

# Avvanning av slam. Kritiske faktorer ved kondisjonering

Av Bjørn-Erik Haugan

Bjørn-Erik Haugan er siv.ing. fra NTH 1977 og ansatt som forsker ved NIVA.

Mekanisk avvanning av slam er aktuelt ved rensanlegg med ca. tusen personer tilknyttet. I tillegg vil slam fra mindre anlegg ofte bli kjørt til større anlegg og avvannet der. Mekanisk avvanning vil med dagens apparatur som regel forutsette en kondisjonering av slammet. Med dette forstår vi tilsats av stoffer som koagulerer partikulært, suspendert materiale i råslammet.

Kondisjoneringen er driftsmessig viktig for å få et slam med høyt tørrstoffinnhold. Vannfasen som fjernes (rejektet), tilbakeføres til rensanlegget og kan forårsake driftsproblemer om kvaliteten er dårlig. Riktig kondisjonering kan bedre rejektets kvalitet. Kjemikaliekostnadene ved kondisjonering kan bli høye, og økonomien ved avvanningssteget er dermed et viktig aspekt.

NIVA har på denne bakgrunn i 1977 og 1978 et relativt omfattende forskningsprosjekt rundt kondisjonering av slam. Instituttet er så heldig å nyte godt av prof. J. T. Novak fra University of Missouri ved dette arbeidet. Han er en ledende kapasitet på området, og er i Norge på et «NTNF post doctorate fellowship».

Kondisjonering av slam foregår ved tilsats av di- eller trivalente metallioner (jern, kalk, aluminium etc.), eller ved til-

sats av syntetiske langkjedede molekyler; ofte kalt polymerer eller polyelektrolytter.

Bruk av syntetiske polymerer ved kondisjonering og avvanning av slam fra rensanlegg har funnet bred anvendelse. Polymerene anvendes ved ulike avvanningsmetoder som omfatter et vidt spenn av påkjenninger på det kondisjonerte slammet. Som eksempel kan nevnes at ved gravimetrisk fortykning og sentrifugering er kreftene hhv. i områdene 1 og 1 000—5 000 G.

Langkjedede polymerer vil gripe inn og forandre et slams struktur ved mekanismer andre enn rene kjemiske reaksjoner. Dosering alene gir dermed ikke fullgodt grunnlag for å forutsi hvilke resultater som kan oppnås med polyelektrolytter.

Generelt kan man si at bruken av polymerer påvirker avvanningshastigheten i sterkere grad enn maksimalt oppnåelig prosent tørrstoff. I praktisk drift vil belastningen på avvanningsapparaturen gjerne være bestemt av slamproduksjonen og driftsrutinene ved rensanlegget. Dette betyr at man også får et tørrere slam om slammet kondisjoneres riktig.

## **Polymerenes virkeområde**

Virkingen av syntetiske polymerer tilskrives i hovedsak to forhold:

- Ladningsnøytralisering
- Adsorpsjon og bruygging mellom partikler.

Ved bruk av positivt ladede (kationiske) polyelektrolytter (polymerer) minskes frastøtningkreftene mellom de negativt ladede slampartiklene, og derved øker sannsynligheten for koagulering av disse. Denne mekanismen er primært avhengig av mengdeforholdet ladede partikler/tilsatt polymer.

På markedet finnes også uladede (nonioniske) og negativt ladede (anioniske) polymerer. Dersom disse skal kunne koagulere slampartikler som jo er negativt ladet, må virkningen tilskrives andre forhold enn ladningsnøytralisering.

Adsorpsjon og bruygging, dvs. oppbygging av slamstruktur rundt et skjellett av syntetiske polymer, henger i sterk grad sammen med hydrauliske forhold idet polymeren blandes inn i slamm. Denne siste mekanismen er meget komplisert og kan ikke beskrives rent kjemisk. Da kunnskapen om disse forholds betydning er lite kjent, er det også tatt lite hensyn til i konstruksjonen av eksisterende anlegg. Det er kanskje her de største mulighetene for forbedring av avvanning ligger.

I tillegg til ladningens fortegn vil viktige parametre ved polymerene være lengden (eller molekylvekt) og hydrolysegrad. Hydrolysegraden angir hvor mange prosent av polymerenes byggestener (monomerer) som er ladet. Det er antatt at polymerene må ha molekylvekt større enn ca.  $10^6$  for å kunne fungere ved bruygging.

Vi skal ikke her gå i detalj mht flokkuleringsmekanismer, men i stedet se litt på noen forhold som er viktig i prosess teknisk sammenheng.

## Eksperimentelt

Ved laboratorietester ved NIVA er *aktivslam* fra forsøksanlegget på Kjeller underkastet avvanningstester. Disse skjedde etter kondisjonering under ulike betingelser mht. polymerdose, røreintensitet under flokkuleringen, påkjenning før avvanning og polymerlengde.

