3</sub>/l).

#### Prover inskickade till Scandiaconsult den 7 juni 1984

Prov på utgående vatten från blandningstanken visar att ca 20 % av den torrdoserade kalken denna gång lösts upp i tanken. Kalkhalten i tanken var 42 mg CaCO<sub>3</sub>/l, vilket är något för högt. Uppehållstiden i tanken beräknas till ungefär en kvarts timme. Inkommande vatten hade ett pH-värde på 5,8, utgående vatten 7,7. I vattendraget nedströms anläggningen uppmättes ett pH-värde på 6,5.

#### **Ekeshultån**

##### Undersökning av kalkutnyttjande

##### Hydroconsult

Kalkutnyttjandet för Gnosjöalkaren i Ekeshultån (sjön Immelns tillflöde i Östra Göinge) undersöktes av Hydroconsult i maj 1984.

Vattenföringen uppmättes till 0,5 m<sup>3</sup>/s. Vattnets alkalinitet och pH-värde uppströms anläggningen uppmättes till 0,03 mekv/l resp 5,4. Nedströms anläggningen varierade alkaliniteten mellan 0,1 och 0,2 mekv/l och pH-värdet mellan 5,9 och 6,4.

Det totala kalkutnyttjandet i vattendraget bestämdes vid dosering av 2 -14 g kalk/m<sup>3</sup> till mellan 77 och 100 % (det högsta värdet uppmättes vid lägsta doseringen).

De i bilaga 4 redovisade värden för kalkupplösning i blandningstanken på 48 - 100 % är baserade på kalciumanalys av prover som filtrerats på laboratorium något eller några dygn efter provtagning. Dessa värden är därför sannolikt för höga



p g a att en del av den suspenderade kalken i provet troligen hunnit upplösas under tiden mellan provtagning och analys.

#### 5.5.2.5 Siloanläggningar med vätningsdel

##### **Lyckebyån**

###### Driftuppföljning

Siloanläggningen i Lyckebyån är placerad vid Kårahult i Emmaboda kommun. För driftuppföljningen ansvarar Miljö- och Hälsoskyddsförvaltningen i Emmaboda. Vattenprover tas på totalt nio platser längs ån. Under åren 1979 - 1982 togs prover varje månad. Under 1983 togs prover vid tre tillfällen (maj, augusti och november).

Under perioden maj 1979 - november 1983 varierade pH-värdet uppströms anläggningen mellan 4,7 och 6,0 med ett medianvärde på 5,5. Vid Åfors, 700 m nedströms anläggningen, var pH-värdet under samma period i allmänhet omkring 0,6 enheter högre och varierade mellan 5,4 och 7,0. Periodens medianvärde var 6,2.

##### **Vegårdshei, Norge**

###### Undersökning av kalkutnyttjande

###### DVF

En automatisk siloanläggning med vätningsdel från MOVAB doserar uppslammat kalkstensmjöl till en å på Vegårdshei i Norge. I maj 1983 uppmättes ett kalkutnyttjande på 50 %, med avseende på upplöst kalk vid en provtagningsstation 2 km nedströms anläggningen. Kalkdoseringen uppgick vid detta tillfälle till hela 92 g/m<sup>3</sup>, vilket var en kraftig överdosering.

##### **Torpaån, Lidhultsån och Krokån i Ljungby**

Nedan redovisas undersökningsresultat från fyra siloanläggningar placerade i Skärvö och Skäckarp vid Torpaån, Lidhult vid Lidhultsån samt Vrå vid Krokån i Ljungby kommun.

Torpaån vid Skäckarp samt Lidhultsån och Krokån kan karakteriseras som medelstora och lugnflytande åar. Vid anläggningen i Skärvö, en mil uppströms anläggningen i Skäckarp, är Torpaån en liten bäck med tämligen turbulent vatten. Vattnet vid Skärvö är, liksom vattnet i Lidhultsån och Krokån, starkt humöst (vattenfärg omkring 150 mg Pt/l) medan vattnet vid Skäckarp kan betraktas som måttligt humöst (90 mg Pt/l).

### Driftuppföljning

Driftuppföljningen vid fyra siloanläggningar i Ljungby sköts av kommunens gatukontor. Vattenprov tas sedan oktober 1983 en gång i månaden, ungefär en km nedströms resp anläggning. Proven analyseras med avseende på pH, alkalinitet, konduktivitet och totalhårdhet. Dessutom mäts pH-värdet i fält en gång i veckan. Samtidigt avläses den aktuella vattenföringen och kalkdoseringen. Det uppmätta pH-värdet används till att ställa in erforderlig kalkdos.

Under perioden oktober 1983 - maj 1984 varierade pH-värdet uppströms och nedströms resp anläggning enl nedan.

Skärvö	Uppströms: 3,6 - 6,9	median	4,0
(Kalkdos ca 30 g/m <sup>3</sup> )	Nedströms: 5,0 - 7,6	median	5,8
Skäckarp	Uppströms: 5,3 - 6,8	median	5,2
(Kalkdos ca 17 g/m <sup>3</sup> )	Nedströms: 5,6 - 7,0	median	6,5
Lidhult	Uppströms: 4,4 - 5,9	median	5,2
(Kalkdos ca 22 g/m <sup>3</sup> )	Nedströms: 5,1 - 7,0	median	6,0
Vrå	Uppströms: 4,0 - 6,5	median	5,3
(Kalkdos ca 22 g/m <sup>3</sup> )	Nedströms: 4,8 - 6,7	median	6,0

Alkaliniteten nedströms anläggningarna var normalt omkring 0,1 - 0,2 mekv/l.

### Undersökning av kalkutnyttjande

Uppgifter från Ljungby kommuns sammanställda och bearbetade av Scandia-  
consult

Sammanställningen av mätdata från Ljungby kommuns driftuppföljning gav

följande resultat (redovisade värden för kalkutnyttjandet baseras på 15 mätningar under perioden november 1983 - april 1984).

Totalt sett varierade kalkutnyttjandet vid de fyra siloanläggningarna mellan 12 och 53 %, med ett medelvärde på 34 %.

Siloonläggningarna i Lidhult och Skärvö hade det lägsta kalkutnyttjandet av de undersökta anläggningarna. Medelvärdet låg här på 24 resp 28 %. Kalkutnyttjandet vid Vrå och Skäckarp var högre; medelvärde 38 resp 48 %.

Ett visst samband råder mellan humushalt och kalkutnyttjande. Det högsta kalkutnyttjandet erhöles vid anläggningen i Skäckarp (44 - 51 %) som kallar Torpaån, vars vatten är betydligt mindre humöst än vattnet i övriga undersökta vattendrag. Denna anläggning gav även det högsta genomsnittliga pH-värdet i vattendraget. I övrigt kan dock inget entydigt samband mellan kalkutnyttjandet och övriga mätparametrar utläsas.

#### Scandiaconsults undersökning

6 oktober 1983

Vattenföringen mättes med hjälp av pegel och avbördningskurva. Doserad mängd kalk avlästes på anläggningarnas indikerande instrument. Vattenprov för bestämning av kalkutnyttjande togs 500 m nedströms respektive anläggning.

Vid silon i Skärvö doserades finkornig krita (0 - 0,015 mm). Torpaåns vatten var täckt av ett lager med krita härrörande från intrimningen av anläggningen. Vattenföringen bestämdes till 0,04 m<sup>3</sup>/s, vilket är ett relativt lågt värde. Doseringen av krita vara 17 g/m<sup>3</sup>. Vattnets pH-värde steg från 5,0 till 6,9 och alkaliniteten från < 0,01 till 0,8 mekv/l. Vid provtagningsstationen 500 m nedströms var bäckvattnets kalkinnehåll betydligt högre än vad som motsvaras av doseringen. All kalk förelåg i löst form. Orsaken till det höga kalkinnehållet torde vara upplösning av sedimenterad kalk eller eventuellt påverkan från kalkhaltigt grundvatten.

Silolanläggningen i Skäckarp doserade, liksom anläggningarna i Lidhult och Vrå, kalkstensmjöl 0 - 0,2 mm. Torpaån hade här en vattenföring på 0,78 m<sup>3</sup>/s vilket motsvarar ungefär halva medelvattenföringen. Vattnet hade ett högt pH-värde och hög alkalinitet redan före dosering, 7,0 respektive 0,28 mekv/l, vilket ger mycket dåliga förutsättningar för kalkupplösning. Dessutom var doseringen för högt inställd (24 g/m<sup>3</sup>). Kalkutnyttjandet blev som väntat mycket låg, endast 8 % (6 % som upplöst kalk).

Vattenföringen vid de silos som ligger vid Lidhultsån och Krokån var nära medelvattenföring och doseringen var inställd på 22 respektive 11 g kalk/m<sup>3</sup>. Åarnas pH-värde uppströms doserarna uppmättes till strax över 6 och ökade efter kalkning med 0,3 enheter till 6,7 respektive 6,5. Kalkutnyttjandet bestämdes till 40 respektive 45 %, varav 32 respektive 36 % i upplöst form.

### **Fylleån**

Silon är placerad vid Ryaberg och doserar kalkstensmjöl 0-0,2 mm till Fylleån, som nedströms silon har ett lugnflytande förlopp ca 1 km före utloppet i Gyltingesjön. Vattnet är tidvis starkt humöst. Färgvärdet varierar mellan 50 och 150 mg Pt/l.

### Driftuppföljning

Halmstads kommuns planeringskontor ansvarar för uppföljningen av Fylleåns kalkningsprojekt. Vattenprov för analys av färg, konduktivitet, pH, kalcium, alkalinitet och aluminium tas en gång i månaden.

Under 1982 och 1983 varierade pH-värdet uppströms Ryabergsanläggningen mellan 4,7 och 6,4 med ett medianvärde på 5,2. Nedströms anläggningen var pH-värdet i allmänhet drygt en enhet högre och varierade mellan 5,9 och 9,3 med ett medianvärde på 6,5. Alkaliniteten varierade nedströms anläggningen mellan 0,04 och 0,2 mekv/l, median: 0,1 mekv/l.

## Undersökningar av kalkutnyttjande

### LTH:s undersökning

Enligt LTH:s beräkningar varierade kalkutnyttjandet mellan 20 och 60 %, med ett medelvärde på omkring 40 %. Vattnets pH-värde under undersökningsperioden varierade strax uppströms och en km nedströms anläggningen mellan 4,7 och 6,9 resp mellan 6,1 och 9.

Redovisade värden för kalkutnyttjande är erhållna genom indirekta mätningar och skall därför betraktas som relativt grova uppskattningar, med en relativ mätnoggrannhet på omkring 25 - 50 % (vår bedömning), men är ändå i samma storleksordning som resultatet av andra undersökningar av torrdoserare där mer direkta mätmetoder använts.

### EnerChems undersökning

Kalkutnyttjandet för siloanläggningen i Ryaberg vid dosering av 16 g kalk/m<sup>3</sup> anges till 35 %, vattnets pH-värde före dosering uppmättes till 4,9.

### Scandiaconsults undersökning

#### 7 oktober 1983

Från SMHI erhöles uppgift på den aktuella vattenföringen i Simlängen några km nedströms Ryaberg. Vattenföringen vid anläggningen beräknades med hjälp av denna uppgift och uppgifter på avrinningsområdets storlek till ca 3 m<sup>3</sup>/s, vilket är omkring medelvattenföring. Kalkdoseringen under provtagningen bestämdes till 10 g/m<sup>3</sup>.

Före kalksilon var vattnets pH-värde och alkalinitet, 6,0 respektive 0,05 mekv/l. Strax före utloppet i Gyltingesjön var motsvarande värden 6,6 respektive 0,08 mekv/l. Kalkutnyttjandet bestämdes här till totalt ca 40 %, ca 30 % förelåg i upplöst form.

11 april 1984

Denna gång bestämdes vattenföringen i Fylleån med hjälp av pegel och avbördningskurva till 3,1 m<sup>3</sup>/s. Vattenprov togs 200 m och 1 km nedströms anläggningen vid dosen 13 g kalk/m<sup>3</sup> och sex timmar efter avstängd dosering.

Kalkutnyttjandet 1 km nedströms anläggningen bestämdes efter korrigerig av felkällor till 17 %, varav praktiskt taget all kalk förelåg i löst form. Vattnets pH-värde uppmättes till 5,3 uppströms anläggningen och 6,3-6,7 nedströms.

