



# ERFARENHETER MED FÄLLNING AV KOMMUNALT AVLOPPSVATTEN MED KALK

**Peter Balmer**

**PUBLIKATION 3 : 84**

**FORSKNINGSRAPPORT**



## FÖRORD

Detta arbete har utförts med medel från VAV:s programstyrelse. Projektet utfördes 1979-1980 och det är ytterst beklagligt att slutrapport blivit så försenad. Resultaten har dock varit tillgängliga och använts under lång tid.

Jag vill rikta ett varmt tack för den hjälp som erhållits från alla kommuner med kalkfällningsverk.

Laboratoriearbetet har utförts av Evy Bäckman, Gabriella Kaffehr och Margareta Wettegård. Figurerna har utförts av Alicja Janiszewska. Inger Hessel har svarat för utskrift och redigering.

Peter Balmér

## FÖRORD

Detta arbete har utförts med medel från VAV:s programstyrelse. Projektet utfördes 1979-1980 och det är ytterst beklagligt att slutrapport blivit så försenad. Resultaten har dock varit tillgängliga och använts under lång tid.

Jag vill rikta ett varmt tack för den hjälp som erhållits från alla kommuner med kalkfällningsverk.

Laboratoriearbetet har utförts av Evy Bäckman, Gabriella Kaffehr och Margareta Wettegård. Figurerna har utförts av Alicja Janiszewska. Inger Hessel har svarat för utskrift och redigering.

Peter Balmér

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
FÖRORD	
SAMMANFATTNING	1
ERFARENHETSINSAMLING	3
Genomförande	3
Kalkfällningsanläggningar i Sverige	3
Reningsresultat	4
Reningsresultatets beroende av driftbetingelserna	4
Kemikaliedoseringar	7
Slamproduktion och polymerförbrukning	8
Några iakttagelser i samband med besök vid kalkfällningsverk	10
LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR	12
Syfte	12
Val av anläggningar	12
Utförda försök	13
Resultat	14
Diskussion	15
Dosering	15
Slamproduktion	17
Jämviktskonstanter vid kalkfällning	21
Några synpunkter på betydelsen av fällning med kalk och andra kemikalier med utgångspunkt i laboratorieförsöken	22
REFERENSER	24
BILAGOR	

## ERFARENHETER MED FÄLLNING AV KOMMUNALT AVLOPPSVATTEN MED KALK

### SAMMANFATTNING

Genom insamling av uppgifter från befintliga anläggningar via enkätförfarande, genom besök vid anläggningar och genom försök i laboratorieskala, har en bättre förståelse för kalkfällningsanläggningars funktion uppnåtts. Följande slutsatser kan dras:

1. Alkalibehovet för att uppnå önskat fällnings-pH kan väl förutsägas om avloppsvattnets alkalinitet och ammoniuminnehåll är känt.
2. Kalkförbrukningen vid fällning blir högre än alkalibehovet, troligen på grund av att kalken ej löses fullständigt. Överdosen beror troligen av kalktyp och olika betingelser vid reningsverket men är i storleksordningen 50%.
3. Kalkförbrukningen vid anläggningar kan schematiskt uttryckas sålunda

Vattentyp	Kalkåtgång g Ca(OH) <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
låg alkalinitet fullständigt nitrifierat	<200
måttlig alkalinitet ej nitrifierat	250-350
hög alkalinitet ej nitrifierat	350-600

4. Slamproduktionen i fällningssteget kan relativt väl förutsägas om vattnets sammansättning och kalkdoseringen är känd.

Förenklat kan man anta att slamproduktionen i g TS/m<sup>3</sup> i det kemiska steget i en kalkfällningsanläggning är lika med, eller något större, än kalkdoseringen i g Ca(OH)<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Den totala slamproduktionen blir alltid större än i en motsvarande anläggning där fällning sker med aluminium- eller järnsalter. Vid låga kalkdoseringar bedöms den totala slamproduktionen (uttryckt som torrsubstans) bli ca 1,5 ggr större och vid höga kalkdoseringar upp till 3-4 ggr större än vid fällning med aluminium- och järnsalter.

5. Kalkslam förtjockas lätt till torrsubstanshalter på 8-10%. Trots den högre slamproduktionen behöver därför volymen förtjockat slam ej bli högre vid kalkfällning.

Slammet vid kalkfällningsverk är också stabilt. Vid några mindre verk har man därför kunnat lösa slamhanteringen enkelt vid kalkfällning. Förtjockat slam lagras vid ett verk i en enkel bassäng från vilken det distribueras direkt till jordbruk. Vid ett annat verk lagrar man det förtjockade slammet i en damm i anslutning till verket utan luktproblem.

6. Goda reningsresultat kan uppnås vid kalkfällning. Spridningen i reningsresultat mellan olika verk är dock avsevärd även om fällningsbetingelserna är lika.

Det finns uppenbarligen flera faktorer än de nu kända (dos, pH, magnesiumhydroxidutfällning) som påverkar slutresultatet.

7. Från försurningssynpunkt innebär kalkfällning att man släpper ut ett vatten med högre alkalinitet. Om fällningen sker vid ett pH på ca 11,4 blir alkaliniteten på det kalkfällda vattnet ungefär 1,5 mekv/l högre än om vattnet fällts med aluminium- eller järnsalter. Detta motsvarar 20-30 kg kalksten per person och år (vid 100% utnyttjande av kalkstenen).

## ERFARENHETSINSAMLING

### Genomförande

Genom förfrågan till länstyrelsernas naturvårdsenheter identifierades de anläggningar med kalkfällning som fanns i Sverige. De kommuner i vilka anläggningarna fanns tillskrevs och ombads besvara ett frågeformulär enligt bilaga 1. Svar erhöles från samtliga kommuner.

Därutöver besöktes ett 10-tal verk där driftförhållandena studerades på platsen och där driftpersonalen intervjuades.

### Kalkfällningsanläggningar i Sverige

Kalk används i liten utsträckning för fällning av avloppsvatten i Sverige. Vid inventeringstillfället var det totalt 40 st anläggningar som använde kalk som fällningsmedel. Dessutom fanns det 21 st anläggningar som använde kombinationer av järnsalter (vanligen järn(III)klorid) och kalk och en anläggning som använde kalk i kombination med aluminiumsulfat (AVR). Av de anläggningar som använde kalk nyttjade enbart 5 st osläckt kalk.

De flesta kalkfällningsanläggningarna är små, som framgår av tabell 1.

Tabell 1 Reningsverk med kalkfällning i Sverige år 1979.  
Fördelning efter storlek, anläggningstyp och fällningskemikalier.

Anlägg- ningstyp	Fällnings- kemikalie	Anslutna personer				Σ
		<1000	1000-2000	2001-5000	>5000	
Direkt fällning	Kalk		2	2	2	6
	Kalk+järn		2	2		4
Efter fällning	Kalk	9	6	16	3	34
	Kalk+järn	3	7	5	3	18



## Reningsresultat

Reningsresultaten uttryckt som årsmedelvärden för kalkfällningsanläggningar framgår av figur 1. Medianvärdet är 0,4 mg P/l och det är endast 5 anläggningar som ligger markant över det vanliga utsläppsvillkoret 0,5 mg P/l. Jämför man resultaten med data för alla landets anläggningar (Statens Naturvårdsverk 1980) finner man en tämligen god överensstämmelse. Motsvarande data för organiskt material, mätt som BOD<sub>7</sub>, återfinns i figur 2.

Med utgångspunkt från rapporterade driftsresultat kan man konstatera att anläggningar med efterfällning med kalk ger i stort sett samma reningsresultat som anläggningar med andra fällningsmedel. För direktfällning är underlaget alltför litet för några konklusioner men det finns inget i materialet som motsäger, att inte också här, konstaterandet ovan skulle vara giltigt.

## Reningsresultatets beroende av driftbetingelserna

I figur 3 har utgående fosforkoncentration avsatts som funktion av uppgivet normalt fällnings-pH vid respektive verk. Något samband förefaller inte finnas.

I figur 4 har utgående fosforkoncentration avsatts som funktion av kalkdoseringen. Ej heller här kan något samband konstateras.

Samband mellan utgående fosforkoncentration och fällnings-pH resp dosering borde föreligga vid varje enskilt verk. Konklusionen måste därför bli att olikheterna i driftförutsättningar vid de olika verken samt osäkerheten i rapporterade data (i första hand pH-värden) maskerar sambanden.

