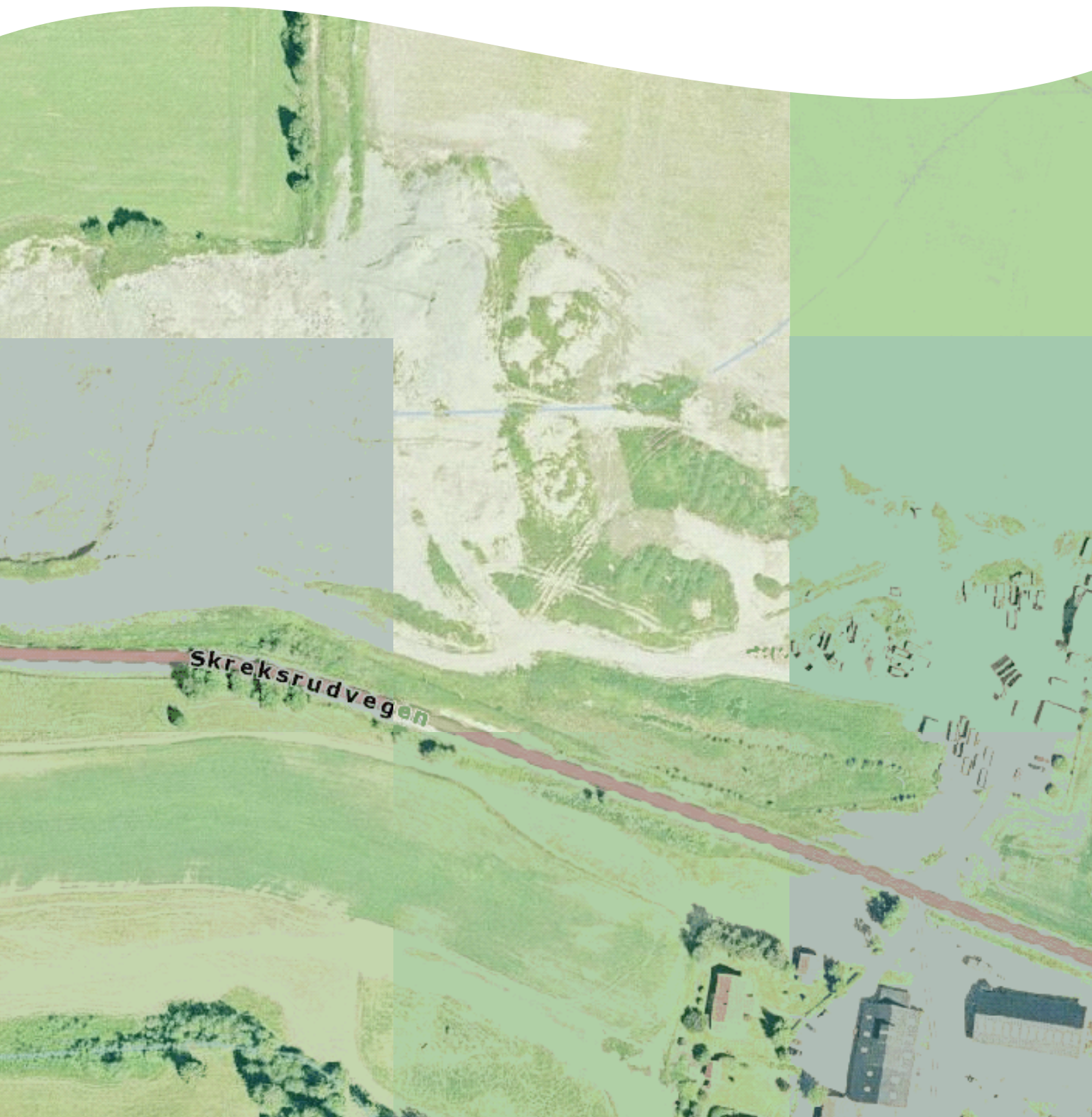


# Jartestforsøk med kjemisk felling av sigevann fra Ødegård avfallsdeponi



**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 2218 51 00  
Telefax (47) 55 23 24 95

**NIVA Midt-Norge**

Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Jartestforsøk med kjemisk felling av sigevann fra Ødegård avfallsdeponi.	Løpenr. (for bestilling) 5760-2009	Dato 5. februar 2009
	Prosjektnr. Undernr. 25285 14	Sider Pris 11
Forfatter(e) Christian Vogelsang	Fagområde Vannrensing	Distribusjon Åpen
	Geografisk område	Trykket CopyCat AS

