

# Avvattning av rötat slam genom tillsats av kalk och saltvatten

Av Pia Ryrfors

Pia Ryrfors er ansatt som  
prosjektmedarbeider FOU ved VEAS

Presenterat på NORVAR  
Juleseminar den 21 desember 1993.

*I denna presentation beskrivs hur en til synes hoppløs situation kunde løses på ett enkelt och billigt sätt. Efter många veckors misslyckade strävanden att konditionera och pressa VEAS rötade slam i fullskala såväl som på laboratoriet fann vi lösningen på problemet. Det var med stor tillfredsställelse vi såg att konditionering med kalk och saltvatten, istället för med enbart kalk, gjorde slammet lätt att avvattna.*

## Inledning

När avloppsvatten renas erhålls stora slamvolymerna med låg torrhalt. För att reducera slamvolymerna, minska slamhanteringskostnaderna och få ett lätthanterligt slam koncentreras detta i förtjockare, och avvattnas efter eventuell stabilisering. Stabilisering kan ske genom till exempel anaerob stabilisering (rötning). Slammet kan sedan användas som jordförbättringsmedel.

Slambehandlingen på VEAS bestod tidigare av förtjockning, konditionering med 25-27% kalk och avvattning genom pressning i kammarfilterpressar. Slammet hade efter pressning torrhalt på ca 34%.

Efter en pålaga 1989 från Fylkesmannen i Oslo och Akershus införde VEAS anaerob stabilisering av förtjockat slam i maj 1993. Detta medförde en ny slamkvalitet med bland annat andra avvattningsegenskaper. Det rötade slammet visade sig vara mycket svårt att avvattna, och det gick inte att avvattna till tillräckligt hög torrhalt med den gamla metoden.

För att förbättra situationen ökades kalkdoseringen kraftigt och pressningstiderna förlängdes avsevärt. Slammet gick trots detta inte att avvattna med tillfredställande resultat, och dessutom gav den höga kalkdoseringen problem med igensättning av filterdukar samt avdrivning av ammoniak från slammet. Detta påverkade arbetsmiljön negativt.

Försök gjordes även att tillsätta en anjonpolymer till slammet, men inte heller detta gav förbättrat resultat.

Laboratorieförsök inleddes för att undersöka hur parametrarna inblandningsintensitet respektive tid av kalk, samt kalkhalt inverkar på avvattningsegenskaperna. Under försökets gång tillsattes saltvatten till slammet efter förslag från cand. real. Randi Sagberg. Avvattningsegenskaperna förbättrades

betydligt. Laboratorieförsöken inriktades därefter på hur slammet skulle konditioneras med kalk och saltvatten för att ge goda resultat i fullskala i kammarfilterpressarna. En översikt av dessa försök presenteras här.

### **Försöksbetingelser**

Slammet togs ut efter röt-kamrarna. Torrhalten varierade mellan 4,7 och 5,3%. Slammets pH var 7,8-8,0 och dess temperatur ca 34 °C. Temperaturen på slammet sjönk sedan gradvis under försökens gång. Målet var att det färdigbehandlade slammet skulle uppnå torrhalt över 40%.

Försöken utfördes på följande sätt:

1. Slam hölls upp i bägare.
2. Kalkinblandning gjordes under omrörning. Omrörning skedde med omrörare från Kemira Kemi resp Phipps & Bird INC. Dessa används normalt för att göra jartester på avloppsvatten. Omrörning skedde även i 250 ml bägare med magnetomrörare (1). Kalken tillsattes som  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -slurry.
3. Omrörningsperiod
4. Saltvattentillsats gjordes under omrörning.
5. Omrörningsperiod
6. Prov togs ut för analys.

För att mäta avvattningsbarheten hos slamproverna utfördes C.S.T-mätningar (Capillary Suction Time). Mätningen består i att slam placeras i en cylinder ovanpå ett filterpapper. Den tid det tar för kapillärerna i filterpappret att suga upp vatten ur slamprovet ett visst avstånd mäts (2). Slamprovets torrhalt har även betydelse för C.S.T-värdet.