Antal  
anläggningar

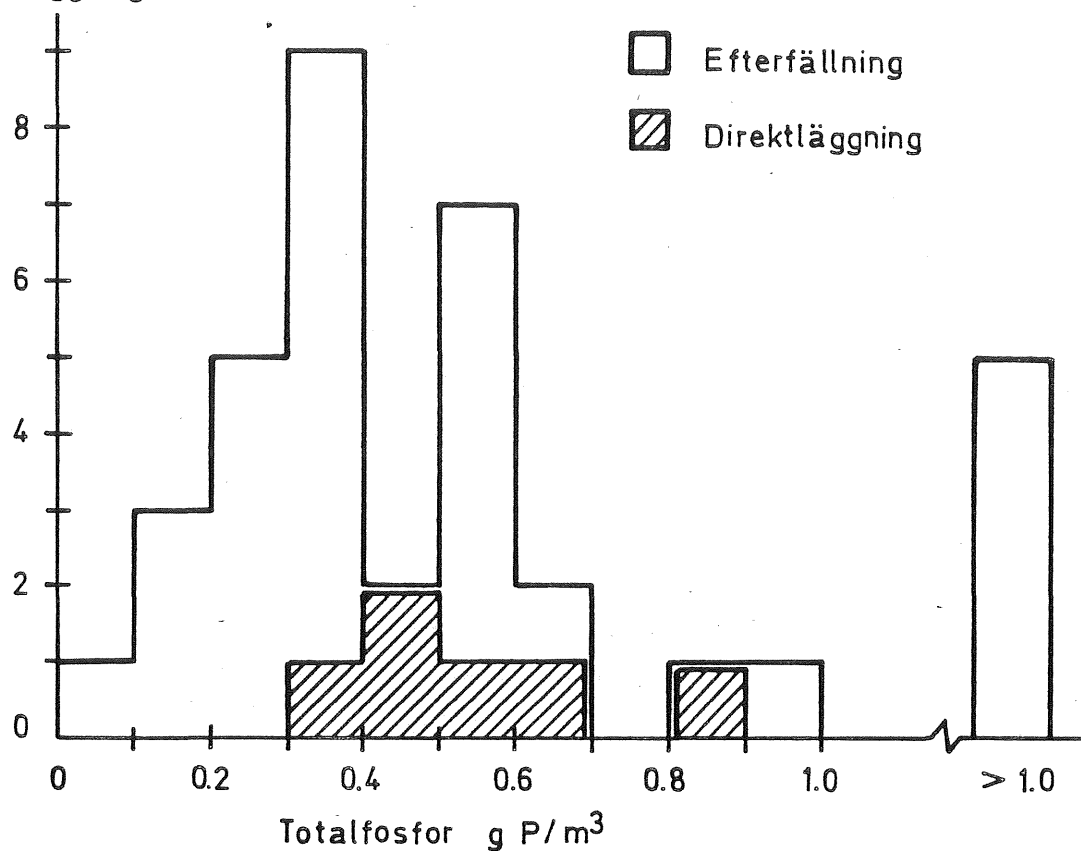


Fig 1. Fosforhalt i utgående vatten (årsmedelvärde) vid svenska direktfällnings- och efterfällningsanläggningar med kalk som fällningskemikalie.

Antal  
anläggningar

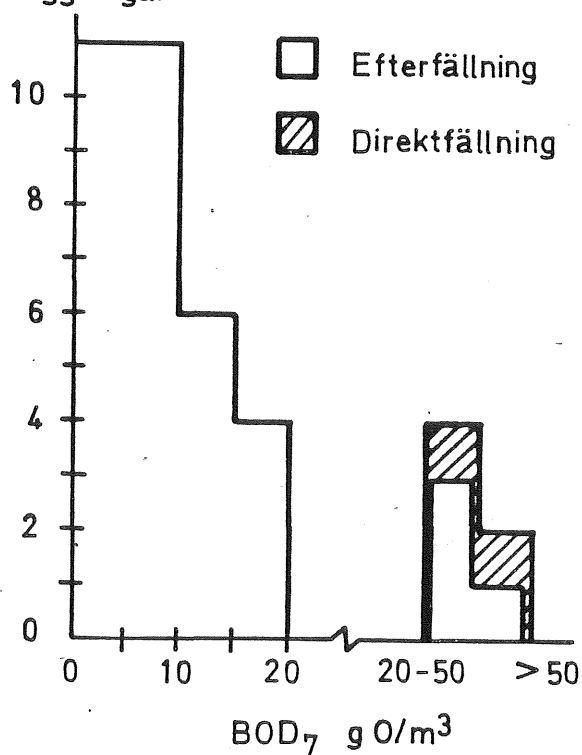


Fig 2. Halt organiskt material i utgående vatten (årsmedelvärde) vid svenska direktfällnings- och efterfällningsanläggningar med kalk som fällningskemikalie.

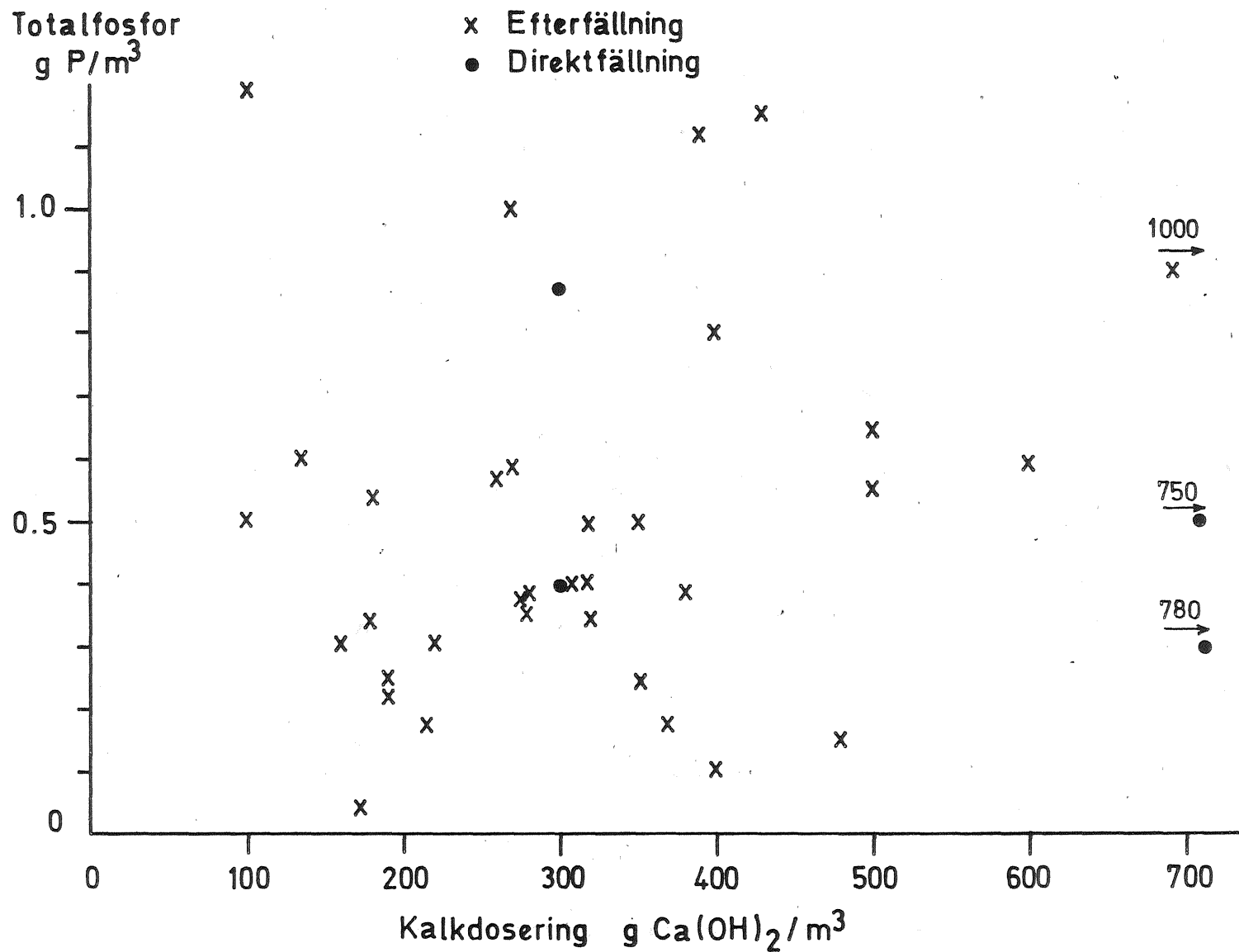


Fig 3. Fosforhalt i utgående vatten (årsmedelvärde) vid svenska kalkfällningsanläggningar som funktion av kalkdosering.

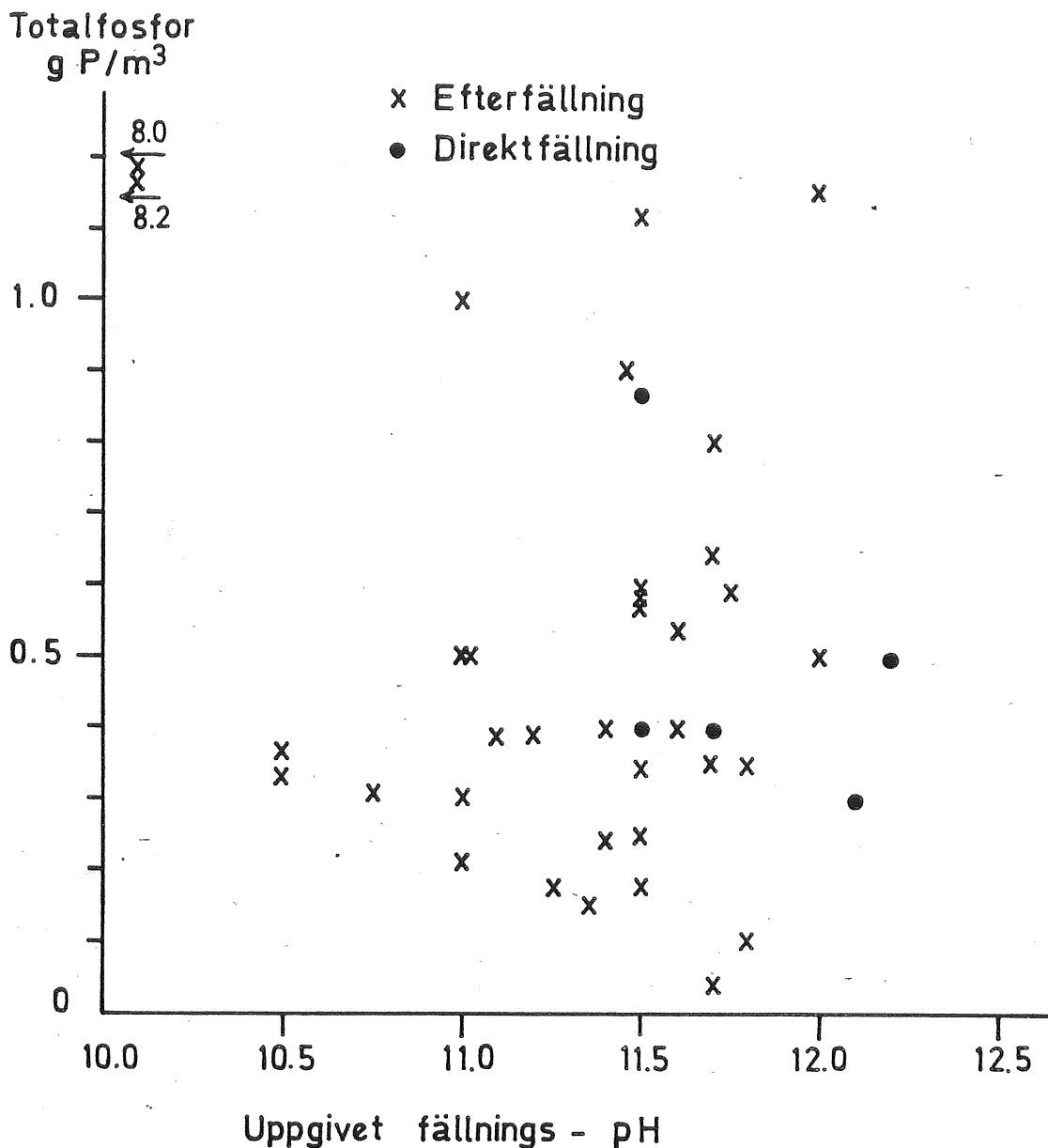


Fig 4. Fosforhalt i utgående vatten vid svenska kalkfällningsanläggningar som funktion av uppgivet normalt fällnings-pH.