### **Sänneån**

#### Undersökningar av kalkutnyttjande

##### Undersökning utförd av elever vid Kattegattskolan

Det totala kalkutnyttjandet för siloanläggningen vid Sänneån i Karlstorp, Halmstads kommun, bestämdes till mellan 29 och 54 %, med ett medelvärde på 46 %.

Mätningarna utfördes vid låg- och medelvattenföring. Kalkdosen varierade under undersökningen mellan 13 och 37 g/m<sup>3</sup>. Vattnets pH-värde uppströms anläggningen varierade under undersökningsperioden mellan 5,0 och 5,6, nedströmsvärdet varierade mellan 6,5 och 8,2.

##### Scandiaconsults undersökning

11 april 1984

Vattenföringen bestämdes med hjälp av pegel och avbördningskurva till 0,58 m<sup>3</sup>/s, vilket kan betraktas som lågvattenföring. Silon doserade 14 g kalstenskämjöl (0-0,2 mm) per m<sup>3</sup> åvatten.

Kalkutnyttjandet bestämdes 500 m nedströms anläggningen till ca 20 %, varav all kalk i upplöst form. Vattnets pH-värde var 5,1 uppströms anläggningen och 6,4 nedströms.

### 5.5.3 Slurrydoserare

#### **Våråna, Norge**

##### DVF

Försök med en norskbyggd slurryanläggning för dosering av våtmalt kalkstensmjöl har prövats i Våråna i Vest-Agder. Anläggningen doserade en kalkslurry där 90 % av partiklarna var < 5  $\mu\text{m}$  och 50 % < 2  $\mu\text{m}$ . Kalkslurryn var alltså finkornigare än den som hittills använts i Sverige. Enligt uppgift per telefon från kalkningsprojektets projektledare uppmättes ett kalkutnyttjande på nära 100 %.

#### **Fylleån**

##### Undersökningar av kalkutnyttjande

##### LTH:s undersökning

Kalkutnyttjandet för slurrydoseraren i Marbäck undersöktes vid fem tillfällen i april 1983. Vid undersökningen erhöles värden på 95 - 105 %. Vattnets pH-värde varierade under undersökningarna mellan 6,0 och 6,3 uppströms anläggningen och mellan 7,0 och 7,2 nedströms (i Skedala). Anläggningen doserade 4 - 4,5 g kalk/ $\text{m}^3$ .

Enligt uppgifter från LTH är bakgrundshalten för kalcium i Fylleån nedströms anläggningen (uppmätt i Tolarp då doseringen vid Marbäck varit avstängd) i allmänhet omkring 0,1 - 0,2 mg/l högre än bakgrundshalten strax uppströms Marbäck. Om redovisade värden på kalkutnyttjande korrigeras för denna halt erhålls värden på 80 - 100 %.

##### EnerChems undersökning

Kalkutnyttjandet bestämdes den 13 mars 1984 till totalt 100 %. Anläggningen doserade vid tillfället 1,5 g kalk/ $\text{m}^3$ . Vattnet uppströms anläggningen hade ett pH-värde på 6,0.

Med motsvarande korrigerings som ovan blir kalkutnyttjandet omkring 70 eller 80 %.

### Scandiaconsults undersökning

Vid det första besöket i Marbäck den 7 oktober 1983 var slurryanläggningen ur funktion på grund av att doseringspumparna var igensatta av klumpar i krit-suspensionen. Inga mätningar utfördes vid detta tillfälle.

Vid undersökningen den 11 april 1984 togs vattenprover uppströms anläggningen samt 1 och 3 km nedströms. Vattenföringen vid doserpunkten bestämdes med hjälp av pegel och avbördningskurva till 10 m<sup>3</sup>/s. Doseringen avlästes på anläggningens indikerande instrument till 120 kg/h, motsvarande ca 3 g krita(kalk)/m<sup>3</sup>.

Kalkutnyttjandet bestämdes med korrektion för felkällor, till 130  $\pm$  40 % (all kalk i upplöst form). Vattnets pH-värde ökade från 6,3 till 6,8, alkaliniteten från 0,03 till 0,13 mekv/l.

### **Sjön Fjällens tillflöde**

Slurryanläggningen i Hylte kommun är placerad vid den södra grenen av huvudtillflödet till sjön Fjällen. En halv km nedströms anläggningen och ca 300 m uppströms Fjällen ansluter åns östra gren. Vattenprov för analys av pH och kalciumhalt togs av Scandiaconsult den 11 april 1984.

Doseringen var inställd på 7 g krita/s, vilket är en medveten överdosering i syfte att ge effekt så långt ned i vattensystemet som möjligt.

Vattenprov togs ca 500 m nedströms anläggningen, för sammanflödet av de båda grenarna och ca 100 m uppströms utflödet i Fjällen, strax före där ån rinner ut i ett sankt vassbevuxet område. Före grenarnas sammanflöde rann ån relativt turbulent och vattnet var starkt grumligt av suspenderad kalk. Efter sammanflödet var vattnet klart, utan tydliga spår av suspenderad kalk och ån hade här ett lugnflytande förlopp.

Vattnets pH-värde uppmättes före sammanflödet till 8,0 och strax innan sjön till 7,1. Uppströms anläggningen var pH-värdet 5,5. Kalciumhalten var vid provtagningsstationerna nedströms anläggningen 18 respektive 9 g Ca/m<sup>3</sup> högre än uppströmshalten, både i filtrerade och ofiltrerade prover.



#### 5.5.4 Sammanfattning av undersökningsresultatet

Bilaga 8 visar en sammanställning av de resultat beträffande kalkutnyttjande som erhållits i refererade undersökningar. Nedan lämnas några kommentarer till undersökningsresultatet.

##### Kalkbrunnar

Kalkutnyttjandet för kalkbrunnar uttrycks bäst som graden av kalkupplösning i brunnen, d v s andelen löst kalk av den kalk som tillförs det vatten som passerar genom kalkbädden. Den fortsatta upplösningen i vattendraget nedströms kalkbrunnen beror framförallt på brunnens placering och vattendragets karaktär och inte på brunnskonstruktionen.

Hur mycket kalk som löses i brunnen bestäms av en rad faktorer av vilka kalksort, vattenhastighet, pH-värde samt humushalt är de viktigaste. Dessa faktorer skiftar dock starkt från plats till plats och från tid till annan, vilket försvårar en rättvis jämförelse mellan de olika anläggningarna. För att få helt jämförbara undersökningsresultat bör olika brunnskonstruktioner testas i laboratorium eller parallellt i samma vattendrag under kontrollerade betingelser.

Undersökningen visar att kalkbrunnar under optimala förhållanden kan drivas så att ett högt kalkutnyttjande erhålls. Däremot är den pH-höjande effekten för det mesta tämligen liten ( $\lesssim$  1 enhets ökning) och det är ofta svårt att uppnå ett acceptabelt pH-värde i vattendraget. Detta gäller speciellt då vattnet är extremt surt ( $< 4,5$ ) eller vid högvattenföring. Ingen av de studerade brunnarna har gett godtagbar effekt då pH-värdet varit lägre än 5.

En viktig förutsättning för att en kalkbrunn skall kunna ge ett högt kalkutnyttjande är att kalkkornen är tillräckligt stora för att inte spolras ur brunnen alltför snabbt. I cementringbrunnen i Faxsjön används en finmalt kalkstensmjöl i fraktion 0 - 0,5 mm. Den låga kornstorleken gör att kornen relativt snabbt spolras ur brunnen, varför brunnen fungerar som en torrdoserare. Brunnen blir därför tämligen ineffektiv med ett lågt kalkutnyttjande p g a den korta uppehållstiden i brunnen, vilken medför att kalken inte hinner lösas upp i någon nämnvärd omfattning innan den når vattendraget.

Även den kalksort (0 - 3 mm) som används i de undersökta Tryssjöbrunnarna innehåller en relativt stor andel fina partiklar. Under tiden närmast efter påfyllning fungerade de studerade Tryssjöbrunnarna därför delvis som torr-doserare. Stora mängder fina partiklar tvättas ur kalkbädden och ett välbuffrat utgående vatten med ett högt pH-värde (alkalinitet 0,4 mekv/l, pH omkring 7) erhålls. Kalkutnyttjandet blir däremot lågt p g a att endast en liten del av kalken hinner lösas upp i brunnen (kalkupplösningen uppmättes till 7, 24 och 40 %). När de finaste partiklarna tvättats ur kalkbädden ökar kalkutnyttjandet till 60 - 70 %, medan den pH-höjande effekten blir lägre än tidigare.

Driftuppföljningen utförd under vår, sommar och höst 1978-1984 visar att Tryssjöbrunnen fungerar bra i måttligt humöst vatten med relativt högt pH-värde (ca 6). I starkt humöst vatten med lågt pH-värde (4-5) har brunnen däremot för låg kapacitet för att höja pH-värdet i tillräcklig omfattning och pH-värdet i kalkat vatten når här sällan över 5,5 (17). Det dåliga resultatet torde bero på att en alltför ringa del,  $\leq 10$  % av bäckens vatten leddes genom brunnen. Analysen av utgående vatten tyder på att praktiskt taget allt vatten i den sura Svansjöbäcken skulle behöva ledas genom brunnen för att uppnå god effekt.

Första mätningen av kalkutnyttjandet för Mover-anläggningen gav ett värde på 100 %. Detta höga kalkutnyttjande kan till stor del tillskrivas den låga vattenförlust som rådde vid mättillfället. Brunnen fungerade då som ett kalkfilter. Vid övriga mätningar, som utförts vid högre vattenhastighet, låg kalkutnyttjandet i nivå med andra fluidiserande kalkbrunnar. Acceptabelt pH-värde i vattendraget (>6) uppnåddes då pH-värdet uppströms var högre än 5,5.

Det högsta värdet för Tobybrunnarnas kalkupplösning som redovisats i bilaga 8 (81 %) är baserat på en provtagning som utfördes tre dygn efter påfyllning. Övriga värden (33 - 64 %) baseras på vattenprover tagna 3 - 24 timmar efter påfyllning. På samma sätt som för Tryssjöbrunnen gäller här att dessa lägre värden sannolikt beror på urtvättning av fina kalkpartiklar som ännu inte hunnit lösas upp i brunnen. Acceptabelt pH-värde i utgående vatten och i vattendraget erhålls då pH-värdet var högre än 5,0 och minst 20 % av vattendragets vatten leddes genom brunnen.

Sammanfattningsvis var kalkupplösningen i kalkbädden, i de fall där kalkbädden fluidiserar enligt principen för kalkbrunnar som beskrivits i avsnitt 2.1.1, omkring 70 - 80 % för de studerade kalkbrunnarna.

Undersökningen visar också att det är mycket viktigt att kalka så stor del av vattendraget som möjligt. Rapporterade undersökningsresultat från uppföljningen av kalkbrunnsanläggningar indikerar att 20 - 30 % eller mer av vattendragets vatten måste behandlas för att nå ett pH-värde över 6,0 (4, 5).

Med undantag för cementringbrunnen i Faxsjön, som hade lägsta upplösningseffekten, kan inga avgörande skillnader beträffande kalkutnyttjande konstaterats mellan de studerade kalkbrunnarna.

#### 5.5.4.2. Torrdoserare

Kalkningens effekt i vattendraget bestäms till största delen av anläggningens placering, kalksort, vattnets aggressivitet och vattendragets karaktär och inte så mycket på vilken typ av doserare som använts. Torrdoserarna behandlas i detta avsnitt därför som en enhetlig grupp.

Enligt tillgängliga data från driftuppföljningarna fungerar undersökta anläggningar tillfredsställande och ger vattendragen ett pH-värde på drygt 6 och en alkalinitet på 0,1 mekv/l under större delen av året. Under gynnsamma förhållanden uppnås ett pH-värde på 7 - 7,5.

De flesta anläggningarna har doserat kalk till lugnflytande vattendrag och kalkutnyttjandet har varierat mellan 8 och 100 %, med ett medelvärde på 50 %, om man både räknar med den lösta och den suspenderade andelen av den doserade kalken. Motsvarande siffror för enbart den lösta andelen kalk är 6 - 100 %, medelvärde 37 %.