Lägre C.S.T betyder bättre avvattnings-egenskaper.

För att få ett bra avvattningsresultat i fullskaledrift på VEAS bör C.S.T-värdet vara 75 sekunder eller lägre.

Övriga analyser som utfördes gällde torrhalt och konduktivitet

### **Definisjon av tillsättning av kalk respektive saltvatten**

Kalktillsättningen är beräknad som torr  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  till torrt slam. Saltvattentillsättningen är beräknad som volymprocent av slamvolymen innan kalk- och saltvattentillsättningen..

### **Resultat och diskussion**

*Avvattningsresultat utan saltvattentillsats*

Inledningsvis undersöktes olika inblandningsintensiteter och tider för inblandning av kalk. Dessa försök gjordes utan inblandning av saltvatten. Försöken visade (1) att det var gynnsamt att ha en låg omrörningsintensitet. För de fortsatta försöken valdes inblandning av kalk med 200 rpm under 3 minuter. Det lägsta C.S.T-värdet som erhöles vid konditionering med enbart kalk var 120 sekunder, men som regel var C.S.T långt över 300 sekunder.

*Omröringsintensitet under saltvattentillsatsen*

Olika omrörningsintensiteter undersöktes för omrörningen efter kalkinblandningen. Omrörningshastigheten behölls även under saltvattentillsatsen och under den efterföljande omrörningsperioden. En omrörningshastighet på 50 rpm visade sig vara för låg eftersom slammet började sedimentera. Måttlig

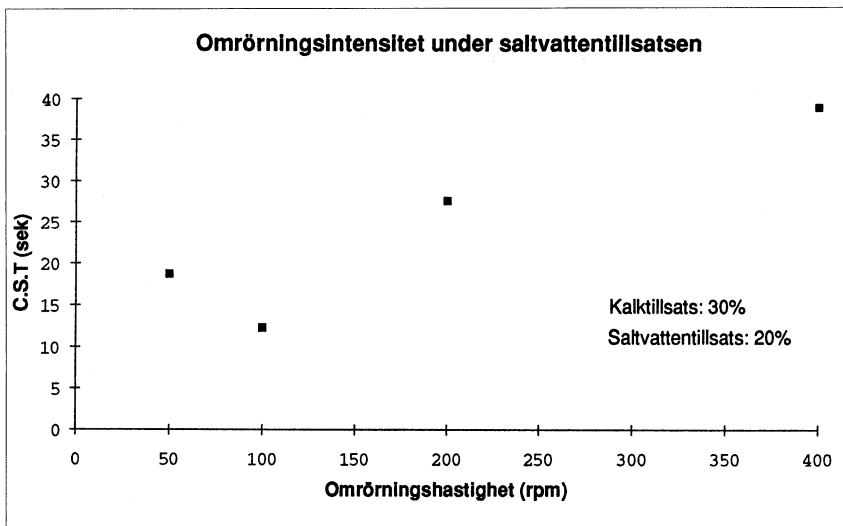


Diagram 1

omrörning på omkring 100 rpm gav bäst resultat. (Diagram 1)

*Uppehållstid mellan kalk- och saltvattentillsats*

Försök gjordes med olika uppehållstid

mellan tillsats av kalk och saltvatten för att se hur uppehållstiden påverkade avvattningsresultatet. Uppehållstider upp till 60 minuter undersöktes, och minima i C.S.T visade sig föreligga