Kemikaliedoseringar

Verken har rapporterat normal kemikaliedosering, årlig inköpt kemikalimängd samt medeltillrinning. I de flesta fall överensstämmer uppgiven dosering tämligen väl med inköpt kemikalimängd. I de fall stora (större än ca 20 %) avvikelser förelegat har den från årsinköp beräknade doseringen använts.

I figur 5 och 6 återfinns kemikaliedoseringen för efterfällningsanläggningarna uttryckta som g  $\text{Ca(OH)}_2/\text{m}^3$  resp kg  $\text{Ca(OH)}_2$  per ansluten person och år.

Då uppgifterna om förbrukade mängder och anslutna personer torde vara de pålitligaste bör störst vikt läggas vid figur 6.

Betraktar man figur 5 förefaller det som om det finns två grupper av anläggningar; en grupp där doseringarna ligger vid 200 g  $\text{Ca(OH)}_2/\text{m}^3$  och där under och en grupp där doseringarna ligger mellan 250 och 400 g  $\text{Ca(OH)}_2/\text{m}^3$ . Fördelningen är något annorlunda när doseringarna är beräknade per capita och år.

#### Slamproduktion och polymerförbrukning

Verken har rapporterat borttransporterad slamvolym samt ungefärlig TS-halt i slammet.

Spridningen i slamproduktionsdata är stor. Spridningen är så pass mycket större i förhållande till vad som kan förväntas att underlaget måste vara av tveksamt värde. Det kan dock konstateras att medianvärdet var 61 kg TS/p.år. Detta kan jämföras med data insamlade på samma sätt från anläggningar med efterfällning med aluminiumsulfat (Balmér 1980) som gav ett medianvärde på 30 kg TS/p.år. Vid två olika jämförande studier i pilot-skala där slamproduktion med fällning med kalk, aluminium- och järnsalter undersöktes (Balmér et al 1974a, Balmér et al 1974b) konstaterades att slamproduktion (räknat som torrs substans) i fällningssteget var 2-2,5 ggr större vid kalkfällning jämfört med fällning med aluminiumsulfat.

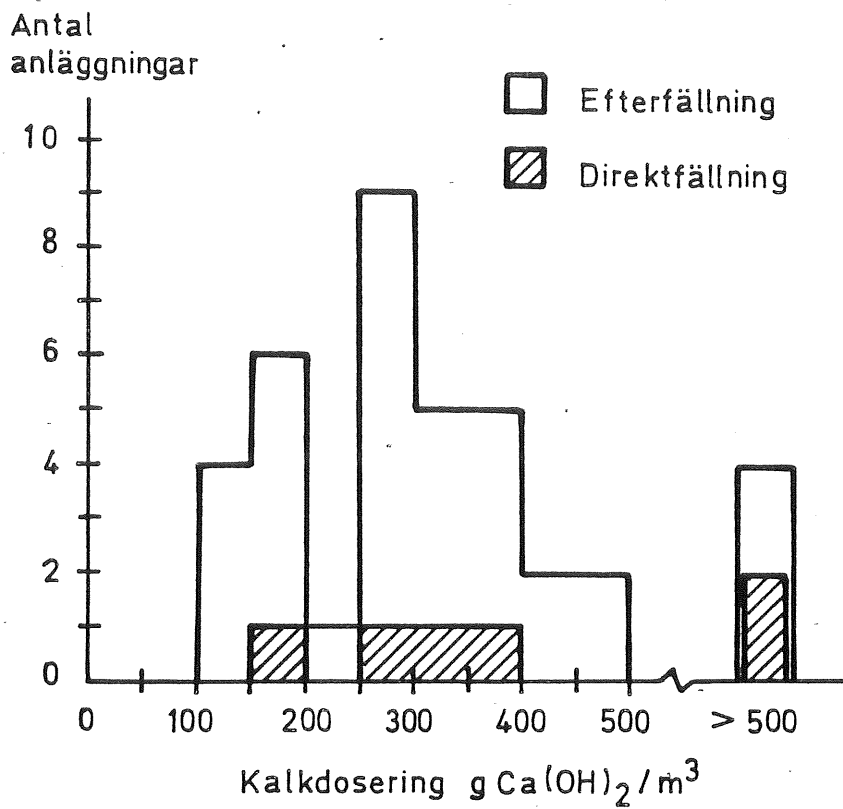


Fig 5. Kalkdosering i g Ca(OH)<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> vid svenska kalkfällningsanläggningar.

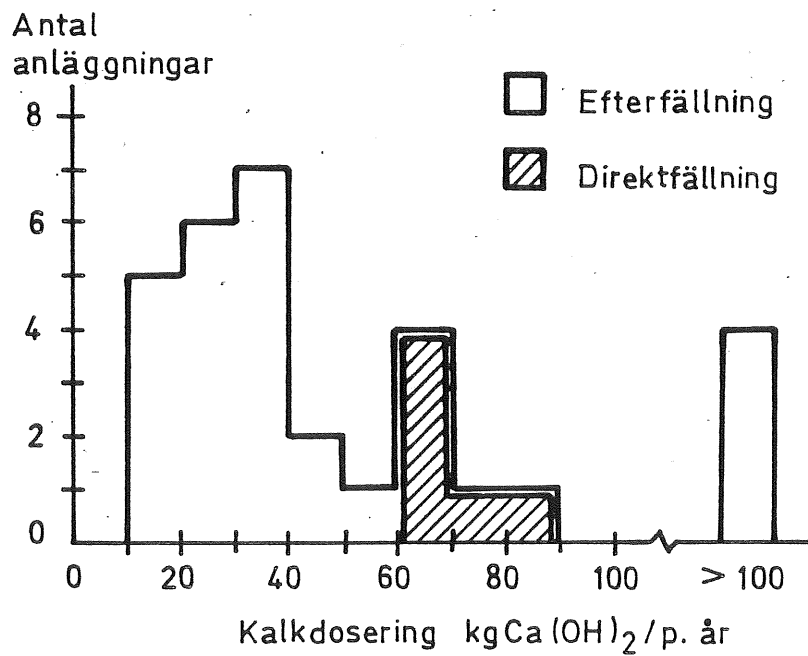


Fig 6. Kalkdosering i kg Ca(OH)<sub>2</sub>/p.år vid svenska kalkfällningsanläggningar.

Om total slamproduktion och dosering jämförs förefaller ett samband föreligga mellan dosering och slamproduktion:

$$\text{Slam prod} = 25 + (0,95 + 0,45) * \text{DOS}$$

där

Slam prod = slamproduktion som kg TS/p · år

DOS = kalkdosering som kg Ca(OH)<sub>2</sub>/p · år

Slamproduktionen faller inom sambandet ovan vid 15 av 22 anläggningar, se figur 7.

Polymerförbrukningen för slamavvatting framgår av figur 8. Som jämförelse kan nämnas att medianvärdet för polymerförbrukningen vid anläggningar med aluminiumsulfatfällning var 4 kg/p.år. (Balmér 1980).

#### Några iakttagelser i samband med besök vid kalkfällningsverk

Den stora slamproduktionen nämns ofta som en allvarlig nackdel med kalkfällning. Det kan därför vara intressant att notera två intressanta lösningar på slamhanteringen.

Vid det ena verket pumpades det förtjockade slammet till en stor gödseltank placerad utanför reningsverkets område. Slammet i tanken stod till disposition för traktens lantbrukare. Dessa kom med traktor och tanksläp, startade själva en pump och fyllde sin tank enligt självbetjäningsmodell. Systemet ansågs förträfflig för gödseltanken hade aldrig blivit full.

Vid det andra verket pumpades det förtjockade slammet ut i en gammal biodamm. I denna förtjockade slammet ytterligare och årgammalt slam var av "halvfast" beskaffenhet. När biodammen blivit full var avsikten att skyffla ut slammet med en frontlastare och disponera det på tipp eller jordbruksmark. Ingen lukt kunde märkas vid slamdammen.