De värden på kalkutnyttjande som listats i bilaga 8 är dock inte helt jämförbara med varandra eftersom delvis olika mätmetoder använts i de olika undersökningarna. Dessutom är endast en tredjedel av siffrorna korrigerade för påverkan från sediment och grundvatten. Om enbart de värden som korrigerats

för dessa felkällor tas med i beräkningen varierade det totala kalkutnyttjandet mellan 20 och 100 %, medelvärde ca 60 %. Kalkutnyttjandet med avseende på löst kalk varierade mellan 15 och 60 %, medelvärde 35 %.

Någon skillnad mellan direktdosering och dosering av uppslammat kalk kan inte utläsas ur undersökningsresultatet, varken beträffande uppnått pH-värde i vattendraget eller beträffande kalkutnyttjande.

Hur mycket av kalken som utnyttjas i vattendraget beror på ett samspel av många olika faktorer. Förutsättningarna för kalkutnyttjande i vattendraget skiftar från vattendrag till vattendrag och från en tid till en annan. Det finns därför inte något entydigt generellt samband mellan kalkutnyttjande och någon enskild mätparameter. En viss tendens till högre kalkutnyttjande med avseende på löst kalk vid lågt pH-värde och låg humushalt kan dock utläsas ur siffermaterialet.

Erforderlig kalkdos för att uppnå ett pH-värde på 6,5 eller högre har varierat mellan 3 och 50 g/m<sup>3</sup> beroende på pH-värde och humushalt. I genomsnitt fördelar sig kalkdosens storlek vid olika utgångs-pH och humushalt < 100 mg Pt/l enligt nedan (vid högre humushalt åtgår mer kalk).

pH	Kalkdos g/m <sup>3</sup>
4,5-4,9	20
5,0-5,9	15
≥ 6,0	10

#### 5.5.4.3 Slurrydosering

Hittills utförda undersökningar av kalkutnyttjande vid dosering av mycket finkornig kalksten, framförallt kritslurry, 0 - 0,015 mm, har alla visat värden på 90 - 100 %. Det har varit möjligt att uppnå detta höga kalkutnyttjande trots relativt högt utgångs-pH-värde i vattnet och trots att man doserat i lugnflytande vatten.

## 6 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

### 6.1 KALKBRUNNAR

Kalkbrunnar lämpar sig för kalkning av små och medelstora vattendrag med små fluktuationer i vattenföring. Vattnet får dock inte vara alltför surt. Drift-uppföljningen har visat att kalkbrunnar inte bör användas i vattendrag vars pH-värde är lägre än 5 - 5,5.

Avgörande för resultatet är hur stor del av vattendragets vatten som kan ledas genom brunnarna. Undersökningar har visat att kalkbrunnsanläggningar bör dimensioneras för behandling av minst 30 % av vattnet vid högvattenföring (gäller vid  $\text{pH} \geq 5$ ).

- En enskild brunn har dock en begränsad möjlighet att dosera kalk i proportion till vattendragets vattenföring, speciellt vid stora vattenföringsvariationer. Genom att använda två eller fler kalkbrunnar som successivt kopplas in vid ökande vattenföring kan emellertid en relativt god vattenföringsproportionalitet uppnås.

Fördelen med en kalkbrunn är att den inte är beroende av el och att den under optimala driftbetingelser kan ge ett högt kalkutnyttjande med ett årsmedelvärde på omkring 70 - 90 % i vattendraget. För att uppnå detta bör emellertid inte finare fraktioner än kalkstenskross 0 - 3 mm användas.

Till fördelarna hör också att det inte är nödvändigt med en lång inblandningssträcka eller stark turbulens vid och nedströms doserpunkten, då kalken vid optimala driftbetingelser till största delen löses upp redan i brunnen. Kravet är dock att en nivåskillnad på minst 1 - 2 m mellan vattenytorna vid vattenintag och kalkbrunn kan åstadkommas.

Till nackdelarna hör, förutom den begränsade flödesproportionaliteten och att de inte klarar mycket sura vatten, att kalkbrunnsanläggningar kan bli dyra att bygga. Dessutom är de svårare att dimensionera än torrdoserare och slurrydoserare.

För att undvika driftstörningar och uppnå ett gott kalkningsresultat i vattendraget bör kalkbrunnsanläggningar ses till minst en gång i veckan. Under högvattenföring kan det bli nödvändigt med daglig tillsyn.

Flödet genom brunnen bör ställas så högt som möjligt så att en god omblandning och kalkupplösning erhålls i kalkbädden. Flödet får däremot inte vara så högt att större kalkkorn spolats ur brunnen.

Kostnaden per ton upplöst kalk beräknas enligt förutsättningarna i avsnitt 4 till mellan 600 och 2 000 kronor. (Den högre kostnaden gäller för kalkning av små vattendrag.)

## 6.2 TORRDOSERARE

Torrdooserare har ett större belastningsområde än kalkbrunnar och lämpar sig för kalkning av både små och mycket stora vattendrag. Till fördelarna med dessa anläggningar hör att kalkdosen relativt lätt kan justeras manuellt eller automatiskt i förhållande till vattenföringens variation, vilket möjliggör vattenföringsproportionell dosering.

Torrdooserare har till skillnad mot kalkbrunnar visat sig kunna ge en bra effekt, mätt som uppnått pH-värde och alkalinitet, även i mycket sura och humösa vattendrag.

Driftsäkerheten för de studerade anläggningarna har i allmänhet varit tillfredsställande även om vissa driftproblem rapporterats. Den vattendrivna Hällefors-kalkaren är emellertid känslig för isbildning och kan därför inte användas vintertid. Under perioden med nattfrost är driftstopp relativt vanliga. Torrdooserare med eldrift och automatik utsätts för driftstörningar vid blixtnedslag. Styrningen av doseringen är känsligast. För alla typer av torrdooserare gäller att kalken ibland kan "hänga sig" i silodelen vid fuktig väderlek.

Momentant uppmätt kalkutnyttjande har i de flesta fall varierat mellan 20 och 80 %. Vid dimensionering av torrdooseringsanläggningar kan man räkna med ett årsmedelvärde i storleksordningen 35 - 60 % (se avsnitt 5.5.4.2) beroende på förutsättningarna på platsen.

Betydelsen av uppslamning av kalkstensmjöl i vatten före dosering för kalkningens effektivitet kan inte fastställas på basis av utförda undersökningar.

Hittills utförda mätningar har inte gett några säkra belägg för att blandning av kalk och vatten i vätningsdel eller blandningstank skulle ge en högre effekt än direkt dosering av torrt kalkstensmjöl. Dyrbara anordningar för uppslamning tycks därför inte vara motiverade. Kalkning med Gnosjöalkare, vars investeringskostnad till ungefär hälften utgörs av kostnad för blandningstank, är för närvarande ca 50 % dyrare per ton utspridd kalk än kalkning med siloanläggningar och slurrydoserare med samma kapacitet.

Dosering av uppslammad kalk har ur hanterings- och driftsynpunkt emellertid vissa fördelar gentemot direktdosering. Anläggningar med sådan dosering kan drivas även då vattendraget i isbelagt. Vidare undviks dammproblem vid doseringen.

Kostnaden per ton upplöst kalk kan enligt förutsättningarna i avsnitt 4 variera från ca 300 kr upp till 6000 - 9000 kr. Den högre kostnaden gäller vid lågt kalkutnyttjande och kalkning av små vattendrag.

Genom att avpassa den maximala doseringskapaciteten efter vattendragets kalkbehov kan kalkningskostnaden begränsas. I små och medelstora vattendrag (medelvattenföring upp till 0,5 - 2,0 m<sup>3</sup>/s) används lämpligen de mindre torrdoserarna Hälleforskalkare och Borlängealkare. Den förra har fördelen att vara helt oberoende av el, medan den senare drivs med 12 V batteri. Hälleforskalkaren (i vattenkraftutförande) kan dock inte som Borlängealkaren styras med hjälp av flödesmätare. Till Hälleforskalkarens nackdel hör också dess känslighet för isbildning och den relativt besvärliga manuella regleringen av kalkdosens storlek. Ingen av dessa doserare kan dock användas då vattendraget är isbelagt.

I större vattendrag (medelvattenföring 2-100 m<sup>3</sup>/s) blir de nätdrivna torrdoserarna med automatik, Gnosjöalkare och silo med vätningsdel, eller större Borlängealkareanläggningar ekonomiska. För kalkning av mindre vattendrag blir kapital- och elkostnaden för dessa alltför hög i förhållande till utspridd mängd kalk för att de skall kunna konkurrera med de mindre doserarna.

Till torrdoserarnas nackdel gentemot andra doseringstekniker hör att kalkutnyttjandet i hög grad är beroende på graden av turbulens vid och nedströms doserpunkten och att en relativt lång inblandningssträcka behövs för att uppnå en god kalkningseffekt i nedströms belängs sjöar. Vidare begränsas användningen av den vattendrivna typen av Hälleforskalkare av kravet på fallhöjd i vattendraget. De större doserarnas användning begränsas av tillgången på elenergi för drift och uppvärmning.

### 6.3 SLURRYDOSERARE

De studerade slurrydoserna är byggda för kalkning av relativt stora vattendrag. Den finkorniga kritsuspension som använts är mer löslig än det kalkstensmjöl som normalt används för torrdosering. Slurrydoserares kalkutnyttjande är därför högre än kalkutnyttjandet vid torrdosering av kalkstensmjöl. För närvarande är kritsuspension ungefär dubbelt så dyrt per ton som kalkstensmjöl, men denna högre kostnad kompenseras i viss mån av det högre kalkutnyttjandet.

För närvarande är den effektiva kalkningskostnaden (kostnad per mängd upplöst kalk) för slurrydosering i södra Sverige ungefär lika med motsvarande kostnad för torrdosering av kalkstensmjöl.

Kalkutnyttjandet torde i allmänhet variera mellan 80 och 100 %. Fler mätningar i olika typer av vattendrag är dock önskvärda för att med större säkerhet kunna fastställa kalkutnyttjandet. Den effektiva kalkningskostnaden torde i större vattendrag i södra Sverige variera mellan 400 och 750 kr per ton upplöst kalk. Kostnaden för kalkning med kritslurry i norra Sverige blir f n betydligt högre. Den kritslurry som hittills använts i svenska anläggningar bryts f n nämligen bara vid en fyndighet i Skåne, varför transportkostnaden och därmed totalkostnaden i norra Sverige blir förhållandevis hög.

Fördelen med slurrydosering gentemot övriga dosertekniker är följande:

- Högt kalkutnyttjande
- Liten mängd sedimenterad kalk på vattendragets botten i förhållande till doserad mängd
- Högt kalkutnyttjande även i lugnflytande vatten samt vid kalkning av vattendrag med relativt högt pH-värde (6-7)



Till nackdelarna hör:

- Tillgång till nätspänning är, liksom för silos och Gnosjö-kalkare, nödvändig för drift, uppvärmning och flödesstyrning.
- Något högre energikostnad jämfört med torrdoserare p g a uppvärmning av slurrytanken
- Högre pris per ton på kalkningsmedel än för kalkbrunnar och torrdoserare.

Befintliga slurryanläggningar har drivits under en så kort tid att man med säkerhet inte kan bedöma deras driftsäkerhet. Dosertekniken bygger emellertid på beprövad teknik som länge använts inom industrin och driftsäkerheten torde därför vara tämligen god under förutsättning att anläggningen sköts på rätt sätt.

#### 6.4 ALLMÄNNA SYNPUNKTER

Dimensionering och skötsel av anläggningen samt vattendragets hydrologi och vattenkvalitet är av avgörande betydelse för kalkningens effektivitet. Studien visar emellertid att man i många fall installerat anläggningar utan att först ha tagit fram tillräckligt dimensioneringsunderlag. Detta gäller främst äldre kalkningsprojekt och projekt där kalkbrunnar används. Framför allt saknas ofta uppgifter om medelvattenföring och medelhögvattenföring vilket borde vara ett minimikrav för dimensionering och intrimning.

En doseranläggning bör placeras högt upp i det vattensystem som skall kalkas. Detta är särskilt viktigt för torrdoserare. Man bör eftersträva en så turbulent och lång inblandningssträcka som möjligt nedströms anläggningen. Å-sträckor som innehåller många partier med lugnflytande eller stillastående vatten bör undvikas. I medelstora vattendrag bör anläggningen om möjligt inte placeras på ett kortare avstånd än 0,5 - 1 km från närmaste sjö eller hölja, eftersom dessa fungerar som sedimenteringsbassänger för kalken.