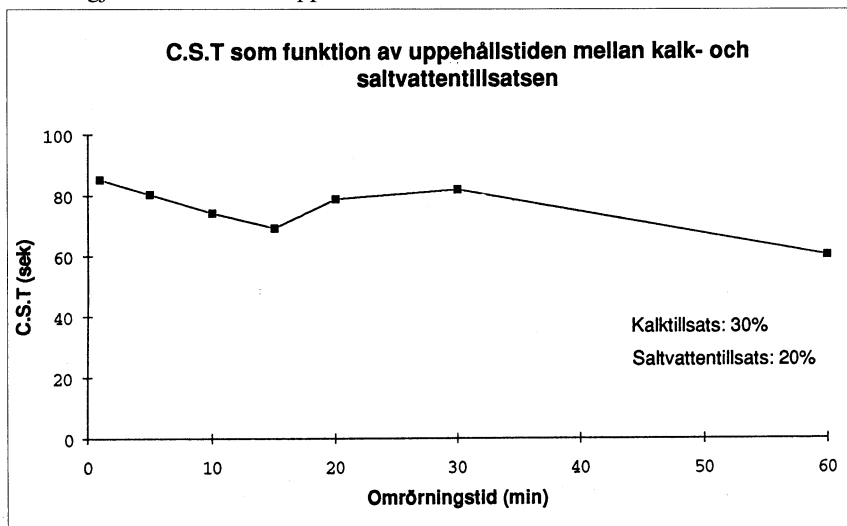


Diagram 2

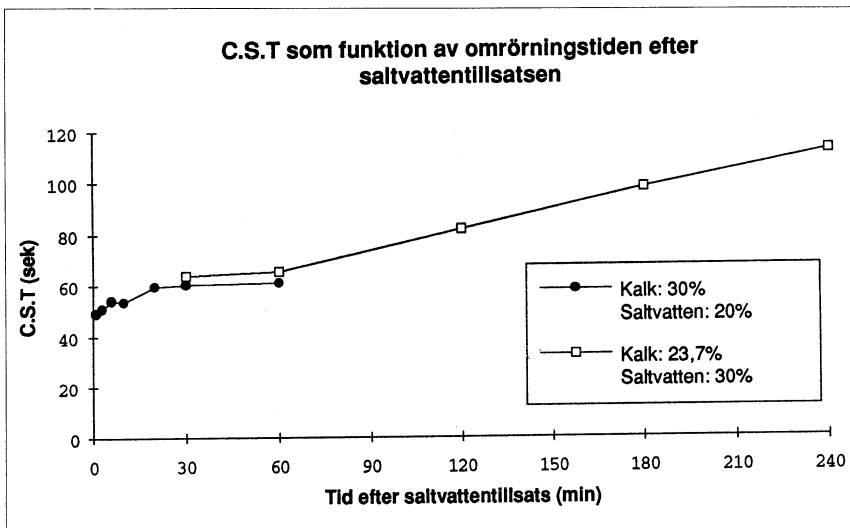


Diagram 3

efter 15 respektive 60 minuters uppehållstid. I fullskaledrift kommer det att vara svårt att träffa det minimum som erhålls efter 15 minuter. Uppehållstiden mellan kalk och saltvatten bör därför vara mer än 30 minuter för att ge bra avvattningsegenskaper. (Diagram 2)

#### Hur länge kvarstår saltvattnets positiva effekt?

Det var av intresse att veta hur snabbt efter saltvattentillsatsen den positiva effekten uppträdde, samt hur länge de förbättrade avvattningsegenskaperna varade. Vid de försök som utfördes framkom att den positiva effekt saltvattnet gav uppträdde omedelbart efter att det har blandats in. Effekten av saltvattnet minskade sedan långsamt med tiden. (Diagram 3)

#### Kalktillsättning

Effekten av olika kalktillsatser

undersöktes i kombination med olika saltvattentillsatser. Syftet var att finna den lägsta tillsats av kalk som gav bra avvattning av slammet. Under försöksperioden provades kalktillsatser i området 18,8 till 32,5%. Den lägsta kalktillsats som gav C.S.T under 100 sekunder var 23,7% kalk med 30% saltvattentillsats, respektive 23,5% kalk med 20% saltvattentillsats. I laboratorieförsök bör kalktillsatsen vara över 23%, helst 28-30% för att ge goda resultat.