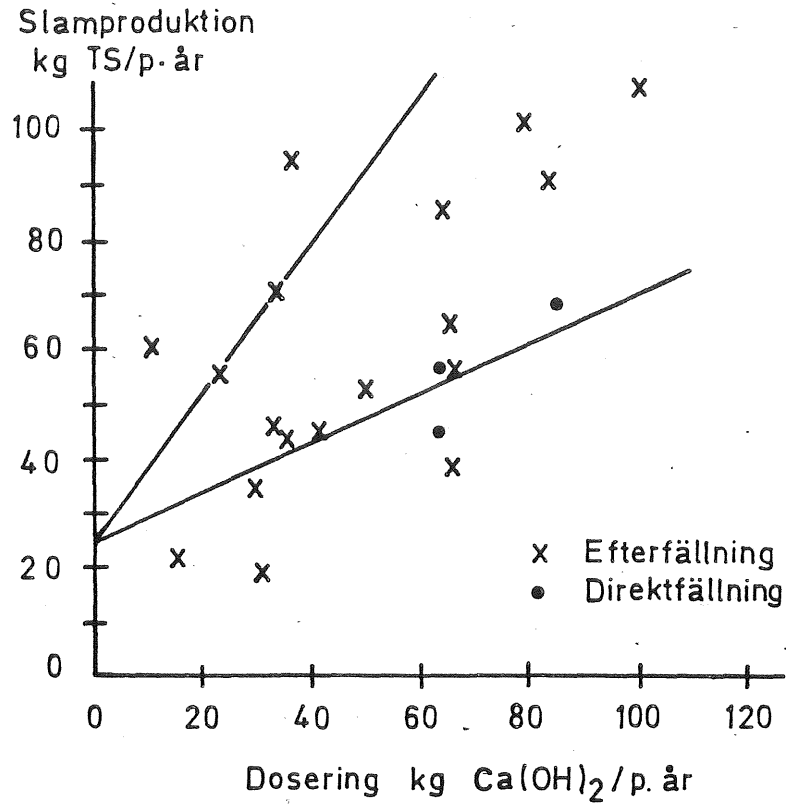


Fig 7. Slamproduktion vid svenska kalkfällningsanläggningar.

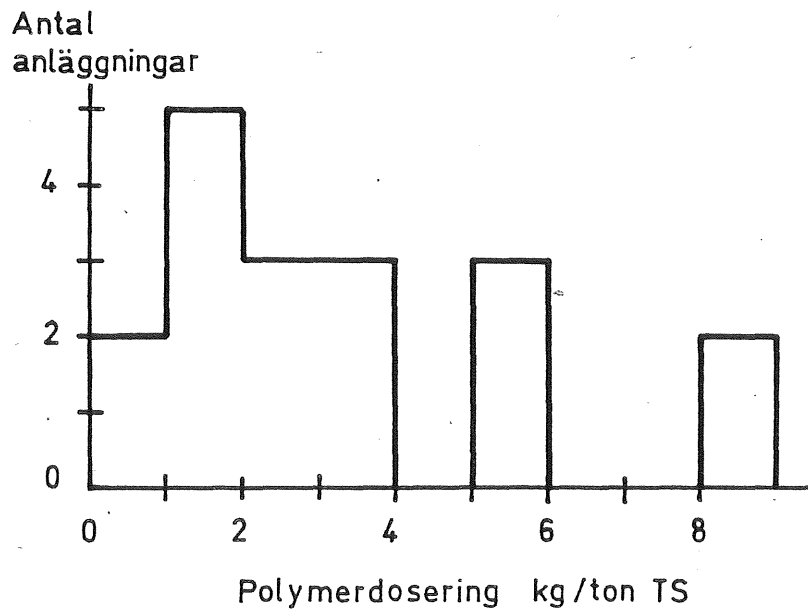


Fig 8. Polymerförbrukning vid svenska kalkfällningsanläggningar med efterfällning.



Avancerad slambehandling är dyrt vid små anläggningar och transport till ett centralt reningsverk med slambehandling blir likaså ofta dyrt. Om man kan få så enkla lösningar på slanhanteringen som beskrivits ovan, så kan det helt säkert i många fall uppväga det förhållandet att kalk normalt är en dyrare fällningskemikalie än järn- och aluminiumsalter.

## LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR

### Syfte

De data om slamproduktion och nödvändig dosering som insamlats från existerande anläggning uppvisar, som framgått av tidigare avsnitt, stor spridning. Någon form av samband bör dock föreligga. Vid fällningsförsök på laboratorium kan olika betingelser bättre kontrolleras.

Det beslöts därför att fällningsförsök skulle utföras med syfte att utröna eventuella samband mellan avloppsvattnets sammansättning och nödvändig dosering och slamproduktion.

### Val av anläggningar

På grundval av tidigare inhämtade upplysningar utvaldes verk där avloppsvattnets sammansättning kunde förväntas vara olika. Genom vänligt tillmötesgående från verken översändes prover på ingående, biologiskt renat och utgående vatten. Driftbetingelserna vid provtagningen angavs på en medsänd blankett (Bilaga 2). De olika anläggningarna kan grovt karakteriseras på följande sätt.

<u>Verk nr</u>	<u>Verkets belägenhet</u>	<u>Alkalinitet</u>	<u>Nitrifikation</u>	<u>Uppgiven Kalkdosering</u>	<u>Uppgivet Reningsresultat</u>
1	Vissefjärda	låg	fullständig	medelhög	mycket bra
2	Målilla	låg	fullständig	hög	mycket bra
3	Frövi	låg	fullständig	mycket låg	normal
4	Vedevåg	normal	fullständig	mycket låg	ej helt tillfredst
5	Sätilla	normal	partiell	mycket hög	ej tillfredst
6	Timmele	normal	partiell	låg	mycket bra
7	Torsby	normal	ingen	medelhög	ej tillfredst
8	Svärdsjö	hög	ingen	hög	ej tillfredst
9	Stöde	hög	ingen	hög	ej helt tillfredst

### Utförda försök

Det insända biologiskt renade vattnet delades i fyra delvolymmer om 750 ml. Följande fällningsförsök gjordes:

kalciumhydroxid p.a vid pH 10,5  
kalciumhydroxid p.a vid pH 11,0  
kalciumhydroxid p.a vid pH 11,4  
verkets egen kalk vid pH 11,4

Försöken utfördes med s k "jartest"-apparat. Kalciumhydroxid p.a resp teknisk kalk tillsattes som en 1%-ig slurry. Tillsatsen skedde satsvis i satser på ca 5 ml. Slut-pH kom därför att i några fall avvika med 0,1 enheter och i ett fall med 0,3 enheter från önskat slut-pH.

Efter 0,5 h flockning delades proven i två volymer. Den ena fick sedimentera i 1 h varefter klarfasen dekanterades. Den andra hälften fick flocka ytterligare 19,5 h före sedimentering och dekantering.

Slamfasen i varje bägare överfördes kvantitativt till vägda deglar för bestämning av torrsubstansmängd. Slamprovets analyserades även med DTA men dessa resultat rapporteras ej här.

De olika vattnen analyserades enligt nedanstående.

	Ingående vatten	Utgående vatten	Biologisk renat vatten	Fällt vatten dekantat	Fällt vatten filtrat
pH	x	x	x		x
pH som funktion av syratillsats	x	x	x		x
pH som funktion av alkalitillsats			x		
Ledningsförmåga	x	x	x		
COD	x				
COD-filtrat		x	x		
totalfosfor	x	x	x	x	x
fosfatfosfor		x	x		x
ammonium			x		
nitrat			x		
Kalcium filtrat		x	x		x
Magnesium filtrat		x	x		x

Analyserna har utförts enligt svensk standard med undantag av COD och nitrat som analyserats enligt tysk standard.

### Resultat

Analysresultaten finns redovisade i bilaga 3. Resultaten från 20 h flockning rapporteras inte då resultaten indikerar att koldioxidupptagning från luften påverkat resultaten.

Titrekurvor redovisas tillsammans med andra detaljdata i en särskild rapport (Balmér 1985).

## Diskussion

### Dosering

Det kan noteras att den alkalinitetsreduktion som skett i det biologiska steget vid avloppsreningsverken tämligen väl överensstämmer med nitrifieringsdata. Dessa förhållanden diskuteras dock ej vidare då proven på inkommande och utgående vatten ej är tidsförskjutna.

Den dosering som krävs för att höja pH-värdet i ett avloppsvatten bör bero på vattnets  $\text{HCO}_3^-$ -innehåll, pH, ammoniuminnehåll och fosfatinnehåll. Fosfaterna kan försummas. Om vi tar ett fällnings-pH på 11,4 till utgångspunkt och samtidigt konstaterar att biologiskt renade vatten ofta har ett pH-värde runt 7,4 så borde kalkdoseringen bli nära direkt proportionell mot summan av  $\text{HCO}_3^-$  och  $\text{NH}_4^+$ -koncentrationerna uttryckt i molära enheter.

Förklaringen härtill är:

Vid pH 7,4 föreligger ca 10 % av det oorganiska kolet som kolsyra och 90 % som vätekarbonat, vid pH 11,4 föreligger ungefär 10 % som vätekarbonat och 90 % som karbonat. Alkaliåtgången (i mol/l) för denna förskjutning är då ungefär lika med summa oorganiskt kol i vattnet eller ca  $1,1 \times \text{konc av } \text{HCO}_3^-$  i det vatten som skall fällas. Vid pH 7,4 föreligger ammonium-ammoniakkvävet praktiskt taget helt som ammonium och vid pH 11,4 helt som ammoniak. Alkaliåtgången för denna förskjutning blir då lika med konc av ammoniumkväve i det vatten som skall fällas.

I figur 9 är nödvändig dosering av kalciumhydroxid för att nå pH 11,4 avsatt mot summan av vätekarbonat och ammoniumkväve. I figuren är också inlagt alkalibehovet vid titrering med NaOH till pH 11,4. För jämförelsens skull är NaOH tillsatsen uttryckt i ekvivalent  $\text{Ca(OH)}_2$  mängd. Som det framgår av figuren är överensstämmelsen utmärkt. Teoretiskt bör kurvan skära y-axeln vid  $63 \text{ mg } \text{Ca(OH)}_2/\text{l}$  - detta är doseringen av kalk som krävs för

att alkalisera rent vatten till pH 11,4 vid aktuell temperatur. Lutningen på kurvan borde vara 37 g  $\text{Ca(OH)}_2/\text{mol}$  ( $\text{HCO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ). Detta stämmer väl för NaOH men för kalktillsats är lutningen större - ca 55 g  $\text{Ca(OH)}_2/\text{mol}$ .