Alla de studerade typerna av doserare är vid riktig dimensionering effektiva inom sina respektive belastningsområden (se avsnitt 6.1 - 6.3). Förutsättningen för detta är att kalkdosen genom automatisk eller regelbunden manuell reglering

justeras i förhållande till vattenföringens och pH-värdets variation i vattendraget.

Vilken typ av doserare som skall användas i enskilda kalkningsprojekt får därför avgöras från fall till fall. Det är framför allt investeringskostnad och doseringskapacitet i förhållande till vattendragets kalkbehov som är av avgörande betydelse för kalkekonomin. Vid upphandling av doseranläggning bör ett detaljerat förfrågningsunderlag bifogas anbudsinfordran. Förfrågningsunderlaget bör framför allt innehålla följande uppgifter.

- Områdesbeskrivning med kartor
- Medelvattenföring
- Medelhögvattenföring
- Vattenkvalitet (humushalt, pH-värde och alkalinitet)
- Beräknad genomsnittlig kalkdos och årlig kalkförbrukning
- Krav på vattenkvalitet efter kalkning.

Stockholm den 30 juli 1984

SCANDIACONSULT AB  
Sektor Teknisk Energi och Miljöutveckling

Henrik Tideström

Per-Olof Moberg

## REFERENSER

- 1 Kalkning av rinnande vatten. Lunds Tekniska Högskola, avd för kemisk teknologi. 13 september 1983
- 2 pH og Alkalinitetsforhold i Tjurken, Småland. Lunds Tekniska Högskola, avd för kemisk teknologi. 8 april 1981
- 3 Rapport för kalkningsprojektet i Sundstorpån och "Utvärderings-och optimeringsstudie av kalkbrunnemetoden". Institutet för vatten- och luftvårdsforskning. Göteborg 22 januari 1981.
- 4 Kalkningsprojektet i Sundstorpån. Slutredovisning per 1981-02-28 och redovisning 1983-01-08. Lygnerns och Sundsjöns fiskevårdsförening.
- 5 Utvärdering av den s k Tobybrunnens neutraliserande förmåga av sura vatten. Institutet för vatten- och luftvårdsforskning. Fryksta 5 oktober 1983
- 6 Studie av kalkdoseringsmaskiner typ Hälleforskalkaren. Björn Lagerman september 1982.
- 7 Det gäller vår miljö-rädda vattendragen från försurning. Broschyr från Hällefors utvecklingsbolag.
- 8 Projektplan Älgälven-bulkdepå, kalkdoseringsanläggningsförsök, Hällefors fiskevårdsförening 7 juni 1982.
- 9 Högvadsån. Kalkningsprojekt 1978-1981. Rapport från Falkenbergs kommun 24 maj 1983.
- 10 Muntlig uppgift. Anders Dahl, EnerChem.
- 11 Muntlig uppgift. Ulf Pierou, Örnsköldsviks kommun.
- 12 Muntlig uppgift. Håkan Carlstrand, Sveriges fritidsfiskare.

- 13 Provtagning, kalkupplösare, Götarp, Gnosjö. Utvärdering av upplösningseffekt. Miljöförbättring AB, Stig Henriksson 20 oktober 1983.
- 14 Kalkingsprojektet Acksjön i Alsterälvens vattensystem. Driftrapport och utvärdering. Miljöförbättring AB 7 april 1981.
- 15 Program för kalkningsåtgärder rörande Fylleåns vattensystem, Ingvar Nilsson, Halmstads kommun 9 december 1982.
- 16 Muntlig uppgift. Tomal AB.
- 17 Kalkningsresultat i Tryssjön, St Läsen och Norra Almsjön. Länsstyrelsen i Kopparbergs län N:1979:4 samt kalkuppföljningsprotokoll, Kopparbergs läns fiskevattenägareförbund.
- 18 Provtagningsprotokoll. Vattenfalls fiskodling i Långhult.
- 19 Uppgift från Lessebo kommun, Hälsovårdskontoret.
- 20 Årsredovisningar till Fiskeristyrelsen och muntliga uppgifter från Hällefors fiskevårdsförening och Emmaboda kommun.
- 21 William Dickson, Statens Naturvårdsverk. Internt PM.
- 22 Driftuppföljning av siloanläggningar med vätningsdel utförd av Ljungby gatukontor.
- 23 Karlskoga Sportfiskeklubb, muntlig uppgift.
- 24 River Flow Measurement By Dilution Gaugin, publ. TP.74. The Water Research Association.
- 25 Vattenföringsbestämning vid vattenundersökningar, SMHI/Naturvårdsverket 1979.
- 26 Svensk Standard SS 02 81 61.  
SIS Standardiseringsgrupp

- 27 Svensk Standard SS 02 81 19  
SIS Standardiseringsgrupp
- 28 SNV:s interkalibrering 1981-1
- 29 Muntlig uppgift, H. Sverdrup, LTH
- 30 Kalkning av vattendrag. Försök med kalkdosering vid sjön Immeln. AB Hydroconsult 1984-05-28.
- 31 Borlängealkaren, erfarenheter och effektivitetsmätningar av en torr-doserare under 8 månaders drift 1983. Sverige fritidsfiskares riksförbund. Distriktet för Göteborg och Bohuslän. 1984-02-24.
- 32 Bestämning av verkningsgrad vid kalkning av Sännan vid Karlstorp. Specialarbete, kemiteknisk gren åk 4, A Johansson och C Johansson, Kattegattskolan 1984-05-10.
- 33 Sammanfattning av kalkningsverksamheten i Saluån 1983 (18 april - 23 november). Rapport erhålles från länsstyrelsen i Västernorrlands län.
- 34 Driftuppföljningsprotokoll från Högvadsåns kalkningsprojekt, Falkenbergs kommun.
35. Högvadsån. Kalkningsprojekt 1978-81. Del III Vattenkemiska undersökningar.  
Siegfried Fleischer. Länsstyrelsen i Hallans län 1984.

## 1 KALKBRUNNAR

## 1.1 Tryssjöbrunnen

Vattendrag Rosån

Kalkningsmedel Kalkstenskross 0-3 mm

## Mätresultat

Datum 1983-09-21

Vattenföring	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub>	Kalcium		Vattenfärg, Pt	Kalkutnyttjande			
			Ca <sup>2+</sup>	tot löst		utan korrektion för felkällor		med korrektion för felkällor	
Flöde genom brunnen		fält/lab	mekv/l	mg/l	mg/l	löst %	susp %	löst %	susp %
0,17 m <sup>3</sup> /s									
0,08 m <sup>3</sup> /s									
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	1,4 kg/h								
	2,4 g/m <sup>3</sup>								

## Provtagning

Uppströms	5,8	0,04	1,4	1,4	75				
Utgående vatten	6,6	0,16	3,4	2,6		60 <sup>+10</sup>	40 <sup>+10</sup>		
50 m nedströms	6,3	0,08	2,1	2,0		60 <sup>+20</sup>	10 <sup>+10</sup>		
200 m nedströms	6,2	0,08	2,2	2,0		60 <sup>+20</sup>	20 <sup>+10</sup>		
500 m nedströms	6,2	0,08	2,3	2,1		70 <sup>+20</sup>	20 <sup>+10</sup>		

Datum 1983-10-14

Vattenföring 0,044 m<sup>3</sup>/sFlöde genom brunnen 0,028 m<sup>3</sup>/sDoserad mängd kalk, CaCO<sub>3</sub> - kg/h  
- g/m<sup>3</sup>

## Provtagning

Uppströms	6,0	0,04	1,0	1,0					
Utgående vatten									
500 m nedströms	6,3	0,10	2,0	2,0					

Datum 1984-05-05

Vattenföring 0,070 m<sup>3</sup>/sFlöde genom brunnen 0,003 m<sup>3</sup>/sDoserad mängd kalk, CaCO<sub>3</sub> 0,5 kg/h  
1,8 g/m<sup>3</sup>

## Provtagning

Uppströms	5,8/6,0	0,05	2,1	2,1	70				
Utgående vatten	7,0	0,36	17	8,0		40 <sup>+1</sup>	60 <sup>+1</sup>		
250 m nedströms	6,6	0,10	2,9	2,9		100 <sup>+30</sup>	≤10		
500 m nedströms	6,5	0,10	3,0	3,0		100 <sup>+20</sup>	≤10		

Datum 1984-05-09

Vattenföring 0,070 m<sup>3</sup>/sFlöde genom brunnen 0,006 m<sup>3</sup>/sDoserad mängd kalk, CaCO<sub>3</sub> 5,1 kg/h  
20 g/m<sup>3</sup>

## Provtagning

Uppströms	5,8/6,0	0,05	2,1	2,1	70				
Utgående vatten	7,0	0,38	96	8,4		7±0,2	93±0,2		
250 m nedströms	6,6	0,13	3,4	3,4		16±2	≤1		

## 1.1 Tryssjöbrunnen

Sida

Vattendrag Svansjöbäcken

Kalkningsmedel Kalkstensmjöl 0-3mm

## Mätresultat

Datum 1983-09-21

Vattenföring	- m <sup>3</sup> /s	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub>	Kalcium Ca <sup>2+</sup>	Vattenfärg, Pt	Kalkutnyttjande			
Flöde genom brunnen	0,024 m <sup>3</sup> /s		fält/lab	tot löst		utan korrektion för felkällor		med korrektion för felkällor	
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	0,5 kg/h - g/m <sup>3</sup>		mekv/l	mg/l	mg/l	löst %	susp %	löst %	susp %

## Provtagning

Uppströms									
Utgående vatten		4,2	<0,01	0,6	0,6	90			
200 m nedströms		5,3	0,07	3,1	2,3		68 <sup>+8</sup>	32 <sup>+8</sup>	
		4,5	<0,01	1,3	1,2				

Datum 1984-05-09

Vattenföring 0,070 m<sup>3</sup>/s

Flöde genom brunnen -

Doserad mängd kalk, CaCO<sub>3</sub> kg/h  
g/m<sup>3</sup>

## Provtagning

Uppströms		4,3/4,4	<0,01	0,9	0,9	125			
Utgående vatten		6,7/6,9	0,19	22	6,0		24 <sup>+1</sup>	76 <sup>+1</sup>	
250 m nedströms		5,2/5,5	0,03	4	4				

## 1.2 Mover

Vattendrag Huvudtillflödet till sjön Tjurken i Piggaboda  
 Kalkningsmedel Kalkstenskross 6-9mm

## Mätresultat

Datum	1983-10-11								
Vattenföring	0,019 m <sup>3</sup> /s	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Kalcium Ca <sup>2+</sup>	Vattenfärg, Pt	Kalkutnyttjande			
Flöde genom brunnen	0,018 m <sup>3</sup> /s	fält/lab		tot löst		utan korrektion för felkällor		med korrektion för felkällor	
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	0,3 kg/h 4 g/m <sup>3</sup>		mekv/l	mg/l	mg/l	löst	susp	löst	susp
						Z	Z	Z	Z
Provtagning									
Uppströms		5,6	<0,01	3,9	3,9	120			
Lilla brunnen		5,8	0,09	5,5	5,5		100 <sup>+</sup> 10	≤10	
Stora brunnen									
50m nedströms		6,0	0,10	5,4	5,4		100 <sup>+</sup> 10	≤10	

Datum	1984-04-07								
Vattenföring	0,14 m <sup>3</sup> /s								
Flöde genom brunnen	0,13 Z								
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	0,8 kg/h 1,8 g/m <sup>3</sup>								
Provtagning									
Uppströms		4,8/4,9	<0,01	2,0	2,0	120			
Lilla brunnen		5,5/5,6	0,04	2,7	2,5		70 <sup>+</sup> 30	30 <sup>+</sup> 30	
Stora brunnen		5,5/5,6	0,04	2,6	-		80 <sup>+</sup> 40	20 <sup>+</sup> 40	
50 m nedströms		5,5/5,6	0,04	2,6	2,5		80 <sup>+</sup> 40	20 <sup>+</sup> 40	



## 1.3 Cementringbrunn

Vattendrag Tillflöde till Faxsjön  
 Kalkningsmedel Kalkningsmjöl 0-0,5 mm

## Mätresultat

Datum	1983-10-15							Kalkutnyttjande	
Vattenföring	0,003 m <sup>3</sup> /s	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub>	Kalcium Ca <sup>2+</sup>	Vattenfärg, Pt	utan korrektion för felkällor		med korrektion för felkällor	
Flöde genom brunnen	0,003	fält/lab	tot löst mekv/l	tot löst mg/l	mg/l	löst %	susp %	löst %	susp %
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	0,6 kg/h 52 g/m <sup>3</sup>								
Provtagning									
Uppströms		5,2	<0,01	5,3	5,3	20			
Utgående vatten				26	12		32 <sup>±</sup> 1	68 <sup>±</sup> 1	
25 m nedströms		7,8	0,25	26	12		32 <sup>±</sup> 1	68 <sup>±</sup> 1	