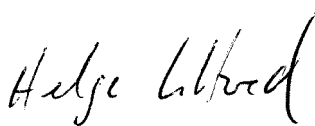
Oppdragsgiver(e) CCM Ødegård avfallsdeponi, Bjørn E. Berg AS	Oppdragsreferanse Bjørn E. Berg
---	------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>NIVA har gjort jartester med to ulike metallbaserte koagulanter på sigevann fra Ødegård avfallsdeponi på Årnes for å undersøke effekten av kjemisk felling som behandlingsmetode i f.h.t gjeldende og mulig kommende krav fra myndighetene på tungmetaller. Resultatene antyder at det vil være vanskelig å klare både nåværende og nye renskrav.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sigevann</li> <li>2. Kjemisk felling</li> <li>3. Metallkoagulanter</li> <li>4. Tungmetaller</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Landfill leachate</li> <li>2. Chemical precipitation</li> <li>3. Metal coagulants</li> <li>4. Heavy metals</li> </ol>
---	--



Christian Vogelsang  
Prosjektleder



Helge Liltved  
Forskningsleder



Jarle Nygard  
Fag- og markedsdirektør

**Jartestforsøk med kjemisk felling av sivevann fra  
Ødegård avfallsdeponi**

## Forord

NIVA ble tilsendt rensset sigevann fra Ødegård avfallsdeponi på Årnes tappet 18.11.08. I løpet av desember måned ble det gjennomført jartester i laboratorieskala med to ulike metallbaserte koagulanter for å undersøke effekten av kjemisk felling som behandlingsmetode i f.h.t gjeldende og mulig kommende krav fra myndighetene på tungmetaller. Forsøket ble gjennomført av undertegnede, mens analysene på tungmetaller ble utført ved NIVAs akkrediterte analyselaboratorium.

Oslo, 5. februar 2009

*Christian Vogelsang*

---

## Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>4</b>
<b>1. Materialer og metoder</b>	<b>5</b>
1.1 Sigevann	5
1.2 Fellingskjemikalier	5
1.3 Jartestforsøk	5
1.4 Bestemmelse av SVI og slamproduksjon	5
1.5 Kjemiske analyser	6
<b>2. Resultater og diskusjon</b>	<b>7</b>
2.1 Bestemmelse av optimal fellingsdose for fjerning av SS	7
2.2 Justering av pH og pH-avhengighet	8
2.3 Fjerning av KOF, TOC, tot N og tungmetaller med PAX-18 og JKL	8
2.4 Bestemmelse av SVI og slamproduksjon	10
<b>3. Konklusjon</b>	<b>11</b>

## Sammendrag

NIVA har gjort jartester med to ulike metallbaserte koagulanter på sigevann fra Ødegård avfallsdeponi på Årnes for å undersøke effekten av kjemisk felling som behandlingsmetode i f.h.t gjeldende og mulig kommende krav fra myndighetene på tungmetaller. Resultatene antyder at det vil være vanskelig å klare både nåværende og nye rensekra. Det er sannsynlig at man kan forvente noe bedre fjerning av partikulært materiale med etterpolering for bedret partikkelfjerning (f.eks. gjennom sandfilter) og dermed økt tungmetallfjerning (dog ikke Ni eller Mn), men det er allikevel tvilsomt om rensekra. Samtidig må det poengteres at resultater oppnådd i laboratorieskala kun er indikative i f.h.t hva man kan forvente å oppnå i fullskala, men forbedringen man evt. kan forvente vil i hovedsak være forbundet med partikkelsepareringen.