Den stora skillnaden i alkaliåtgång vid användning av kalk resp natriumhydroxid tyder på att utnyttjandet av kalken är dålig. Man kan spekulera i om det sker utfällning av kalciumkarbonat på kalciumhydroxidens yta som radikalt sänker upplösningshastigheten.

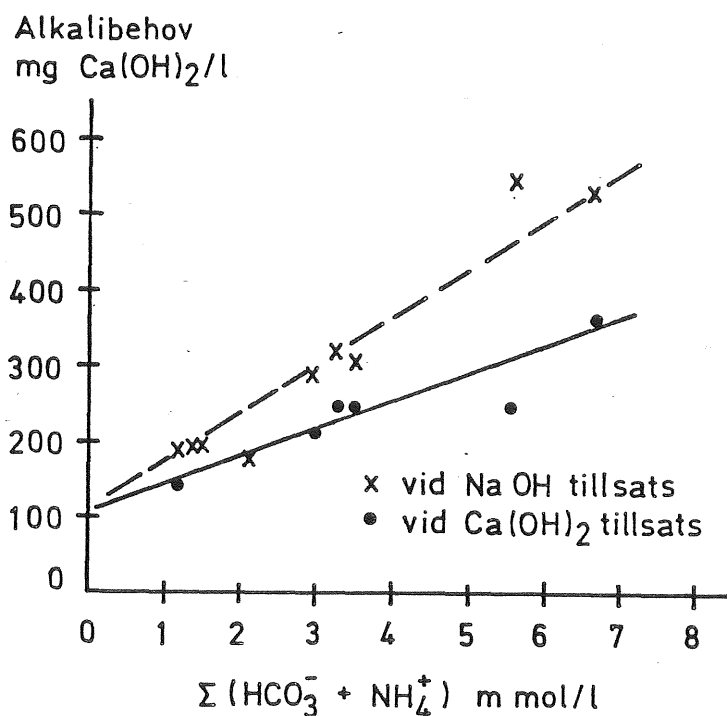


Fig 9. Alkalibehov och nödvändig kalkdosering som funktion av summan av ammonium och vätekarbonat i molära enheter.

De anläggningar som har nitrifiering har en väsentligt lägre kalkförbrukning dels på grund av att nitrifieringen minskar ammoniumkvävekoncentrationen, dels på grund av att nitrifieringen ger en minskning av avloppsvattnets innehåll av oorganiskt kol.

Antag att kvävemängden i inkommande vatten är 12 g N/p.d och att 25 % av kvävet i inkommande avloppsvatten reduceras genom försedimentering och genom celltillväxt i det biologiska steget och att resten nitrifieras. Antag vidare att hälften av det nitrifierade kvävet denitrifieras. Under dessa förutsättningar innebär nitrifiering en minskning av alkalibehovet med ca 1,5 mol per person och dag, vilket med utgångspunkt från försöksdata skulle innebära en teoretisk reduktion av kalkåtgången med ca 20 kg/p.år och en "verklig" reduktion på ca 30 kg/p.år.

Det har också gjorts noggrannare beräkningar av kalkbehovet som funktion av ingående vattens sammansättning och önskat fällnings-pH. I figur 10 jämförs beräknad dos med verklig dos för samtliga utförda försök. Det kan konstateras att också här blir det verkliga kalkbehovet ca 50% större än det teoretiskt beräknade. Spridningen är relativt stor. Detta kan till stor del förklaras av att även små fel i pH-mätningar ger stora utslag på beräknade doseringar. Mätning av pH vid dessa höga pH är svårt.

### Slamproduktion

I figur 11 finns samtliga slamproduktionsdata från fällningsförsöken avsatt som funktion av kalkdosering. Det finns ett klart samband mellan dosering och slamproduktion. Vid höga doseringar förefaller slamproduktionen i g TS/m<sup>3</sup> vara ungefär densamma som doseringen av Ca(OH) i g/m<sup>3</sup>. Vid låga doseringar är slamproduktionen något mindre.

Vid kalkfällning kan man vänta en utfällning av kalciumkarbonat och av hydroxylapatit. Om man antar att all utfälld fosfat bildat hydroxylapatit och att utfällt organiskt kol bildat kalciumkarbonat, så kan slamproduktionen beräknas från analyser på vatten före och efter fällning. Beräkningarna framgår av bilaga 3. Vid 22 av 26 fällningsförsök där slamproduktionen uppmätts så var slamproduktionen större än den teoretiskt beräknade.

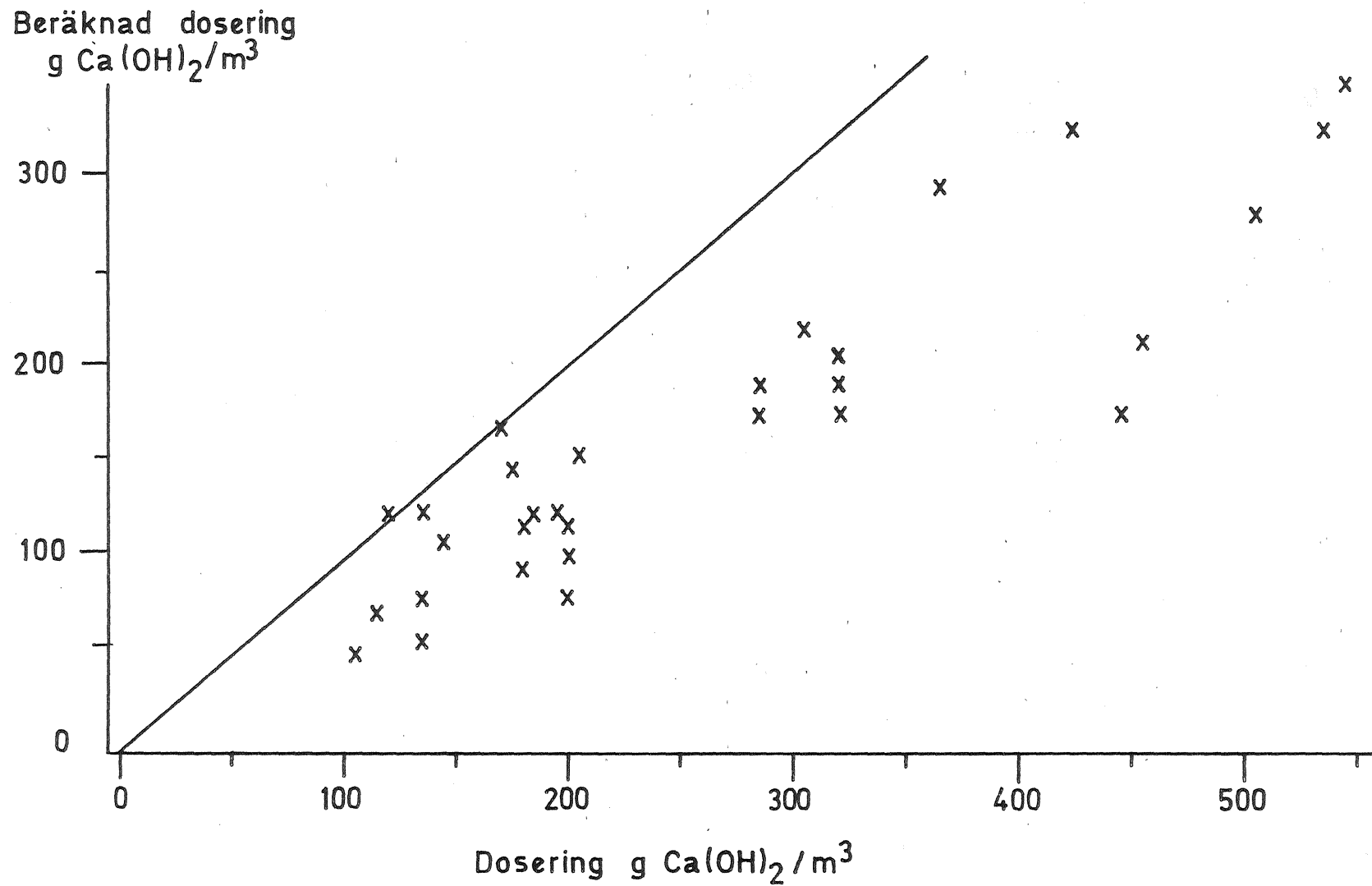


Fig 10. Jämförelse av beräknad och verklig kalkdosering vid samtliga laboratorieförsök.