Avvanningsegenskapene ble uttrykt som «filtretid». Dette uttrykker tiden det tok å få ut 70 ml filtrat fra en 100 ml prøve i en Buchnertrakt. Filtringen skjedde gjennom to stk. Whatman Nol filterpapir ved et trykk på -49 kPa (0,5 atm.).

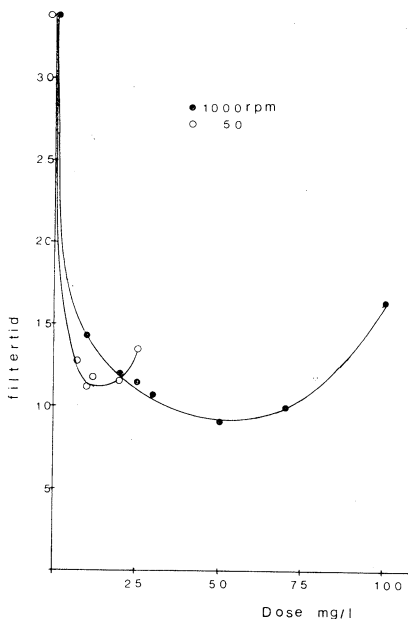
Kondisjoneringen skjedde ved røring av slam/kondisjoneringsmiddel i 1 min. med kontrollert hastighet. Kondisjoneringsmiddelet var Praestol 444K, en langkjedet, kationisk polymer med tilnærmet 100 prosent hydrolysegrad.

Av figur 1 framgår at filtringstiden når et minimum for en viss «optimal» dose polymerer tilsatt.

Optimal dose ved høy røreintensitet (1000 rmp) er høyere enn ved 50 rmp. Kurven for 1000 rmp har også et bredere optimum, slik at overdosering ikke i samme grad resulterer i dårligere avvanning. Minimum filtringstid er derimot ikke vesentlig forskjellig for de to kondisjoneringsmåter.

For å undersøke virkningene av skjær-påkjenninger på et kondisjonert slam, ble slamprøver kondisjonert ved optimal dose ved hhv. 50 og 1000 rpm. Deretter ble prøvene underkastet kontinuerlig røring ved 300 rpm for å simulere skjær-påkjenninger. Filtringstiden ble så målt med mellomrom, slik at påvirkningen av omrøringen over tid kunne måles. Sammenlikning ble gjort med kondisjonerte prøver som sto uten å være utsatt for røring.

For Praestol 444K, som er langkjedet, kan sies at slammet etter kondisjonering ved både 50 og 1000 rpm tålte godt lagring uten omrøring.



Figur 1. Filtreringstid som funksjon av polymerdose ved to forskjellige røreintensiteter.

Prøvene som etter kondisjonering ble kontinuerlig rørt ved 300 rpm, var imidlertid markert forskjellig. Slammet, kondisjonert ved 1000 rpm, tålte røringen godt, mens slam kondisjonert ved 50 rpm umiddelbart fikk drastisk forverrede avvanningsegenskaper.

For å se i hvilken grad denne evnen til å tåle påkjenninger hadde sammenheng med polymerenes evne til å binde sammen slamartikler, ble det forsøkt en polymer med lav molekylvekt (ca. 50—80 000) — Praestol 185K. Polymeren har samme

hydrolysegrad som Praestol 444K, slik at forskjeller burde kunne tilskrives ulik polymerlengde. Røring av slam, kondisjonert med denne polymeren, hadde katastrofale virkninger for slam kondisjonert både ved 50 og 1000 rpm.

Konklusjonen synes å være at for å bygge sterke fnokker, bør det benyttes en langkjedet polymer, som gis relativt kraftig røring en kort periode under kondisjoneringen.

For å undersøke holdbarheten av resultatene under skjærpåkjenninger som er typiske for avvanningsapparat, ble slam kondisjonert ved hhv. 50 og 1000 rpm. Flere forskjellige doser ble forsøkt. Slammet ble deretter filtrert i en kammerfilterpresse ved 600 kPa (6 Atm.).

Prøver av filterkaken ble tatt med intervaller for å få et inntrykk av hvordan tørrstoffet i kaken økte. Filtratet hadde i alle tilfelle en tilfredsstillende turbiditet.

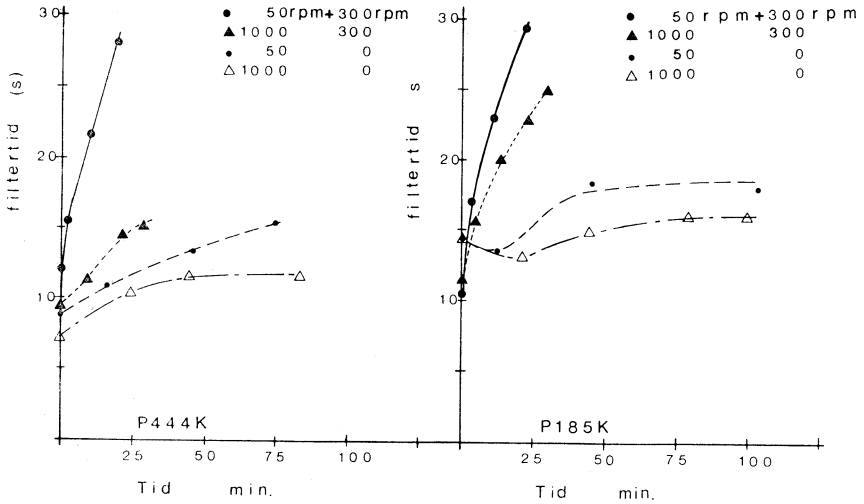
Polymeren som ble benyttet, var Praestol 444K.