# 1. Materialer og metoder

## 1.1 Sige vann

NIVA ble tilsendt rensert sige vann fra Ødegård avfallsdeponi tappet 18.11.08. Vannet ble lagret ved 4°C inntil testene ble gjennomført i midten av desember. Sige vannets karakteristikk før behandling er vist i Tabell 1.

**Tabell 1.** Kjemisk karakteristikk av sige vann før behandling.

pH	SS <sub>eq</sub>	KOF	TOC	Tot N	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Mn	Fe	Al
-	mg/l	mg O <sub>2</sub> /l	mg C/l	mg N/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
7.88	65	2432	666	392	95	<2	878	84.7	140	<20	71.4	277	1520	470

## 1.2 Fellingskjemikalier

PAX-18 og JKL fra Kemira Chemicals AS ble benyttet i forsøkene. PAX-18 er en aluminiumsbasert koagulant (prepolymerisert aluminiumklorid) med et Al-innhold på  $9.0 \pm 0,2$  % (se <http://www.kemirawatersolutions.com/documents/PAX18new1.pdf> for mer info). JKL er jernkloridsulfat med et innhold av treverdige Fe (Fe<sup>3+</sup>) på  $10,6 \pm 0,3$  % (se [http://www.kemira.com/regions/norway/SiteCollectionDocuments/Solutions\\_Products/Kommuner/AvlopIndustri/Fe/Produktdatablad%20JKL.pdf](http://www.kemira.com/regions/norway/SiteCollectionDocuments/Solutions_Products/Kommuner/AvlopIndustri/Fe/Produktdatablad%20JKL.pdf) for mer info). De ble tilsatt i uforynnnet form i forsøkene. PAX-18 og JKL ble i hovedsak testet ved forventet optimal pH på pH 6,0-6,5 for PAX-18 og pH 4,0 for JKL. HCl (1-5 M) ble benyttet for å justere pH.

## 1.3 Jartestforsøk

Det ble gjennomført jartestforsøk med angitt målsetning:

1. Bestemmelse av optimal dose for fjerning av SS med to ulike koagulanter.
2. For optimal dose og -25 %, +25 % og +50 % dosering i f.h.t denne for de to koagulantene, bestemme fjerning av KOF, TOC, tot N og tungmetaller (ikke Hg).
3. For optimal dose og -25 %, +25 % og +50 % dosering i f.h.t denne for de to koagulantene, bestemme slamvolum-indeks (hvor kompakt slammet blir etter sedimentering) og slamproduksjon for de to koagulantene.

Bestemmelsen av optimal koagulantdose ble gjort i begerglass med 200 ml og 600 ml sige vann. Med 200 ml ble innblandingen og omrøringen gjort ved magnetomrøring, mens med 600 ml ble standard-flokkulatoren fra Kemira benyttet. Denne ble også benyttet for alle øvrige tester, der det ble benyttet 1000 ml sige vann i hver test. Som standard ble det benyttet 30 sek innblanding ved 400 rpm og 10 min flokkulering ved 30 rpm før sedimentering. Som standard ble det benyttet 300 min sedimentering, men for slamproduksjons- og SVI-bestemmelsene ble det også benyttet 3 timers sedimentering.

## 1.4 Bestemmelse av SVI og slamproduksjon

Slamvolumindeksen (SVI) er et enkelt mål på hvor godt slammet sedimenterer og setter seg. Den er definert som volumet av ett gram tørrstoff slam og ble bestemt som volumet av slammet etter at det hadde sedimentert i 30 min i en gradert konisk kolonne i f.h.t den initiale slamkonsentrasjonen. Utgangsvolumet var 1 liter. Pga den høye slamkonsentrasjonen målte vi også etter 3 timer.

Slamproduksjonen ble bestemt ved å måle volumet av sedimentert slam og måle tørrvektinnholdet i dette ved inndampning (100°C over natten til konstant vekt).

## 1.5 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøver for å kunne vurdere rensresultatet. For bestemmelse av optimal koagulantdose ble det benyttet en forenklet prosedyre for bestemmelse av suspendert stoff ( $SS_{eq}$ ), som også til en viss grad reflekterer fargen til vannet. Dette er en spektrofotometrisk bestemmelse basert på absorpsjon av partikulært materiale med en innebygd standard i spektrofotometeret (HACH-Lange Odyssey 2800). KOF og total-nitrogen (tot N) ble bestemt med HACH-Lange testkyvetter (LCK514 for KOF og TNT827 for tot N). For TOC og tungmetallanalysene ble NIVAs akkrediterte analyselaboratorium benyttet.