Datum	1984-04-10								
Vattenföring	0,009 m <sup>3</sup> /s								
Flöde genom brunnen	0,003 m <sup>3</sup> /s								
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	0,05 kg/h 1,7 g/m <sup>3</sup>								
Provtagning									
Uppströms		4,9	<0,01	1,2	1,2				
Utgående vatten		5,6	0,02	3,2	1,6		20 <sup>±</sup> 10	80 <sup>±</sup> 10	
25 m nedströms		5,7	0,02	2,5	1,7		80 <sup>±</sup> 40	120 <sup>±</sup> 50	40 <sup>±</sup> 30 60 <sup>±</sup> 40

## Provtagning vid avstängd dosering

Uppströms	(se ovan)								
25 m nedströms		5,3	0,01	1,8	1,4				

Datum	1984-04-10								
Vattenföring	0,009 m <sup>3</sup> /s								
Flöde genom brunnen	- m <sup>3</sup> /s								
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	- kg/h - g/m <sup>3</sup>								
Provtagning									
Uppströms		4,9	<0,01	1,2	1,2				
Utgående vatten		6,4	0,06	18	2,3		7 <sup>±</sup> 1	93 <sup>±</sup> 1	
25 m nedströms		6,7	0,12	7,6	3,3				

## 1.4 Tobybrunnen

Vattendrag Tillflöde till sjön Salungen  
Kalkningsmedel Kalkstenscross 6-14 mm

## Mätresultat

Datum 1983-09-23

Vattenföring Flöde genom brunnen Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> fält/lab mekv/l	Kalçium Ca <sup>2+</sup> tot löst mg/l		Vatten- färg, Pt mg/l	Kalkutnyttjande			
						utan korrektion för felkällor		med korrektion för felkällor	
						löst	susp	löst	susp
						%	%	%	%
0,011 m <sup>3</sup> /s									
0,011 m <sup>3</sup> /s									
0,08 kg/h									
2 g/m <sup>3</sup>									

## Provtagning

Uppströms	5,9	0,03	1,4	1,4	80				
Utgående vatten	6,7	0,10	2,2	1,8		50 <sup>+</sup> 30		50 <sup>+</sup> 30	
100 m nedströms	6,6	0,15	3,2	3,2		220 <sup>+</sup> 60		≤ 30	
200 m nedströms	6,7	0,16	3,4	3,4		250 <sup>+</sup> 70		≤ 30	

Datum 1984-04-27

Vattenföring 0,23 m<sup>3</sup>/sFlöde genom brunnen 0,03 m<sup>3</sup>/sDoserad mängd 0,8 kg/h  
kalk, CaCO<sub>3</sub> 1 g/m<sup>3</sup>

## Provtagning

Uppströms	5,0/5,2	<0,01	0,8	0,8	85				
Utgående vatten	6,4/6,4	0,10	3,8	2,1		43 <sup>+</sup> 7		57 <sup>+</sup> 7	
100 m nedströms	5,6/5,6	0,02	1,4	1,1		80 <sup>+</sup> 60		80 <sup>+</sup> 60	
200 m nedströms	5,6/5,6	0,02	1,4	1,1		80 <sup>+</sup> 60		80 <sup>+</sup> 60	

Datum 1984-04-27

Vattenföring 0,23 m<sup>3</sup>/s

Flöde genom brunnen 0,03 %

Doserad mängd 0,95 kg/h  
kalk, CaCO<sub>3</sub> 1,1 g/m<sup>3</sup>

## Provtagning (Efter kalkpåfyllning)

Uppströms	5,0/5,2	<0,01	0,8	0,8	85				
Utgående vatten	6,6/6,4	0,11	4,3	2,4		46 <sup>+</sup> 6		54 <sup>+</sup> 6	
100 m nedströms	5,6/5,6	0,02	1,4	1,2		90 <sup>+</sup> 60		40 <sup>+</sup> 50	
200 m nedströms	5,6/5,6	0,02	1,4	1,2		90 <sup>+</sup> 60		40 <sup>+</sup> 50	
400 m nedströms	5,6/5,6	0,02	1,3	1,2		90 <sup>+</sup> 60		40 <sup>+</sup> 50	

## 1.4 Tobybrunnen

Sida 6

Vattendrag Tillflöde till Salungen  
 Kalkningsmedel Kalkstenskross 6-14 mm

## Mätresultat

Datum 1984-05-15

Vattenföring	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub>	Kalcium Ca <sup>2+</sup>	Vattenfärg, Pt	Kalkutnyttjande			
					utan korrektion för felkällor		med korrektion för felkällor	
0,12 m <sup>3</sup> /s					löst	susp	löst	susp
Flöde genom brunnen	0,019 m <sup>3</sup> /s	fält/lab	tot löst		löst	susp	löst	susp
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	0,4 kg/h 1 g/m <sup>3</sup>		mekv/l mg/l	mg/l	löst	susp	löst	susp

## Provtagning

Uppströms	5,2	<0,01	1,9				
Utgående vatten	6,8	0,13	4,4				
100 m nedströms	6,7	0,10	4,0				
200 m nedströms	6,8	0,12	3,8		500+200		(löst + susp)

Datum 1984-05-18

Vattenföring 0,12 m<sup>3</sup>/s

Flöde genom brunnen 0,025 m<sup>3</sup>/s

Doserad mängd kalk, CaCO<sub>3</sub> 0,1 kg/h  
0,8 g/m<sup>3</sup> bäckvatten

## Provtagning

Uppströms	5,2	<0,01	2,0	125			
Utgående vatten	6,4	0,09	3,5				
200 m nedströms	6,1	0,05	2,7		200+100		(löst + susp)

Datum 1984-05-21

Vattenföring 0,17 m<sup>3</sup>/s

Flöde genom brunnen 0,031 m<sup>3</sup>/s

Doserad mängd kalk, CaCO<sub>3</sub> 0,6 kg/h  
1 g/m<sup>3</sup> bäckvatten

## Provtagning

Uppströms	4,8	<0,01	2,0	2,0	125		
Utgående vatten	6,2	0,08	4,1	3,7		81+10	19+10
200 m nedströms	6,1	0,07	3,4	3,3		400+200	30+60
m nedströms							

Vattendrag Salungsjälven (vid Slobyn)  
 Kalkningsmedel Kalkstenskross 6-14 mm

## Mätresultat

Datum	1983-09-23									
Vattenföring	- m <sup>3</sup> /s	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub>	Kalcium Ca <sup>2+</sup>	Vattenfärg, Pt	Kalkutnyttjande				
Flöde genom brunnen	- m <sup>3</sup> /s					utan korrektion för felkällor		med korrektion för felkällor		
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	kg/h	fält/lab		tot löst		löst	susp	löst	susp	
	g/m <sup>3</sup>		mekv/l	mg/l	mg/l	%	%	%	%	
Provtagning										
Uppströms		6,6	0,15	3,0	3,0	40				
Utgående vatten		6,9	0,26	5,2	4,4	64±10	36±10			
700 m nedströms		6,7	0,20	4,1	4,0					

Datum	1984-04-27									
Vattenföring	ca 2 m <sup>3</sup> /s									
Flöde genom brunnen	0,05 m <sup>3</sup> /s									
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	kg/h									
	g/m <sup>3</sup>									
Provtagning										
Uppströms		6,1/6,2	0,08	2,4	2,4	45				
Utgående vatten		6,5/6,6	0,15	4,2	3,0	33±10	67±10			
700 m nedströms		6,4/6,4	0,09	2,3	2,0					

Vattendrag Fagerhultsån, nedströms Ekeforsdammen i Lessebo kommun  
 Kalkningsmedel Kalkstenskross 12-30 mm

## Mätresultat

Datum		1983-10-10							
Vattenföring	0,034 m <sup>3</sup> /s	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Kalcium Ca <sup>2+</sup>	Vattenfärg, Pt	Kalkutnyttjande			
Flöde genom brunnen	0,034 m <sup>3</sup> /s					utan korrektion för felkällor	med korrektion för felkällor		
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	0 kg/h	fält/lab		tot löst		löst	susp	löst	susp
	0 g/m <sup>3</sup>		mekv/l	mg/l	mg/l	%	%	%	%
Provtagning									
Uppströms			6,0	0,08	4,2	4,2	100		
Utgående vatten			6,0	0,08	3,5	3,5			
200 m nedströms			6,6	0,11	5,1	5,1			

Datum 1984-04-06  
 Vattenföring 1,5 m<sup>3</sup>/s  
 Flöde genom brunnen 0,14 m<sup>3</sup>/s  
 Doserad mängd kalk, CaCO<sub>3</sub> 2,9 kg/h  
 0,5 g/m<sup>3</sup> åvatten

Provtagning									
Uppströms			5,6/5,6	0,02	2,7	2,7	80		
Utgående vatten			6,6/6,2	0,14	5,0	4,4		74+10	26+10
200 m nedströms			5,9/5,9	0,06	2,8	2,8			
300 m nedströms			5,9/6,0	0,06	3,2	2,9			

2. TORRDOSERARE

Sida 9

## 2.1 TORRDOSERARE MED DIREKTDOSERING

## 2.1.1 Hällefors kalkare

Vattendrag Silksbäcken, Hällefors kommun  
 Kalkningsmedel Kalkstenskross 0-0,5 mm

## Mätresultat

Datum 1983-09-22

Vattenföring	0,033 m <sup>3</sup> /s	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub>	Kalcium Ca <sup>2+</sup>	Vattenfärg, Pt	Kalkutnyttjande			
						utan korrektion för felkällor		med korrektion för felkällor	
Doseringsintervall	3,0 min	fält/lab	mekv/l	tot löst mg/l	löst %	susp %	löst %	susp %	
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	9,6 kg/h 81 g/m <sup>3</sup>								

## Provtagning

Uppströms	5,7	0,07	1,6	1,6	40		
50 m nedströms	7,3	0,30	7,4	5,1			
50 m nedströms	7,9	0,33	9,0	5,1			
300 m nedströms	7,8	0,36	6,5	6,0	14+1	2+1	

Datum 1984-04-26

Vattenföring 0,52 m<sup>3</sup>/s

Doseringsintervall 5,7 min

Doserad mängd kalk, CaCO<sub>3</sub> 4,0 kg/h  
2,1 g/m<sup>3</sup>

## Provtagning

Uppströms	6,1	0,07	1,6	1,5	40
50 m nedströms	6,2/6,4	0,06	1,5	1,5	

Datum 1984-04-26

Vattenföring 0,54 m<sup>3</sup>/s

Doseringsintervall 2,3 min

Doserad mängd kalk, CaCO<sub>3</sub> 9,9 kg/h  
5,1 g/m<sup>3</sup>

## Provtagning

Uppströms	6,1	0,07	1,6	1,5				
50 m nedströms	6,7/6,5	0,07	1,9	1,8				
300 m nedströms	6,8/6,6	0,10	2,6	1,9	20+10	30+10	20+10	20+10
400 m nedströms	6,8/6,6	0,09	2,5	2,0	20+10	20+10	10+10	5+10

Datum 1984-04-26

Vattenföring 0,54 m<sup>3</sup>/s

Doseringsintervall 4,2 min

Doserad mängd kalk, CaCO<sub>3</sub> 5,4 kg/h  
2,8 g/m<sup>3</sup>

## Provtagning

Uppströms	6,1	0,07	1,6	1,5	40			
300 m nedströms	6,6/6,6	0,09	2,3	1,8	30+20	40+20	20+20	10+20
400 m nedströms	6,7/6,6	0,09	2,3	1,9	40+20	40+20	10+20	< 20

## Provtagning vid avstängd dosering

Uppströms	6,1	0,07	1,6	1,5
300 m nedströms	6,5/	0,07	2,0	1,6
400 m nedströms	6,6/	0,08	2,2	1,8
m nedströms				