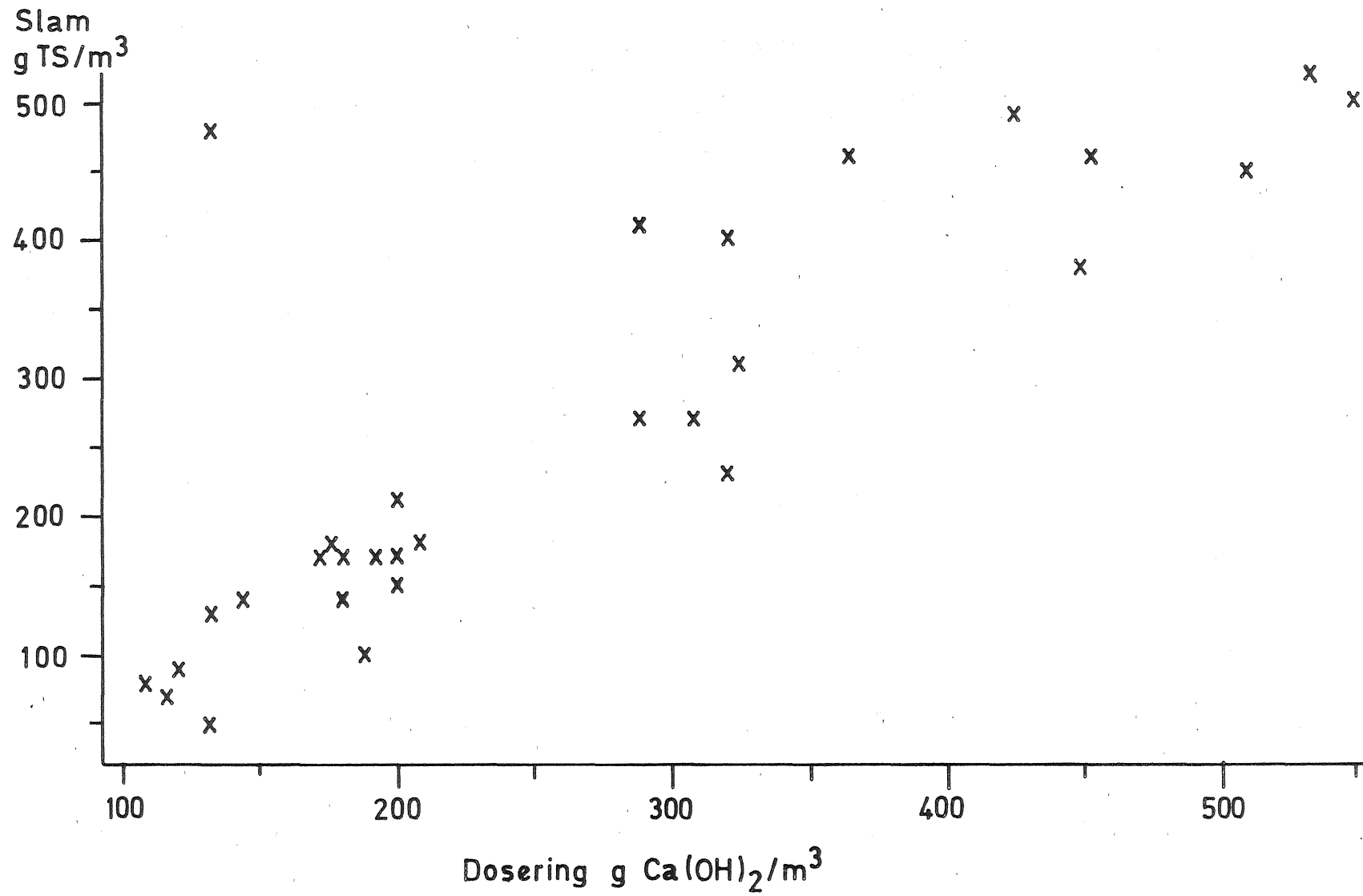


Fig 11. Slamproduktion som funktion av kalkdosering vid fällningsförsök i laboratorium.



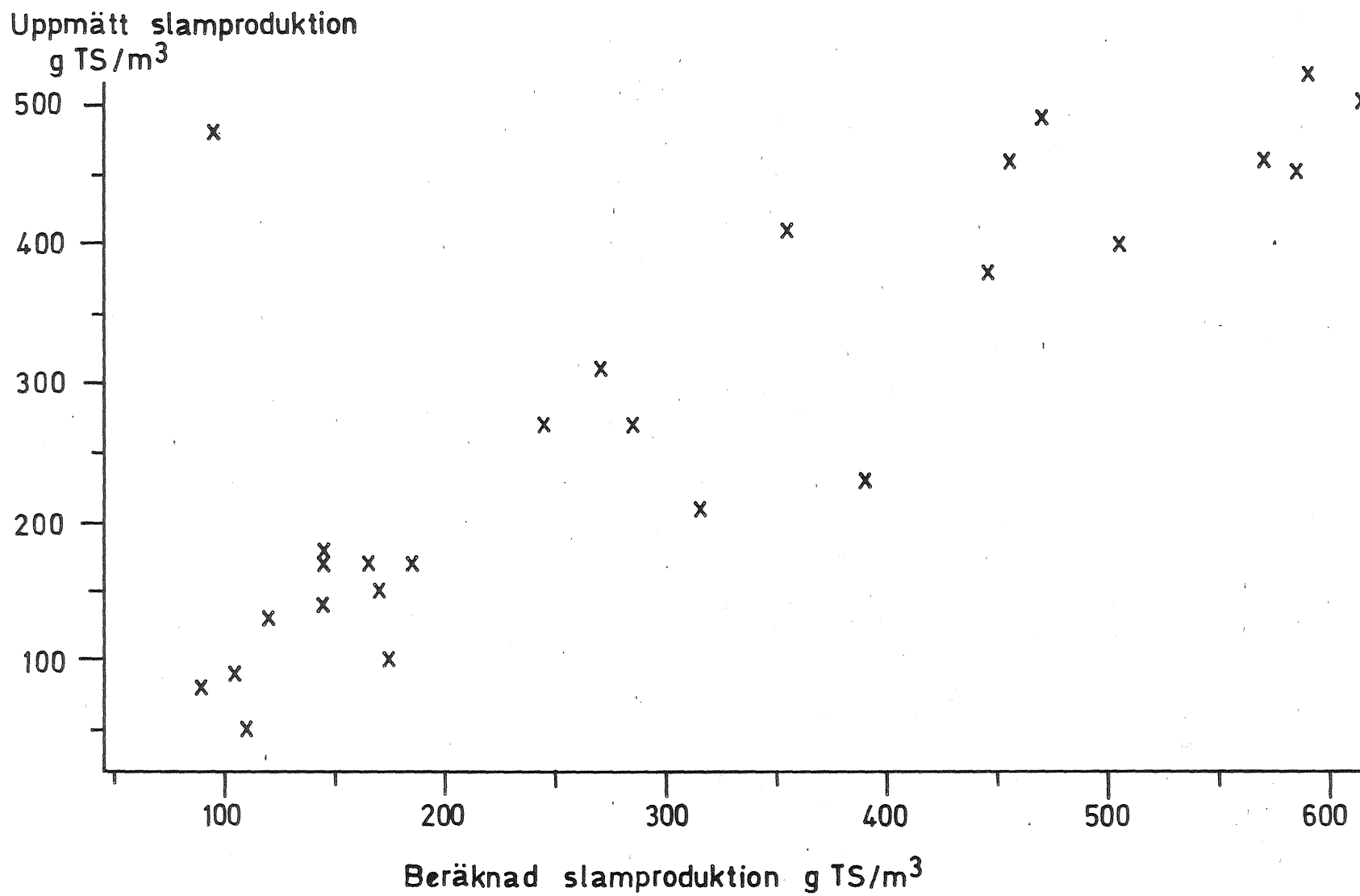


Fig 12. Verklig och beräknad slamproduktion vid fällningsförsök i laboratorium.

Vid fällningsförsöken var också kalkbehovet större än teoretiskt beräknat. Om man antar att överdoseringen av kalk beror på att kalken ej löser sig så borde "överdosen" bilda slam. I figur 12 jämförs teoretiskt beräknad slamproduktion + överdos med uppmätt slamproduktion.

Med tanke på att försöken utförts i liten skala och att slamproduktionen i absoluta tal utgjort 20-100 mg TS, är överenskommen mellan predikterade och uppmätta data god.

#### Jämviktskonstanter vid kalkfällning

Löslighetsprodukten för kalciumkarbonat anges i litteraturen till ca  $4 \cdot 10^{-9}$  -  $8 \cdot 10^{-9}$ . Vid kalkfällning av avloppsvatten gäller inte detta värde på löslighetsprodukten. Detta är inte förvånande med tanke på att man har ett brett spektrum organiskt och oorganiskt material närvarande som kan påverka utfällningen. Kontakttiden mellan vatten och utfällt material är också för kort för att jämvikt kan förutsättas föreligga.

Med utgångspunkt från alkalinitetsmätningar, pH-värden och kalciumjonkoncentrationer kan en fiktiv löslighetsprodukt beräknas för de betingelser som gällde vid fällningen. Dessa fiktiva löslighetsprodukter låg alla inom området  $0,8 - 1,4 \cdot 10^{-6}$ .

Att jämvikt inte förelåg styrks av det förhållandet att efter 20 h flockning så hade den fiktiva löslighetprodukten sjunkit till  $0,2 - 0,6 \cdot 10^{-6}$ . Wiechers et al. (1980) har vid försök i Sydafrika funnit en "löslighetsprodukt" på  $0,2 \cdot 10^{-6}$ .

På motsvarande sätt beräknade fiktiva löslighetsprodukter för magnesiumhydroxid visade stora spridningar, från  $2 \cdot 10^{-11}$  -  $3 \cdot 10^{-9}$ .

Några synpunkter på betydelsen av fällning med kalk och andra kemikalier med utgångspunkt i laboratorieförsöken

I försurningssammanhang har det ofta hävdats att kalkfällning skulle vara väsentligt bättre än s k sura fällningskemikalier.

Andra (Anonym) har med utgångspunkt från teoretiska beräkningar visat att kalkfällning kan vara till nackdel eftersom man fäller ut vattnets vätekarbonat-karbonat. Hultman och Forsberg (1983) hävdar att efterfällning med kalk ger en alkalinitets ökning först vid fällning vid höga pH-värden (minst 11,5). För lägre pH-värden erhålles istället en alkalinitetssänkning beroende på att vätekarbonat och karbonat i avloppsvattnet överförs till svårslöslig kalciumkarbonat, som avlägsnas från avloppsvattnet.

Eftersom utfällning av kalciumkarbonat vid de betingelser som gäller i reningsverk ej följer de jämviktskonstanter som finns i kemisk litteratur så blir teoretiska beräkningar av begränsat värde. De fällningsförsök som utförts ger en något annorlunda bild. Vid pH 11,4 uppgick differensen mellan p-alkalinitet och m-alkalinitet som är ungefär lika med oorganiskt kol till 0,6-1,5 mekv/l.

Fällningsförsöken har utförts i området 10,5 - 11,4. Vid 26 försök registrerades alkalinitetshöjningar i 25 försök och alkalinitetssänkningar i 5 försök. Alkalinitetssänkningarna uppträdde enbart i avloppsvatten med alkalinitet över 4 mekv/l.