I fullskala har kalktillsättningen till syfte att, frånsett att ge ett lättavvattnat slam, hygienisera slammet. Detta åstadkommes genom att pH i slammet höjs till pH 10-11. Detta måste tas i betraktande för val av kalktillsättning i fullskaledrift. (Diagram 4)

#### Saltvattentillsättning

Försök med olika tillsatser av saltvatten gjordes för att ta reda på vilka tillsatser

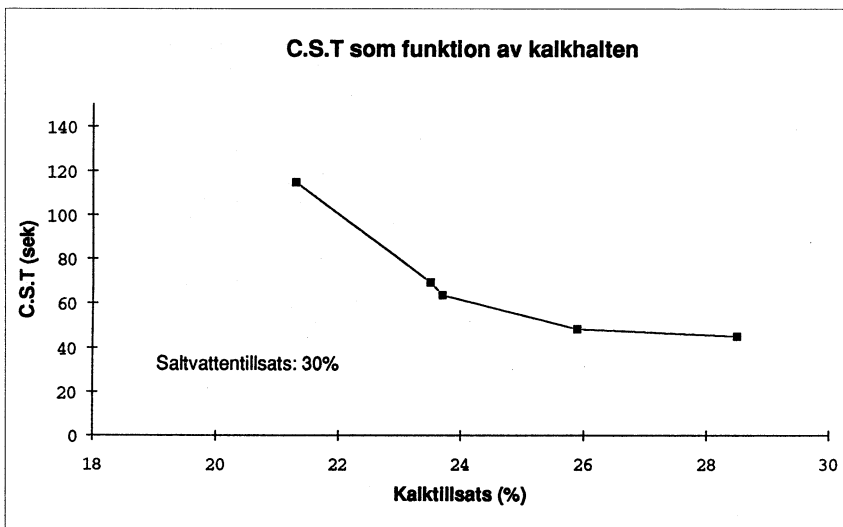


Diagram 4

som krävdes för att ge bra avvattningsegenskaper. Saltvattentillsatser mellan 10 och 40% undersöktes. Det framkom att saltvattnets positiva effekt framträdde med tillsatser över 15%. I

laboratorieförsök erhöles goda resultat med saltvattentillsatser på 20 till 30% (Diagram 5),.

*Omvänd tillsats av kalk och saltvatten*  
En intressant fråga var om lika goda

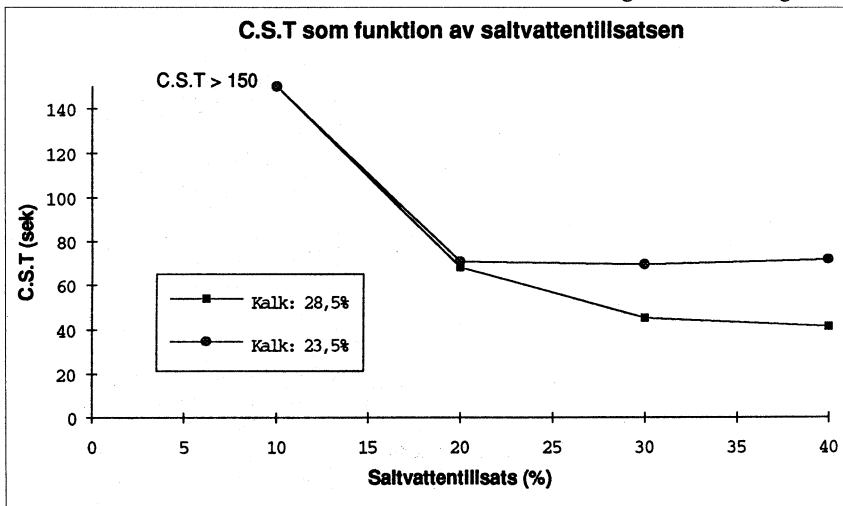


Diagram 5

resultat kunde erhållas om saltvatten tillsattes före kalken. Detta var bland annat intressant för dragningen av saltvattenrör till VEAS avvattningsanläggning. Försök utfördes med lika tillsatser av kalk respektive saltvatten. När kalken tillsattes först erhöles C.S.T på 44 sekunder, och vid omvänd tillsats med satsning av saltvatten före kalken, erhöles C.S.T på långt över 200 sekunder. Det var alltså tydligt att kalken måste tillsättas före saltvattnet.