Av TS-forløpet i figur 3 framgår tydelig betydningen av tilstrekkelig energitilførsel i kondisjoneringsfasen. Verd å merke seg er også det lave maksimale TS-innhold som oppnås om ikke kondisjoneringen utføres både med egnet dose og med egnet turbulens. På figur 3 er virkningen bare vist ved dose 30 mg/l, men forsøk er også gjort ved 10, 60 og 90 mg/. Alle ga kvalitativt det samme forløp.

Ved dose 60 mg/ ga 1 times filtrering TS-verdiene 24,1 prosent og 13,9 prosent etter kondisjonering ved hhv. 1 000 og 50 rpm.

De essensielle parametre er således avvannings-apparatens:

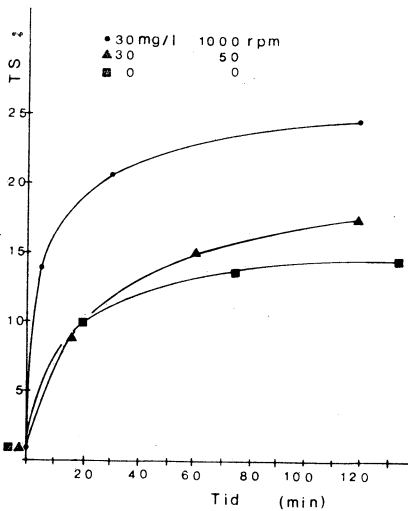
- Karakteristiske skjærpåkjenninger
- Prosesstid.



Figur 2: Filtre­tid som funksjon av skjærpåkjønning (røring).

Dette har konsekvenser for kondisjo­nerings:

- Energitilførsel
- varighet
- dose.



Figur 3: TS i kake som funksjon av tid.

Konklusjoner fra forsøkene vil være:

- a. Høy skjærpåkjønning i avvannings-apparaturen krever sterke fnokker
- b. Sterke fnokker oppnås ved «høy» polymerdose og betydelig energitilførsel under kondisjonering
- c. Ved for lav energitilførsel vil høy dosering av kondisjoneringsmiddel gi dårligere avvanningsegenskaper i slammet
- d. Ved for lav polymerdose i forhold til energitilførselen under kondisjonering, vil fnokkene brytes opp og gi dårligere avvanning
- e. Optimalisering på anlegg må skje ved å variere både dose og energitilførsel i kondisjoneringsfasen
- f. Valg av en egnet polymer er i alle fall en forutsetning for gode resultater.

Ved mange renseanlegg med slamavvanning skjer polymertilsettingen i slamledningen umiddelbart foran slamavvannings-apparaturen. På bakgrunn av de

resultater som her er presentert, kan man sette spørsmålstegn ved slike løsninger. Det vil være en beskjeden turbulens slammet utsettes for under kondisjoneringen, og det er tvilsomt om fnokkene blir sterke nok for de påkjenninger som mange typer avvanningsutstyr gir. En bedre løsning ville være å ha en spesiell kondisjoneringseenhet med mulighet for omrøring med variabel hastighet.

Dette betyr at en bør ta hensyn til de krav kondisjoneringen stiller allerede ved planlegging og installasjon av avvanningsutstyr. De erfaringer som det her er redegjort for, vil imidlertid også kunne gjøres

nytte av ved eksisterende anlegg. Som eksempel kan nevnes at en ved å flytte doseringspunktet, vil kunne påvirke den turbulens slammet utsettes for under kondisjonering.

Forsøkene har også vist at det er vanskelig å visuelt vurdere et slams kondisjonering. Ved kondisjonering ved lav turbulens kan en ofte få store diskrete fnokker ved klart slamvann. Dette slam kan imidlertid ha en klinete konsistens og være vanskelig å avvanne. Større fnokker og klart slamvann er altså ikke ensbetydende med god kondisjonering og gode avvanningsegenskaper.

## INGENIØR A. B. BERDAL

RÅDGIVENDE INGENIØRER  
M.N.I.F. M.R.I.F.

VANNKRAFTANLEGG  
DAMMER  
HYDROLOGI

VANN  
KLOAKK  
RENSEANLEGG

ELEKTRISKE ANLEGG FOR KRAFTVERK  
PUMPESTASJONER OG INDUSTRI  
MARIES VEI 20, 1322 HØVIK, TELEFON 12 22 50