## 2.1.1 Hälleforsalkare

Vattendrag Gäddbäcken, Hällefors  
 Kalkningsmedel Kalkstensmjöl 0-0,5 mm

Sida 10

## Mätresultat

Datum	1983-09-22									
Vattenföring	m <sup>3</sup> /s	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub>	Kalcium Ca <sup>2+</sup>	Vattenfärg, Pt	Kalkutnyttjande				
Doseringsintervall	0,8 min					utan korrektion för felkällor	med korrektion för felkällor			
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	- kg/h	fält/lab		tot löst		löst	susp	löst	susp	
	- g/m <sup>3</sup>		mekv/l	mg/l	mg/l	%	%	%	%	
Provtagning										
Uppströms			5,0	<0,01	1,3	1,3	160			
100 m nedströms			6,1	0,13	4,5	3,7				
100 m nedströms			6,1	0,13	4,8	3,6				
m nedströms										

Datum 1984-04-26

Vattenföring 0,94 m<sup>3</sup>/s

Doseringsintervall 0,68 min

Doserad mängd kalk, CaCO<sub>3</sub> 22,5 kg/h  
6,6 g/m<sup>3</sup>

## Provtagning

Uppströms	4,7	<0,01	0,7	0,7	125					
m nedströms										
m nedströms										
1 km nedströms	5,6/5,7	0,02	1,4	1,2				20+10	30+10	

Vattendrag Sandvadsån/Brodalsbäcken, Partille  
 Kalkningsmedel Kalkstensmj 1 0-0,2 mm

## Mätresultat

Datum	1983-10-04								
Vattenföring	0,009 m <sup>3</sup> /s	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Kalcium Ca <sup>2+</sup>	Vattenfärg, Pt	Kalkutnyttjande			
Dosering enl mätare	- %					utan korrektion för felkällor	med korrektion för felkällor		
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	0,11 kg/h 3,3 g/m <sup>3</sup>	fält/lab		tot löst		löst	susp	löst	susp
			mekv/l	mg/l	mg/l	%	%	%	%

## Provtagning

Uppströms	4,2	<0,01	4,0	4,0	50				
100 m nedströms	6,0	0,07	7,2	7,2		240 <sup>+</sup> 50	≤ 20		
100 m nedströms	6,0	0,10	7,4	7,4		260 <sup>+</sup> 50	≤ 20		
100 m nedströms	6,0	0,04	7,2	6,9		220 <sup>+</sup> 50	23 <sup>+</sup> 18		





Vattendrag Högvadsån nedströms Älvsred, Falkenbergs kommun (Kalksilon placerad vid Älvsreds reningsverk)  
 Kalkningsmedel Kalkstensmjöl 0-0,2 mm

## Mätresultat

Datum	1983-10-03		Alkalinitet, $\text{HCO}_3^-$	Kalçium $\text{Ca}^{2+}$	Vattenfärg, Pt	Kalkutnyttjande			
	- $\text{m}^3/\text{s}$	pH				utan korrektion för felkällor		med korrektion för felkällor	
Dosering enl mätare	0 %		fäلت/lab	tot löst	löst	susp	löst	susp	
Doserad mängd kalk, $\text{CaCO}_3$	0* $\text{kg/h}$ 0* $\text{g/m}^3$		mekv/l	mg/l	mg/l	%	%	%	%
Provtagning									
Uppströms		6,1	0,06	5,1	5,1	65			
700 m nedströms									
1,7 km nedströms		6,6	0,23	9,3	7,6				
m nedströms									

Datum 1984-04-09

Vattenföring 5-12  $\text{m}^3/\text{s}$ 

Dosering enl mätare 0\*\*) %

Doserad mängd kalk,  $\text{CaCO}_3$  0  $\text{kg/h}$   
0  $\text{g/m}^3$ 

## Provtagning

Uppströms	5,8/5,8	0,02	2,1	2,1
700 m nedströms	6,1/6,4	0,06		
1,7 km nedströms	6,2/6,2	0,09	3,2	
m nedströms				

Datum 1984-04-09

Vattenföring 5-12  $\text{m}^3/\text{s}$ 

Dosering enl mätare 20-30,5 %

Doserad mängd kalk,  $\text{CaCO}_3$  44-66  $\text{kg/h}$   
1-4  $\text{g/m}^3$ 

## Provtagning

Uppströms	5,8/5,8	0,02	2,1	2,1				
m nedströms								
700 m nedströms	6,1/6,4	0,09	3,9	3,3	80+25	40+20	30+20	40+20
1,7 km nedströms	6,2/6,4	0,08	3,2	3,1				

\*) Doseringen avstängd 6 timmar före provtagning

\*\*) " " 3 " " "

Vattendrag Spikån/Skärhultaån, nedströms Kvarndammen i Kärnebygd, Falkenbergs kommun  
 Kalkningsmedel Kalkstensmjöl 0-0,2 mm

## Mätresultat

Datum	1983-10-03						Kalkutnyttjande			
Vattenföring	0,42 m <sup>3</sup> /s	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Kalcium Ca <sup>2+</sup>	Vattenfärg, Pt	utan korrektion för felkällor		med korrektion för felkällor		
Dosering enl mätare	29 ‰					löst	susp	löst	susp	
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	19 kg/h	fält/lab		tot löst		‰	‰	‰	‰	
	13 g/m <sup>3</sup>		mekv/l	mg/l	mg/l					
Provtagning										
Uppströms		5,6	<0,01	3,0	3,0	10				
50 m nedströms		6,9	0,09	5,1	5,1		42+12	<12	-	-

Datum	1984-04-09									
Vattenföring	0,56 m <sup>3</sup> /s	Dosering enl mätare	30 ‰	Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	21 kg/h					
	11 g/m <sup>3</sup>									
Provtagning										
Uppströms		4,6/4,8	<0,01	1,7	1,7	5				
50 m nedströms		6,4/6,8	0,17	13	5,7		90+23	170+40	45+14	120+30

## Provtagning vid avstängd dosering

Uppströms	4,6/4,8	<0,01	1,7	1,7
50 m nedströms	6,2/6,4	0,07	5,6	3,7

Datum	1984-04-09									
Vattenföring	0,85 m <sup>3</sup> /s	Dosering enl mätare	90 ‰	Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	69 kg/h					
	23 g/m <sup>3</sup>									
Provtagning										
Uppströms		4,6/4,8	<0,01	1,7	1,7					
50 m nedströms		7,9/7,8	0,22	18	6,7		55+13	120+30	52+12	120+30

Datum										
Vattenföring	0,85 m <sup>3</sup> /s	Dosering enl mätare	60 ‰	Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	46 kg/h					
	15 g/m <sup>3</sup>									
Provtagning										
Uppströms		4,6/4,8	<0,01	1,7	1,7					
50 m nedströms		7,3/7,6	0,16	13	5,4		62+15	130+30	57+14	120+30

## Provtagning vid avstängd dosering

Uppströms	Se ovan				
50 m nedströms	5,1/5,1	0,01	2,3	2,0	

## 2.2.1 Gnosjöskalkaren

Vattendrag Ekhultsån i Gnosjö kommun  
Kalkningsmedel Kalkstensmjöl 0-0,125 mm

## Mätresultat

Datum	1983-10-05					Kalkutnyttjande			
Vattenföring	0,039 m <sup>3</sup> /s	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub>	Kalcium Ca <sup>2+</sup>	Vattenfärg, Pt	utan korrektion		med korrektion	
Flöde genom blandnings-tank	0,002 m <sup>3</sup> /s			tot löst		för felkällor		för felkällor	
Dosering enl mätare	6 ‰	fäkt/lab				löst	susp	löst	susp
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	0,36 kg/h 2,7 g/m <sup>3</sup>		mekv/l	mg/l	mg/l	%	%	%	%

## Provtagning

Uppströms	6,2	0,10	4,6	4,6	50				
Utgående vatten från blandningstanken	6,6	0,15	26	6,2		8+1*	92+1	-	-
25m nedströms	-	0,10	5,1	4,9		30+20	30+20	-	-
100m nedströms	6,2	0,10	5,0	5,0		40+20	< 20	-	-

Datum 1984-04-10

Vattenföring 0,56 m<sup>3</sup>/s

Dosering enl mätare 25 ‰

Doserad mängd kalk, CaCO<sub>3</sub> 2,4 kg/h  
1,2 g/m<sup>3</sup>

## Provtagning

Uppströms	4,9	<0,01	1,4	1,4					
Utgående vatten från blandningstanken	6,4	0,11	37	3,2		5+1*	95+1		
100 m nedströms	5,3	0,01	1,8	1,7		60+50	20+40	40+50	20+40
150 m nedströms	5,4	0,01	1,8	1,7		60+50	20+40	40+50	20+40

Datum 1984-04-10

Vattenföring 0,56 m<sup>3</sup>/s

Dosering enl mätare 75 ‰

Doserad mängd kalk, CaCO<sub>3</sub> 9,3 kg/h  
4,6 g/m<sup>3</sup>

## Provtagning

Uppströms	4,9	<0,01	1,4	1,4					
Utgående vatten från blandningstanken	6,8	0,20	85	4,8		4+0,2*	96+0,2		
100 m nedströms	5,6	0,02	2,0	1,9		30+20	5+10	20+10	5+10

Datum 1984-04-10

Vattenföring 0,56 m<sup>3</sup>/s

Dosering enl mätare 0 ‰

Doserad mängd kalk, CaCO<sub>3</sub> 0,1 kg/h  
<0,1 g/m<sup>3</sup>

## Provtagning

Uppströms	4,9	<0,01	1,4	1,4	60				
Utgående vatten från blandningstanken	5,7	0,02	7,9	2,0					
100m nedströms	5,1	<0,01	1,5	1,5					

\*) Blandningstanken överdoseras med avseende på doserad mängd kalkstensmjöl per m<sup>3</sup> (>30g CaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>)

## 2.2.2 Siloanläggningar med vättningsdel

Vattendrag Torpaån vid Skäckarp  
Kalkningsmedel Kalkstensmjöl 0-0,2 mm

## Mätresultat

Datum	1983-10-06							Kalkutnyttjande			
Vattenföring	0,78 m <sup>3</sup> /s	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub>	Kalcium Ca <sup>2+</sup>	Vattenfärg, Pt	utan korrektion för felkällor		med korrektion för felkällor			
Dosering enl mätare	7 %					tot löst	löst	susp	löst	susp	
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	66 kg/h	fält/lab	mekv/l	tot löst mg/l	mg/l	mg/l	%	%	%	%	
	23,5 g/m <sup>3</sup>										
Provtagning											
Uppströms			7,0 0,28	8,7 8,7	95		6 <sup>+</sup> 3	2 <sup>+</sup> 2			
300 m nedströms			7,1 0,31	9,5 9,3							

Vattendrag Torpaån vid Skärvö  
Kalkningsmedel 0-0,2 mm

## Mätresultat

Datum	1983-10-06										
Vattenföring	0,04 m <sup>3</sup> /s										
Dosering enl mätare	20 %										
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	2,5 kg/h										
	17 g/m <sup>3</sup>										
Provtagning											
Uppströms			5,0 <0,01	2,4 2,4	160		46 <sup>+</sup> 10	≤ 3			
500 m nedströms			6,9 0,77	21 21							

Vattendrag Lidhultsån

Kalkningsmedel Kalkstensmjöl 0-0,2 mm

## Mätresultat

Datum	1983-10-06								Kalkutnyttjande	
Vattenföring	0,68	m <sup>3</sup> /s	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub>	Kalcium Ca <sup>2+</sup>	Vattenfärg, Pt	utan korrektion för felkällor		med korrektion för felkällor	
Dosering enl mätare	12	%	fält/lab		tot löst		löst	susp	löst	susp
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	54	kg/h		mekv/l	mg/l	mg/l	%	%	%	%
	22	g/m <sup>3</sup>								

## Provtagning

Uppströms	6,4	0,08	3,8	3,8	160					
500 m nedströms	6,7	0,18	7,3	6,6		32 <sup>±</sup> 7	8 <sup>±</sup> 3			

Vattendrag Krokån

Kalkningsmedel Kalkstensmjöl 0-0,2 mm

## Mätresultat

Datum	1983-10-06									
Vattenföring	1,3	m <sup>3</sup> /s								
Dosering enl mätare	5,5	%								
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	54	kg/h								
	11	g/m <sup>3</sup>								

## Provtagning

Uppströms	6,2	0,10	4,4	4,4	160					
500 m nedströms	6,5	0,16	6,4	6,0		36 <sup>±</sup> 10	9 <sup>±</sup> 6			