*Vilken är saltvattnets effektiva komponent?*

Det fanns olika teorier om vilken som kunde vara den effektiva komponenten i saltvattnet. Tänkbara komponenter var:

- jonstyrka
- magnesiumjoner
- kalciumjoner

Försök gjordes för att utröna om någon av dessa gav positiv effekt på avvattningsegenskaperna. Detta gjordes genom att slamprover konditionerades med 32,2 % kalk, och därefter tillsattes följande lösningar:

(a) saltvatten (salinitet: 29,8-31,0 promille (3)) Tillsats: 20 vol%

(b) NaCl (0,535 M)  
Tillsats till samma jonstyrka som erhöles med tillsats (a)

(c) MgSO<sub>4</sub> (0,105 M)  
Tillsats: 20 vol%

(d) MgSO<sub>4</sub> (52,3 mM)  
Tillsats: 20 vol%

(e) CaCl<sub>2</sub> (10,0 mM)  
Tillsats: 20 vol%

(f) MgCl<sub>2</sub> (52,3 mM)

CaCl<sub>2</sub> (10,0 mM)

Tillsats: 20 vol%

det första försöket undersöktes effekten av konduktivitet samt magnesiumjoner. Tillsatsen av magnesiumsulfat gav 2,3 gånger så stor magnesiumtillsats som saltvattnet. I det andra försöket undersöktes effekten av kalciumjoner. Tillsats av magnesiumjoner upprepadades. Tillsatserna av Mg- respektive Ca-joner motsvarade 1,1 gånger den halt saltvattnet innehöll av jonerna.

**Tabell 1**

Tillsats	Konduktivitet (mS)	C.S.T (sek)
(a) saltvatten	1390	68
(b) NaCl	1360	>200
(c) MgSO <sub>4</sub>	920	32
(a) saltvatten		82
(d) MgSO <sub>4</sub>		66
(e) CaCl <sub>2</sub>		> 200
(f) CaCl <sub>2</sub> och MgCl <sub>2</sub>		51

Mätningarna visade att lägre C.S.T-värde erhöles för slam som hade konditionerats med kalk och saltvatten än med kalk och natriumklorid, trots att de båda proverna hade samma konduktivitet. Det slamprov som var konditionerat med kalk och magnesiumsulfat hade lägre konduktivitet än de två andra, men uppvisade lägst C.S.T.

När enbart kalciumjoner tillsattes erhöles betydligt högre C.S.T än vad konditionering med kalk och saltvatten gav, C.S.T var långt över 200 sekunder. Det var alltså tydligt att den positiva effekten inte kom från kalciumjonerna i saltvattnet.

Tillsats av magnesiumjoner gav något lägre C.S.T än vad saltvattnet gav. Detta berodde troligen på att halten magnesiumjoner var lägre i det saltvatten som tas in till VEAS (3) än den halt som användes vid beräkningen (4).

Lägst C.S.T erhöles då lösningen med såväl magnesium- som kalciumjoner tillsattes. Eftersom endast ett försök gjordes med denna tillsats, bör försöket upprepas för att se om resultatet är signifikant.

Det var tydligt att varken jonstyrka eller kalciumjoninnehåll var saltvattnets effektiva komponent, utan magnesiumjoninnehållet. Den positiva effekten kom troligen genom utfällning av  $Mg(OH)_2$ . Denna är enligt litteraturen geleartad till sin karaktär (5), och detta stämde bra med de iakttagelser som gjordes under försöken. Då saltvatten eller magnesiumjoner tillsattes erhöles en förtjockning av slammet, och denna förtjockning erhöles inte vid tillsats av NaCl eller enbart kalciumjoner.