I det undersökta pH-området var i de flesta fall det kalkfällda avloppsvattnets alkalinitet relativt oberoende av pH-värdet (dock i flertalet fall något sjunkande med ökande pH-värde); en sjunkande vätekarbonat-karbonatkoncentration komparerades av en ökande hydroxid-jonkoncentration. Ökade man fällnings-pH ytterligare skulle givetvis alkaliniteten öka.

Från försöken kan konstateras att en vanlig alkalinitetsökning vid efterfällning med kalk är ca 0,75 mekv/l. Alkalinitetsänkning vid efterfällning med aluminium eller järnsalter är 0,5 - 1,5 mekv/l beroende på dosering.

En rimlig uppskattning av kalkfällningens alkalinitetshöjning relativt järn- och aluminiumsalter är då ca 1,5 mekv/l eller mer. Detta motsvarar 250-300 ekv alkali per person och år.

Om man utgår från att pH-värdet och kolsyrakoncentrationen i de vatten som är aktuella att tillföra alkali är låga, så motsvarar detta 25-30 kg 100-% utnyttjad kalksten per person och år. Värdet av detta kan ej anges generellt då man förutom kemikaliekostnaderna också måste ta spridningskostnaderna för kalksten med i beräkningarna.

## REFERENSER

Anonym (1978) Hur stor är fällningskemikaliernas betydelse för försurningen? Vattenspegl Nr 1, 4-5.

Balmér, P. (1974 a) Slamproduksjon ved kjemisk felling. Vann 9, 33-38.

Balmér, P., Grini, O.M. och Murland, E. (1974 b) Försök med mekanisk-kjemisk og biologisk-kjemisk rensing for det interkommunale renseanlegget på Hamar. Vann 9, 276-292.

Balmér, P. (1980) Icke publicerad rapport till COST 68 Working Party 1.

Balmér, P. (1985) Erfarenheter med fällning av kommunalt avloppsvatten med kalk. Inst för VA-teknik, Chalmers Tekniska Högskola. Internskrift 4:85.

Hultman, B. och Forsberg, C. (1983) Kan försurade sjöar och vattendrag botas med renat kommunalt avloppsvatten? Vatten 39, 3-14.

Wiechers, H.N.S., Lowenthal, R.E. och Marais, G.v.R. (1980) Lime Treatment of Wastewater: Development and Application of a Simple Graphical Technique for Predicting the Composition of Lime Treated Secondary Effluent. Prog. Wat. Tech. 12, 347-358.

## DATA OM RENINGSVERK

Allmänna upplysningar

Reningsverk:

Kommun:

Län:

Typ av verk:

Byggt år:

Projekterat av:

Antal anslutna personer:

Dim för antal personer:

Industrianslutning:

 $Q_{dim}$  $Q_{aktuell}$  $Q_{besök}$  $Q_{max}$ FörbehandlingGaller    Grov  
          FinStavavstånd  
Stavavstånd

Rensgodsmängd

Sandfång typ

Volym

Sandmängd

Silar      typ

Silgodsmängd

Försedimentering

Volym	Djup	Area
Antal		
Skraptyp		Flytslamavdrag
Uppehållstid vid $Q_{med}$		vid $Q_{besök}$
Arealbelastning vid $Q_{med}$		vid $Q_{besök}$
Hur tas slam ut:		
Avsättbart		P
BS		alkalitet
Anmärkningar		

Luftning

Volym	Djup	Antal
Uppehållstid vid $Q_{medel}$		vid $Q_{besök}$
Returslamflöde		Konstant/varieras
Luftningssystem		Driftsätt
$SS_{luftning}$		$SS_{returslam}$
$SV_{luftning}$		
$O_2$ luftning		
Överskottsslam uttag		Intermitt/kont
Slambelastning		
Slamålder		
Anmärkningar		



Mellansedimentering

Volym	Djup	Area
Antal		
Skraptyp		Flytslamavdrag
Uppehållstid vid $Q_{medel}$		vid $Q_{besök}$
Arealbelastning vid $Q_{medel}$		vid $Q_{besök}$
Avsättbart	BS	P
Siktdjup	$NO_3$	SS
Alkalitet		
Anmärkningar		

Kemikalietillsättning

Silo/Tank volym

Dosering

Vibrator

Upplösning

Reglering

Inblandning

Dosering      Max  
                  Normal  
                  Min

Besök

Vad påverkar dosering

Inköp ton/år

Vad behövs för bra resultat

Flockning

Volym

Antal

Omrörartyp

Hastighet

Flockbildning

Uppehållstid  $Q_{med}$  $Q_{besök}$ 

Avsättningar

Flytslam

FlockningspH

Anmärkningar

Slutsedimentering

Volym		Djup		Area
Antal				
Skraptyp			Flytslam	
Slamuttag				
Uppehållstid vid $Q_{medel}$			vid $Q_{besök}$	
Arealbelastning vid $Q_{medel}$			vid $Q_{besök}$	
Avsättbart	SS	BS		P
Siktdjup	pH	alkalitet		$PO_4$ -P
Slamvolym, ut		% TS		

Slamproduktion

Total slamvolym

% TS

Slamförtjockare

Area

Volym

Djup

Antal

Omrörartyp

Driftsätt

Volym in

Volym ut

TS in

TS ut

Rejekt återförs till

hur?

Rejekt kvalitet

Slamluftning/Slamsilo

Volym in

Volym ut

Uppehållstid

Slamavvattnare

Typ

Antal

Normal kapacitet

Max kapacitet

Driftstid per dag

Dagar per vecka

Polymerlösning konc

Typ

max

Dosering normal

Besök

min

Total förbrukning av polymerer

TS in

TS kaka

SS rejekt

Rejekt återföres till

Bortkörd slammängd

Variationer

Upplysningar om provtagning m.m.

Reningsverkets namn .....

Person att kontakta .....

Tel .....

Provtagning utförd den .....

Prov på ingående vatten är dygnsprov 

Prov på ingående vatten är stickprov/blandprov uttaget kl..... till kl .....

Prov på biologiskt renat vatten är uttaget kl..... till kl .....

Prov på utgående vatten är uttaget kl..... till kl .....

Tillrinningen under provtagningstiden var .....

Doseringen av kalk under provtagningstiden var .....

Kalken levereras av .....

bränd 

Kalk som doseras är

släckt Luftningsbassängens volym är .....m<sup>3</sup>

Slamhalten i luftningsbassängen är ca .....g/l.

Om slamhalten ej är känd ange slamvolymen i luftningsbassängen ..... ml/l

(Vid kontaktstabilisering var vänlig uppge volym och slamhalter både för kontaktbassängen och aktiveringsbassängen)

Vad var pH i flockningsbassängen under provtagningen .....

Ni har tidigare uppgivit att slamproduktionen vid verket är ca .....

Är det ungefär det samma nu? Om inte var vänlig uppge ungefärlig nuvarande slamproduktion .....

Var slammet vid provtagning

 "normal" torrhalt blötare än "normalt" torrare än "normalt"

Anmärkningar:

## ANVÄNDA FÖRKORTNINGAR

PHBIO	=	pH-värde i biologiskt renat vatten
ALKBIO	=	Alkalinitet i biologiskt renat vatten, mekv/l
CABIO	=	Kalciumkonc - " - , mg Ca/l
MGBIO	=	Magnesium konc - " - , mg Mg/l
PO4BIO	=	Fosfatkonc - " - , mg P/l
NH4BIO	=	Ammoniumkonc - " - , mg N/l
NO3BIO	=	Nitratkonc - " - , mg N/l
PHKEM	=	pH-värde i kemiskt renat vatten
PHMKEM	=	start pH-värde i kemiskt renat vatten vid titrering
PAL KKEM	=	Alkalinitet i kemiskt renat vatten (titr till pH 8,3) mekv/l
MAL KKEM	=	Alkalinitet i kemiskt renat vatten (titr till pH 4,5) mekv/l
CAKEM	=	Kalciumkonc i kemiskt renat vatten, mg Ca/l
MGKEM	=	Magnesiumkonc - " - , mg Mg/l
PO4KEM	=	Fosfatkonc - " - , mg P/l
DOS	=	Doserad $\text{Ca(OH)}_2$ , mg $\text{Ca(OH)}_2$ /l
SLAM	=	Utfällt slam, mg TS/l
ALKBEH	=	Alkalibehov för höjning av pH till 11,4 mekv/l
VERK	=	1 = Vissefjärda 2 = Målilla 3 = Frövi 4 = Vede våg 5 = Sätilla 6 = Timmele 7 = Torsby 8 = Svärdsjö 9 = Stöde
KALK	=	1 = $\text{Ca(OH)}_2$ p.a 2 = Verkets egen kalk
IOCBIO	=	Summa oorg.kol i biol renat vatten mmol/l
CAC03UTF	=	Utfälld kalciumkarbonat, mg/l
APATUTF	=	Utfälld hydroxylapatit, mg/l
DOSTEO	=	Kalkdos beräknad från alkalibehovet ALKBEH mg $\text{Ca(OH)}_2$ /l



OVERDOS = Verklig kalkdos - DOSTEO., mg  $\text{Ca(OH)}_2$ /l  
CATOT = Utfälld kalk, mg Ca/l  
CACO3CA = Kalk utfälld som kalciumkarbonat, mg Ca/l  
APATCA = Kalk utfälld som hydroxylapatit, mg Ca/l  
RESTCA = Utfälld kalk som inte är CACO3CA eller APATCA, mg Ca/l  
RESTCAOH = RESTCA omräknat till  $\text{Ca(OH)}_2$ , mg  $\text{Ca(OH)}_2$ /l  
OVERSLAM = Slam som inte är CACO3UTF eller APATUTF, mg TS/l