Vattendrag Fylleån, nedströms Ryaberg, Halmstads kommun  
 Kalkningsmedel Kalkstensmjöl 0-0,2 mm

## Mätresultat

Datum	1983-10-07						Kalkutnyttjande			
Vattenföring	3 m <sup>3</sup> /s	pH	Alkalinitet, HCO <sub>3</sub>	Kalcium Ca <sup>2+</sup>	Vattenfärg, Pt	utan korrektion för felkällor		med korrektion för felkällor		
Dosering enl mätare	11,5 ‰			tot löst		löst	susp	löst	susp	
Doserad mängd kalk, CaCO <sub>3</sub>	110 kg/h	fält/lab	mekv/l	mg/l	mg/l	‰	‰	‰	‰	
	10 g/m <sup>3</sup>									
Provtagning										
Uppströms		6,0	0,05	1,8	1,8	80				
200 m nedströms		6,7	0,08	3,4	2,8		25+9	15+7	-	--
1 km nedströms		6,6	0,08	3,3	2,9		28+9	10+6	-	-

Datum 1984-04-11  
 Vattenföring 3,1 m<sup>3</sup>/s  
 Dosering enl mätare 15 ‰  
 Doserad mängd kalk, CaCO<sub>3</sub> 150 kg/h  
 13,4 g/m<sup>3</sup>

Provtagning										
Uppströms		5,3/5,3	<0,01	1,5	1,5					
250 m nedströms		6,3/6,5	0,08	2,5	2,5		19+7	<5	17+6	<5
1 km nedströms		5,7/6,3	0,07	2,5	2,4		17+6	<5	15+6	2+5

## Provtagning vid avstängd dosering

Uppströms	- se ovan -									
200 m nedströms		5,3/5,6	0,01	1,5	1,5					
1 km nedströms		6,1/5,6	0,01	1,6	1,6					

Vattendrag Sänneån, vid Karlstorp, Halmstads kommun

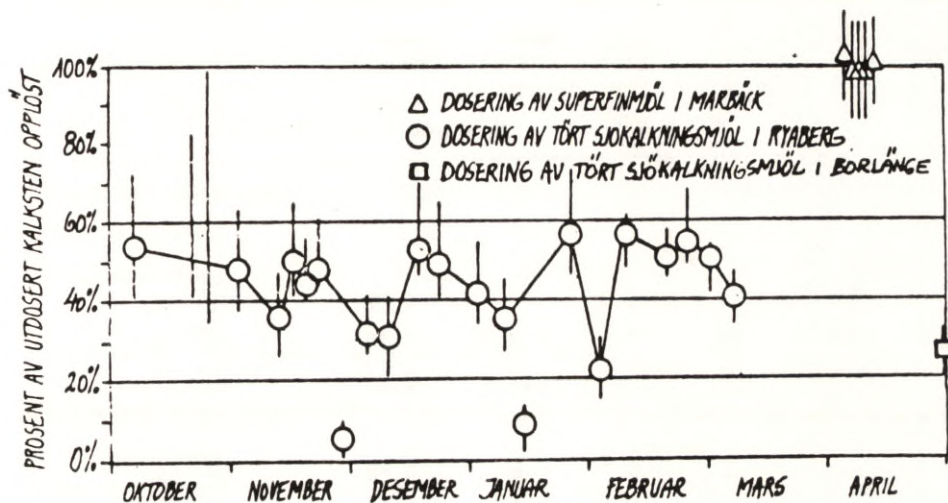
Kalkningsmedel Kalkstensmjöl 0-0,2 mm

## Mätresultat

Datum	1984-04-11		Alkalinitet, $\text{HCO}_3^-$	Kalcium $\text{Ca}^{2+}$	Vattenfärg, Pt	Kalkutnyttjande			
	Vattenföring	pH				utan korrektion för felkällor		med korrektion för felkällor	
Dosering enl mätare	0,58 $\text{m}^3/\text{s}$	13,5 %		tot löst	löst	susp	löst	susp	
Doserad mängd kalk, $\text{CaCO}_3$	41 $\text{kg}/\text{h}$	fält/lab	mekv/l	mg/l	mg/l	%	%	%	%
Provtagning									
Uppströms	5,1/5,2	<0,01	1,4	1,4					
500 m nedströms	6,4/6,4	0,11	3,0	3,0	20+6	<3			







I Fylleån mäts vattenflödet kontinuerligt. Prover tages på 11 punkter varje vecka, som sedan sändes till LTH i Lund och analyseras i avseende på pH, alkalitet och kalcium. Detta ger oss möjligheten att ställa upp massbalanser för doseringsanläggningarna i Simlångsdalen.

Datum (1983- 1984)	Vatten- föring  m <sup>3</sup> /s	Kalk- dos  g/m <sup>3</sup>	pH		Alkalinitet Ned- ströms mekv/l	Kalkutnyttjande  %
			Upp- ströms	Ned- ströms		

## SKÄRVÖ

18/ 1	0,42	21	5,3		0,02	12 <sup>±</sup> 14
29/ 2	0,06	50	4,5	6,3	0,10	25 <sup>±</sup> 9
11/ 4	0,22	26	4,1	5,7	0,06	48 <sup>±</sup> 17

## SKÄCKARP

23/11	2,3	13	6,1	6,6	0,20	48 <sup>±</sup> 15
21/12	1,8	16	5,7	6,6	0,20	47 <sup>±</sup> 23
29/ 2	1,7	20	6,3	7,0	0,22	50 <sup>±</sup> 20
11/ 4	2,5	17	5,5	6,4	0,14	44 <sup>±</sup> 22
9/ 5	1,0	17	6,4	7,0	0,24	51 <sup>±</sup> 23

## LIDHULT

21/12	0,89	21	5,1	6,0	0,10	24 <sup>±</sup> 12
25/ 1	1,8	23	4,6	6,1	0,10	33 <sup>±</sup> 16
29/ 2	0,46	27	5,4	6,3	0,10	22 <sup>±</sup> 12

## VRA

21/12	1,9	16	5,5	6,0	0,14	31 <sup>±</sup> 16
29/ 2	1,2	29	6,1	6,5	0,18	30 <sup>±</sup> 14
11/ 4	2,4	26	4,7	6,4	0,14	53 <sup>±</sup> 18

## BILAGA 4

## UNDERSÖKNING AV BÖRLÄNGEKALKKARE UTFÖRD AV FRITIDSFISKARNA OCH SMHI

Provtagningsplats	pH	Alk. mekv/l	Ca mg/l	Kalkutnyttjande	
1983-10-01 Vattenföring	0,054 m <sup>3</sup> /s,	dosering	1850 g/h	9,5 g/m <sup>3</sup>	
Uppströms doseraren	4,35	0	2,36		
100m nedströms	5,3	0	4,89	66%	(± 36%)*
500m nedströms	5,55	0	5,5	83%	(± 38%)*
1983-10-05 Vattenföring	0,020 m <sup>3</sup> /s,	dosering	200 g/h	2,8 g/m <sup>3</sup>	
Uppströms doseraren	4,1	0	2,8		
100m nedströms	4,7	0	4,0	110%	(±100%)*
500m nedströms	5,4	0	5,7	260%	(±128%)*
1983-10-12 Vattenföring	0,055 m <sup>3</sup> /s,	dosering	2500 g/h	12,6 g/m <sup>3</sup>	
Uppströms doseraren	4,1	0	2,9		
100m nedströms	5,3	0	5,8	58%	(± 30%)*
500m nedströms	5,7	0	5,5	52%	(± 28%)*
1983-11-18 Vattenföring	0,016 m <sup>3</sup> /s,	<u>dosering 0 g/h</u>			
Uppströms doseraren	4,18	0	2,37		
100m nedströms	4,48	0	3,20	utlösning från botten 132 g CaCO <sub>3</sub> /h	
500m nedströms	5,38	0	4,45	utlösning från botten 328 g CaCO <sub>3</sub> /h	
1984-01-16 Vattenföring	0,082 m <sup>3</sup> /s,	dosering	2300 g/h	7,8 g/m <sup>3</sup>	
Uppströms doseraren	4,68	0	3,64		
100m nedströms	5,82	0,06	6,3	85%	(± 45%)*
500m nedströms	5,62	0,01	4,76	36%	(± 18%)*

\*) Scandiaconsults bedömning

Avsändarens datum

840320

Adressatens datum

Avsändarens beteckning

ML

Adressatens beteckning

Harald Sverdrup  
 Avd för Kemisk Teknologi  
 Box 740  
 220 07 LUND

## BESTÄMNING AV VERKNINGSGRADEN FÖR KALKSTENSDOSERARE.

Verkningsgraden har bestämts för två olika typer av kalkstensdoserare, dels Boliden AB:s torrdoserare i Ryaberg och dels Sydkraft AB:s slurrydoserare i Marbäck.

Vid mätningarna bestämdes vattenflödet genom att ett känt flöde av natriumkloridlösning doserades uppströms under 1-2 timmar. Vattnet före och efter doseringarna analyserades m a p  $\text{Na}^+$  med atomabsorption och m a p  $\text{Ca}^{2+}$  med EDTA-titrering. På bifogad karta visas doserings- och provtagningspunkterna.

### RESULTAT

DOSERARE	KALKNINGS- MEDEL	pH FÖRE DOSERING	DOSERING ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	FLÖDE ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	VERKNINGS- GRAD (%)
Torr- doserare	$\text{CaCO}_3$ 0-0,2mm 90% $\text{CaCO}_3$	4,9	15,9	5,7	35 ± 8
Slurry- doserare	Malmökrita 98% $\text{CaCO}_3$	6,0	1,5	4,5	103 ± 8

Verkningsgraden är beräknad på hela kalkstensmängden utan korrigerig för  $\text{CaCO}_3$  innehållet.

EnerChem AB / *Marita Linné* Marita Linné

Postadress

 Box 7030  
 220 07 Lund

Besöksadress

Kungsgatan 2 B

Telefon

046/12 42 20

Bankgiro

285-6110

Postgiro

438 63 90-1

anläggningen i ån. I utgående vatten från kalkupplösaren har dels den totala kalciumhalten bestämts och dels den upplösta mängden, d v s efter filtrering (0.45 µ). (filtrerat på laboratorium)\*

Beräkningen av kalkningseffekten - utbytet av tillsatt kalk har gjorts dels på den förhöjda bikarbonathalten och dels på den förhöjda kalciumhalten. Dessa har därvid omräknats till kalciumkarbonat,  $\text{CaCO}_3$ .

## ANALYSRESULTAT

	PH	Alkalinitet		Utbyte	Kalcium, mg/l		
		mmol/l	mg $\text{HCO}_3$ /l		Tot. Ca	Löst Ca	Utbyte
Uppströms	5.4	0.03	2		3.2		
<u>Dosering 25 kg/h (14 g/m<sup>3</sup>) *</u>							
Utg. vatten fr. kalkuppl.	6.9	0.50	31	40 %	32	15	48 %
150 m nedstr. anlägg.	6.4	0.23	14	70 %	7.5	7.5	77 % ± 16 *
<u>Dosering 8 kg/h (4.4 g/m<sup>3</sup>) *</u>							
Utg. vatten fr. kalkuppl.	6.5	0.32	20	77 %	20	14	>100 %
150 m nedstr. anlägg.	6.1	0.15	9	>100 %	5.0	5.0	100 % ± 26 *
<u>Dosering 4.2 kg/h (2.3 g/m<sup>3</sup>) *</u>							
Utg. vatten fr. kalkuppl.	6.3	0.22	13	90 %	8.2	8.0	>100 %
150 m nedstr. anlägg.	5.9	0.09	5	100 %	4.2	4.2	>100 % ± 37 *
<u>Dosering 7.3 kg/h (4.1 g/m<sup>3</sup>) *</u>							
Utg. vatten fr. kalkuppl.	6.3	0.24	15	61 %	8.2	8.0	69 %
150 m nedstr. anlägg.	6.0	0.12	7	100 %	4.5	4.5	80 % ± 27 *

Kalkningseffekten har vid försöken varierat mellan 70 och 100 %. Vid en del försök har effekten överstigit 100 % och förklaringen torde vara variationer i vattenföringen i ån. Vid effekten 70 % var belastningen 60 g  $\text{CaCO}_3/\text{m}^3$  i stället för normala 30 g/m<sup>3</sup>.