Det har tidigare nämnts att kalken måste tillsättas före saltvattnet. Detta kan bero på att pH i slammet var för lågt (pH 7,8-8,0) för att ge utfällning av  $Mg(OH)_2$ , och att magnesiumjonerna istället reagerar med någon annan komponent i slammet. Efter konditionering med kalk har slammet pH på ca pH 11, och  $Mg(OH)_2$  faller ut vid pH 10 - 11 (4). Magnesiumjonerna kan tänkas reagera med någon av följande beståndsdelar i slammet:

- organiska syror och bilda tvål
- ammoniak och löst fosfor,  
 $MgNH_4PO_4$

- karbonat och hydroxid,  
 $Mg_4(CO_3)_3(OH)_2$

#### *Avvattning i fullskala med kalk och saltvatten*

Konditionering med kalk och saltvatten började 8 september 1993 på VEAS, omedelbart efter att laboratorieförsöken visat goda avvattningsresultat. Under de första månadernas drift varierade kalktillsatsen mellan 23 och 30%. Det visade sig att konditionering av slammet med 23% kalk gav goda resultat med hänsyn till avvattningen, men att pH-höjningen i slammet blev för låg med tanke på hygieniseringen. Kalktillsatsen höjdes till ca 30%, och detta gav såväl gott avvattningsresultat som pH på ca pH 11, vilket krävs för att hygienisera slammet. Saltvattentillsatsen har varit ca 20%.

Presstiderna för en cykel i kammarfilterpressarna är ca 330 minuter, och torrhalten på slamkakorna är ca 43%.

Detta innebär att övergången från att konditionera med enbart kalk till kalk och saltvatten har gett drastiskt förbättrad avvattning av slammet. Kalktillsättningen kunde sänkas till en rimlig nivå, vilket även medförde att arbetsmiljön blev bättre på grund av minskad avdrivning av ammoniak från slammet, och att igensättning av filterdukarna minskade. Dessutom ökade torrhalten på slamkakorna samtidigt som presstiderna för en cykel kunde minskas från 8-10 timmar till ca 330 minuter.

## Sammenfattning

Laboratorieförsöken visade att avvattningen av VEASrötades slam underlättades betydligt när slammet konditionerades med kalk och saltvatten istället för med enbart kalk. Den effektiva komponenten i saltvattnet är magnesiumjonerna. Effekten kommer troligen av utfällning av  $Mg(OH)_2$ . Tillsats av enbart kalciumjoner eller ökad jonstyrka ger inte förbättrade avvattningsegenskaper.

För att få ett bra avvattningsresultat måste kalken blandas in i slammet före saltvattnet tillsätts. Det verkar som om en långsammare inblandning av kalken är att föredra framför snabbare inblandning. Efter kalktillsatsen rekommenderas längre uppehållstid än 30 minuter innan saltvattnet tillsätts. Omedelbart efter att saltvattnet är inblandat erhålls förbättrade avvattningsegenskaper. Därefter sker en långsam ökning av C.S.T med ökad uppehållstid efter saltvattentillsättningen.

För fullskaledrift är det att rekommendera kalktillsatser på 28-30% och saltvattentillsats på minst 20%.

Metoden som tagits fram på laboratoriet sattes i drift i fullskala med gott resultat. Avvattningen sker för tillfället med ca 30% kalktillsats och ca

20% saltvattentillsats. Detta ger slamkakor med torrhalt på ca 43% efter pressning i 330 minuter. Konditionering med kalk och saltvatten medför att kalkdosen kan sänkas, pressningstiderna minskas samt att slamkakornas torrhalt blir högre. Ytterligare en vinst är att arbetsmiljön blev bättre när kalkdoseringen minskade, eftersom det medförde minskad avdrivning av ammoniak från slammet.

## Referenser

- (1) Ryrfors, P.: Avvanning av uttrånet slam med tilsetning av kalk og sjö-vann. VEAS FoU-Rapport 4-06, 1993
- (2) Avloppsteknik DEL V: Slambehandling. Svenska kommunförbundet, 1989
- (3) Uppgift från Jan Magnusson, NIVA
- (4) Handbook of Chemistry and Physics, Weast 54th Edition, 1973-1974
- (5) Slowinsky and Masterton: Qualitative Analysis and the Properties of Ions in Aqueous Solution