## BERÄKNINGSSAMBAND

```
IOCBIO=ALKBIO+ALKBIO/10** (PHBIO-0.40);
CAC03UTF=(IOCBIO-MALKKEM+PALKKEM)*100;
APATUTF=(P04BIO-P04KEM)*502/93;
C03FIK=IOCBIO*10** (PHKEM-10.38)/(1+10** (PHKEM-10.38));
A=2*C03FIK+IOCBIO-C03FIK-ALKBIO;
B=10** (PHKEM-9.3);
DOSTEO=37*(A+NH4BIO/14*B/(1+B)+1000*10** (-14.17+PHKEM));
OVERDOS=DOS-DOSTEO;
CATOT=CABIO-CAKEM+DOS*40/74;
CAC03CA=CAC03UTF*40/100;
APATCA=APATUTF*200/502;
RESTCA=CATOT-CAC03CA-APATCA;
RESTCAOH=RESTCA*74/40;
OVERSLAM=SLAM-CAC03UTF-APATUTF;
DOSPRE1=37*(NH4BIO/14 + ALKBIO);
DOSPRE2=DOSPRE1 + 66;
ALKBH2=ALKBH*37;
CAAPOV=CAC03UTF+APATUTF+OVERDOS;
```

ANALYS- OCH BERÄKNINGSRESULTAT

	P H B I O	A L K B I O	C A B I O	M G G B I O	P O 4 B I O	N H 4 B I O	N O 3 B I O	P H K E M	P H M K E M	P A L K K E M	M A L K K E M	C A K K E M	M G G K E M	P O 4 K E M	D O S	S L A M	A L K B E H	V E R K	K A L K	I O C B I O	C A C O 3 U L F	A P A I U L F	L O O F L A
1	2	1	75	2	2	0	11	10	2	2	75	2	0	179	137	3.9	1	1	1	60.729	12.8409	1.20246	
2	7	1	36	5	0	0	10	10	0	2	56	2	0	133	54	.	2	1	1	13.000	19.9120	0.95711	
3	7	1	55	5	0	0	11	10	0	0	55	2	0	200	152	.	2	1	1	23.000	19.5783	1.15555	
4	7	1	36	5	0	0	11	10	0	0	55	2	0	187	103	.	2	1	1	83.000	20.2419	1.30554	
5	7	1	36	5	0	0	11	10	0	0	57	2	0	120	86	.	2	1	1	83.000	19.0462	1.35554	
6	7	1	33	2	0	0	10	10	0	0	49	2	0	115	71	.	3	1	2	23271	17.5970	1.57521	
7	7	1	33	2	0	0	11	10	0	0	46	2	0	144	142	.	3	1	2	23271	17.8129	1.67550	
8	7	1	33	2	0	0	11	10	0	0	49	2	0	172	168	5.2	3	1	2	23271	19.1084	2.07520	
9	7	1	33	2	0	0	11	10	0	0	47	2	0	176	184	.	3	2	2	23271	16.9465	2.07507	
10	7	1	33	2	0	0	10	10	0	0	43	2	0	107	80	.	4	1	1	54000	16.8413	0.67571	
11	7	1	33	2	0	0	11	10	0	0	43	2	0	135	125	.	4	1	1	44.000	17.5450	1.27575	
12	7	1	33	2	0	0	11	10	0	0	50	2	0	193	170	.	4	1	1	54000	54.000	18.4007	
13	7	1	33	2	0	0	11	10	0	0	51	2	0	135	475	.	4	2	1	64.000	19.0004	1.45575	
14	7	1	33	2	0	0	11	10	0	0	37	2	0	180	168	.	5	1	2	74.028	15.5458	1.45514	
15	7	1	33	2	0	0	11	10	0	0	39	2	0	287	269	5.8	5	1	2	52028	19.8101	2.30050	
16	7	1	33	2	0	0	11	10	0	0	39	2	0	446	381	.	5	2	2	52028	149.028	22.4551	
17	7	1	33	2	0	0	11	10	0	0	48	2	0	200	214	.	6	1	2	90796	178.796	33.6280	
18	7	1	33	2	0	0	11	10	0	0	56	2	0	320	230	6.7	6	1	2	90796	225.796	34.4583	
19	7	1	33	2	0	0	11	10	0	0	60	2	0	287	411	.	6	2	2	90796	222.790	35.1400	
20	7	2	18	4	2	16	10	10	1	3	37	3	1	28	200	.	7	1	2	55944	67.944	0.5554	
21	7	2	18	4	2	16	11	10	1	3	38	3	1	10	207	.	7	1	2	55944	78.944	7.5570	
22	7	2	18	4	2	16	11	10	1	3	54	3	1	37	307	6.7	7	1	2	55944	143.944	11.4974	
23	7	2	18	4	2	16	10	10	1	3	49	3	1	41	322	.	7	2	2	55944	135.944	11.0213	
24	7	2	18	4	2	16	10	10	1	3	31	3	1	45	459	.	8	4	4	85745	300.745	20.5546	
25	7	2	18	4	2	16	11	10	1	3	36	3	1	32	507	.	8	1	4	85745	322.745	29.0404	
26	7	2	18	4	2	16	11	10	1	3	44	3	1	31	533	9.8	8	1	4	85745	347.745	29.0744	
27	7	2	18	4	2	16	11	10	1	3	44	3	1	42	425	.	8	2	4	85745	335.745	28.5000	
28	7	2	18	4	2	16	11	10	1	3	70	3	1	59	319	.	9	4	4	46500	341.500	17.5271	
29	7	2	18	4	2	16	11	10	1	3	85	3	1	13	547	6.7	9	1	4	46500	393.500	19.8101	
30	7	2	18	4	2	16	11	10	1	3	85	3	1	21	364	.	9	2	4	46500	361.500	19.5783	

BERAKNINGSRESULTAT

OBS	A	B	DOSTEO	OVERDOS	CATOT	CACOC3CA	APATCA	RESTCA	RESTCAOH	OVERSLAM	DOSPREF1	DOSPREF2	ALBEN2	CAPUV
1	1.34975	125.893	113.195	65.805	96.757	26.692	5.1183	64.947	120.151	57.424	43.713	109.713	144.5	145.581
2	1.09711	25.119	53.995	79.005	51.892	5.200	7.9570	38.735	71.660	21.028	48.999	114.999	.	111.970
3	1.28333	50.119	73.379	126.621	89.108	9.200	7.7204	72.188	133.547	109.622	48.999	114.999	.	108.999
4	1.43534	125.893	116.834	70.166	78.081	33.200	8.0645	36.817	68.111	-0.242	48.999	114.999	.	173.408
5	1.43534	125.893	116.834	3.166	43.865	33.200	7.8280	2.837	5.248	-16.648	48.999	114.999	.	105.616
6	1.57592	19.953	69.325	45.675	50.162	.	7.0108	.	.	.	76.960	142.960	.	.
7	2.05807	63.096	108.733	35.267	68.838	.	7.0968	.	.	.	76.960	142.960	.	.
8	2.25799	158.489	163.753	8.247	80.973	.	7.6129	.	.	.	76.960	142.960	192.4	.
9	2.22078	125.893	146.105	29.895	85.135	.	7.5484	.	.	.	76.960	142.960	.	.
10	1.01571	15.849	45.790	61.210	47.838	5.600	6.7097	35.528	65.727	49.159	52.117	118.117	.	92.051
11	1.38205	50.119	76.462	56.538	61.892	17.600	6.9892	37.303	69.010	63.457	52.117	118.117	.	115.051
12	1.54575	125.893	120.342	72.658	87.324	21.600	7.3333	58.391	108.023	97.593	52.117	118.117	.	145.064
13	1.54575	125.893	120.342	12.658	53.892	25.600	7.5699	20.722	38.336	392.000	52.117	118.117	.	95.055
14	1.55342	15.849	86.270	93.730	82.297	29.611	6.1935	46.492	86.011	78.426	111.000	177.000	.	185.505
15	2.42087	125.893	174.432	112.568	138.135	62.011	7.8925	68.231	126.228	94.161	111.000	177.000	214.6	287.406
16	2.42087	125.893	174.432	271.568	224.081	59.611	8.9462	155.523	287.718	209.516	111.000	177.000	.	465.051
17	1.89155	15.849	97.289	102.711	115.108	71.519	13.3978	30.192	55.855	1.575	119.404	185.404	.	315.136
18	2.89243	125.893	190.307	129.693	171.973	90.319	13.7204	67.934	125.678	-30.235	119.404	185.404	247.9	389.826
19	2.89243	125.893	190.307	96.693	150.135	89.119	14.0000	47.017	86.981	153.064	119.404	185.404	.	354.650
20	1.66485	15.849	109.286	90.714	89.108	27.178	2.6237	59.307	109.717	96.470	129.236	195.236	.	165.246
21	2.27371	50.119	150.601	56.399	91.892	31.578	3.0108	57.303	106.011	93.499	129.236	195.236	.	142.961
22	2.58842	158.489	216.897	90.103	129.946	57.578	4.5806	67.788	125.407	114.558	129.236	195.236	247.9	245.945
23	2.54577	125.893	198.981	123.019	143.054	54.378	4.7097	83.967	155.338	166.234	129.236	195.236	.	269.765
24	3.38850	19.953	211.338	241.662	235.865	120.298	11.3763	104.191	192.753	129.701	246.314	312.314	.	379.761
25	4.43746	63.096	274.247	232.753	260.054	129.098	11.5699	119.386	220.865	97.215	246.314	312.314	.	584.954
26	4.79145	125.893	319.304	213.696	266.108	139.098	11.5914	115.419	213.525	139.161	246.314	312.314	302.6	590.355
27	4.79145	125.893	319.304	105.696	212.730	134.298	11.3548	67.077	124.092	123.755	246.314	312.314	.	469.941
28	3.05117	19.953	170.670	148.330	178.432	136.600	6.9032	34.929	64.619	40.773	205.614	271.614	.	307.151
29	5.26006	251.189	342.852	204.148	258.676	157.400	7.8925	93.383	172.759	89.690	205.614	271.614	247.9	617.454
30	4.41518	158.489	292.366	71.634	199.757	144.600	7.7204	47.436	87.757	79.122	205.614	271.614	.	652.515