Bromma den 28 maj 1984

AB HYDROCONSULT-KEMIBYRAN

*Ulla Kjellberg*  
Ulla Kjellberg

*Holger Liljekvist*  
Holger Liljekvist

\* Scandiaconsults anmärkning

TABELL 3 VERKNINGSGRAD  $Ca^{2+}$  BERÄKNAD PÅ FLÖDE NEDSTRÖMS  
JÄMFÖRELSE MELLAN TOTALHÄRDHET OCH  $Ca^{2+}$  ANALYS

DATUM	BERÄKNAD MÄNGD $Ca^{2+}$ kg/dagn	FLÖDE NEDSTRÖMS $m^3/s$	TOTALHÄRD- HETS ÖKNING $Ca^{2+}/m^3$	ANDEL $Ca^{2+}$ I LÖSNINGEN %	$Ca^{2+}$ ÖKNING $µg/m^3$	ANDEL $Ca^{2+}$ I LÖSNINGEN %
16/3	280	0,350	5,0	54,0	6,0	64,8
21/3	280	0,320	5,5	54,3	5,0	49,4
23/3	280	0,319	5,5	54,1	5,0	49,2
28/3	280	0,311	5,5	52,8	5,5	52,8
30/3	280	0,441	3,0	40,8	3,0	40,8
2/4	305	0,463	2,5	32,1	3,0	38,5
6/4	340	0,842	2,5	53,5	2,0	42,8
13/4	340	0,553	3,0	42,2	3,0	42,2
23/4	340	0,288	4,0	29,3	3,0	22,0

MEDELVÄRDE : 45,9

44,7

Mätnoggrannhet ca  $\pm 10\%$  (absolutvärde)  
(Scandiaconsults anm)

## SAMMANFATTNING AV RESULTATET AV UTFÖRDA FÄLTUNDERSÖKNINGAR

Anläggning	Kalkfraktion mm	pH			Alkalinitet		Kalkdos		Kalkutnyttjande			
		median <sup>1</sup> eller momentan <sup>2</sup> -värde		momentan <sup>2</sup> -ströms	median <sup>1</sup> eller momentan <sup>2</sup> -värde		Utg. vatten g/m <sup>3</sup>	A-vatten g/m <sup>3</sup>	Kalkupp-lösning i kalk-brunn %	Utnyttjande i vattendraget		
		Upp-ströms	Utg. vatten		Upp-ströms	Ned-ströms				Upp-löst	Susp.	Totalt
<b>KALKBRUNNAR</b>												
<u>Tryssjöbrunn</u>	0-3											
<u>Rosån</u>												
Driftuppföljning		6,0	6,3	6,3	0,1	0,1						
Scandiaconsult		5,8	6,6	6,2	0,04	0,08	5	2	60	70	20	90
		5,8	7,0	6,2	0,05	0,10	37	2	40	100	0	100
		5,8	7,0	6,6	0,05	0,13	230	20	7	16	0	16
<u>Svansjöbäcken</u>												
Driftuppföljning		4,5	5,4	5,7	<0,01	0,08						
Scandiaconsult		4,2	5,3	4,5	<0,01	<0,01	6		68			
		4,3	6,7	5,2	<0,01	0,03	53		24			
<u>Mover</u>	5-9											
Driftuppföljning		5,4	5,8									
LTH								72				
Scandiaconsult		5,6	5,8	6,0	<0,01	0,09	4	4	100	100	0	100
		4,8	5,5	5,6	<0,01	0,04	2	2	70	80	20	100
<u>Cementringbrunn</u>												
<u>Sundstorsån</u>	0-2											
Driftuppföljning		4,5	6,4	5,7	0,01	0,04						
<u>Faxsjön</u>	0-0,5											
Scandiaconsult		5,2	7,8	7,8	<0,01	0,25	52	52	32	32	68	100
		4,9	5,6	5,7	<0,01	0,02	5	2	20	40	60	100
		4,9	6,4	6,7	<0,01	0,06	42		7			
<u>Tobybrunn</u>	6-14											
<u>Salungens tillflöde</u>												
Driftuppföljning (IVL)		5,4	6,7	6,3								
Scandiaconsult		5,9	6,7	6,7	0,03	0,15	2	2	50	>100	0	>100
		5,0	6,4	5,6	<0,01	0,02	8	1	43	80	20	100
		5,0	6,6	5,6	<0,01	0,02	9	1	46	90	0	90
		4,8	6,2	6,1	<0,01	0,07	5	1	81	>100	30	>100
<u>Salungens utlopp</u>												
Driftuppföljning (IVL)		6,4	7,6	6,7	0,07	0,09						
Scandiaconsult		6,6	6,9	6,7	0,15	0,20	6		64			
		6,1	6,5	6,4	0,08	0,09	4		33			
<u>Kalkkista</u>	12-30											
Driftuppföljning		5,0		5,4	0,01	0,03						
Scandiaconsult		5,6	6,6	5,9	0,02	0,06	6	0,5	70			

1) gäller driftuppföljningarna

2) gäller övriga undersökningar



Anläggning	Kalkfraktion mm	pH		Alkalinitet		Kalkdos g/m <sup>3</sup>	Kalkutnyttjande i vattendraget		
		medjan <sup>1</sup> eller momentanvärde		medjan <sup>1</sup> eller momentanvärde <sup>2</sup>			Upp- löst	Susp.	Totalt
		Upp- ströms	Ned- ströms	Upp- ströms	Ned- ströms				
<b>TORRDOSERARE</b>									
<u>Hälleforskalkare</u>									
	0-0,2								
Driftuppföljning av 5 anläggningar		5,6	6,1						
<u>Silksbäcken</u>									
Driftuppföljning		5,8	7,1						
Scandiaconsult		5,7	7,8	0,07	0,3	80	14	2	16
		6,1	6,6	0,07	0,1	5	20	20	40 <sup>3</sup>
		6,1	6,6	0,07	0,09	3	20	10	30 <sup>3</sup>
<u>Gäddbäcken</u>									
Scandiaconsult		4,7	6,6	<0,01	0,02	7	20	30	50
<u>Gjerstad, Norge</u>									
DVF		-	6,0	-	-	-	56	-	56?
<u>Borlängealkare</u>									
<u>Saluån</u>									
	0-0,2								
Driftuppföljning		5	6,3	-	0,10				
<u>Sandvadsån</u>									
	0-0,2								
Fritidsfiskarna och SMHI		4,3	5,3	-	-	10	-	-	45 <sup>3</sup> e1.66
		4,1	4,7	-	-	3	-	-	20 <sup>3</sup> e1.110
		4,1	5,3	-	-	13	-	-	37 <sup>3</sup> e1.58
		4,7	5,8	-	-	8	-	-	44 <sup>3</sup> e1.85
Scandiaconsult		4,2	6,0	<0,01	0,1	3	>100	0	>100
<u>Atervinningen</u>									
	0-0,125								
Scandiaconsult		5,2	7,1	0,01	0,2-0,3	26	50	1	51 <sup>3</sup>
<u>Kalksilo</u>									
	0-0,2								
						13	60	0	60
<u>Älvsred</u>									
Driftuppföljning		5,9	6,2	0,03	0,07				
Scandiaconsult		5,8	6,4	0,02	0,09	4	30	40	70 <sup>3</sup>
<u>Spikån/-Kalvsjön</u>									
Driftuppföljning		4,7	6,4	<0,01	0,1				
Naturvårdsverket (Kalkutnyttjande i Kalvsjön)		4,9	6,5	<0,01	0,13	21	41	0	41
		4,7	6,9	<0,01	0,17	21	56	0	56
<u>Länsstyrelsen i Hallands län (Kalvsjön)</u>									
Scandiaconsult (Spikån)		5,6	6,9	<0,01	0,09	-	-	-	≥ 70
		4,6	6,4	<0,01	0,2	13	42	0	42
		4,6	7,9	<0,01	0,2	11	45	>100	>100 <sup>3</sup>
		4,6	7,9	<0,01	0,2	22	52	>100	>100 <sup>3</sup>
		4,6	7,3	<0,01	0,2	15	57	>100	>100 <sup>3</sup>

- 1) gäller driftuppföljningarna
- 2) gäller övriga undersökningar
- 3) värden korrigerade för felkällor

Anläggning	Kalkfraktion mm	pH		Alkalinitet		Kalkdos g/m <sup>3</sup>	Kalkutnyttjande i vattendraget		
		medan <sup>1</sup> eller tan <sup>2</sup> -värde	momentan- Ned- ströms	medan <sup>1</sup> eller momentanvärde <sup>2</sup>	Upp- ströms		Ned- ströms	Upp- löst	Susp. %
<b>TORRDOSERARE forts</b>									
<u>Gnosjö</u> kalkare	0-0,125								
<u>Ekshultån</u>									
Scandiaconsult		6,2	6,2	0,10	0,10	3	40	0	40
		4,9	5,4	<0,01	0,01	1	40	20	60 <sup>3</sup>
		4,9	5,6	<0,01	0,02	5	20	5	25 <sup>3</sup>
<u>Ekeshultån</u>									
Hydroconsult		5,4	6,4	0,03	0,23	14	-	-	77
		5,4	6,1	0,03	0,15	4	-	-	100
		5,4	5,9	0,03	0,09	2	-	-	>100
		5,4	6,0	0,03	0,12	4	-	-	80
<u>Silolanläggning med vätningsdel</u>	0-0,2								
<u>Lückebyån</u>									
Driftuppföljning		5,5	6,2	-	-				
<u>Torpaån vid Skärvö</u>									
Driftuppföljning		4,0	5,8	<0,01	0,10	ca 30			
Ljungby kommun		4,5	6,3			21-50	Totalt 12-48, medelvärde 28		
Scandiaconsult		5,0	6,9	<0,01	0,77	17	>100	0	>100
<u>Torpaån vid Skäckarp</u>									
Driftuppföljning		6,1	6,5	0,05	0,2	ca 17			
Ljungby kommun		6,1	6,6			13-20	Totalt 44-51, medelvärde 48		
Scandiaconsult		7,0	7,7	0,28	0,31	24	6	2	8
<u>Lidhultsån</u>									
Driftuppföljning		5,2	6,0	0,02	0,10	ca 22			
Ljungby kommun		5,1	6,2			21-24	Totalt 16-33, medelvärde 24		
Scandiaconsult		6,4	6,7	0,08	0,18	22	32	8	40
<u>Krokån</u>									
Driftuppföljning		5,3	6,0	0,02	0,14	ca 22			
Ljungby kommun		5,4	6,4			16-29	Totalt 30-53, medelvärde 38		
Scandiaconsult		6,2	6,5	0,10	0,16	11	36	9	45
<u>Fylledån</u>									
Driftuppföljning		5,2	6,5		0,1				
LTH		4,5-7	6 - 7				Totalt 20-60, medelvärde 40		
EnerChem		4,9				16	-	-	35
Scandiaconsult		6,0	6,6	0,05	0,08	10	28	10	38
		5,3	6,7	<0,01	0,07	13	15	2	17 <sup>3</sup>

1) gäller driftuppföljningarna och Ljungby kommuns undersökningar

2) gäller övriga undersökningar

3) värden korrigerade för felkällor

Anläggning	Kalk- fraktion  mm	pH		Alkalinitet		Kalkdos  g/m <sup>3</sup>	Kalkutnyttjande i vattendraget		
		median <sup>1</sup> eller momen- tan-värde  Upp- ströms	moment- värde  Ned- ströms	median <sup>1</sup> eller momentanvärde <sup>2</sup>  Upp- ströms	Ned- ströms		Upp- löst %	Susp. %	Totalt %
TORRDOSERARE forts									
<u>Siloanläggning med vättningsdel forts</u>	0-0,2								
<u>Vegårdshej, Norge</u>									
DVF	-	-	-	-	-	92	50	0	50
<u>Sänneån</u>									
Kattegatetskolan		5,0-5,6	6,5-8,2	-	-	13-27	Totalt 29-54, medelvärde 46		
Scandiaconsult		5,1	6,4			20	20	0	20
SLURRYDOSERARE									
<u>Fylleån</u>	0-0,015								
LTH		6,0-6,6	7,0-7,2	-	-	4			90-105
EnerChem		6,0	-	-	-	2			103
Scandiaconsult		6,3	6,8	0,03	0,13	3	>100	0	>100
<u>Våråna, Norge</u>									
DVF	90%<0,005	-	-	-	-	-	ca 100		ca 100

1) gäller driftuppföljningarna

2) gäller övriga undersökningar