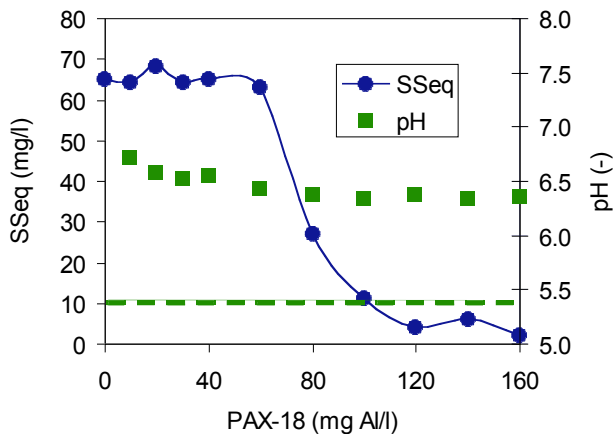
## 2. Resultater og diskusjon

### 2.1 Bestemmelse av optimal fellingsdose for fjerning av SS

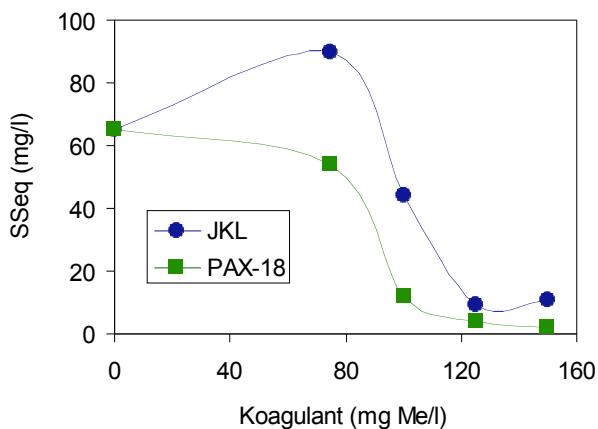
Figur 1 viser forsøk med felling av sigevannet fra Ødegård avfallsdeponi med PAX-18. Doseringen er oppgitt i mg Al/l og resultatet er målt som resterende SSeq etter behandlingen. Det ble tatt ut prøver etter en flokkuleringstid på 10 min og prøvene ble filtrert gjennom et GF/C-filter (1,2 µm poreåpning). pH ble forsøkt holdt nær 6.5, som er en normal fellings-pH for PAX-18. SSeq er ekvivalent til, men ikke identisk med, vanlig SS (suspendert stoff). Pga den sterke fargen til sigevannet vil SSeq-verdien ha dårlig samsvar med vanlig SS, men den gir likevel et greit mål på renseeffekten. Det ble observert en vesentlig farge-fjerning med behandlingen, men ved en ren kvalitativ vurdering (basert på visuell observasjon) i ettertid var nok denne ikke tilsvarende fjerningen av SSeq. Dessverre ble det ikke tatt noen bilder for visuell dokumentasjon av prøvene som ble tatt ut.

Resultatet viser at det var nødvendig med en dosering >60 mg Al/l for å gi noen signifikant fjerning av SSeq. Ved en dosering på nær 100 mg Al/l begynte effekten av behandlingen på SSeq å flate ut. 100 mg Al/l tilsvarer en PAX-18-dose på ca 1,1 kg/m<sup>3</sup>.

Figur 2 viser tilsvarende resultater for både PAX-18 og JKL etter 3 timers sedimentering i stedet for filtrering. JKL trenger lavere fellings-pH for å virke optimalt. I disse forsøkene ble pH holdt på ca 4.0, noe som krever en vesentlig dosering av syre i tillegg. Nødvendig dosering var omtrent den samme for de to fellingskemikaliene.



Figur 1. Fjerning av SSeq med PAX-18 etter filtrering.



Figur 2. Fjerning av SSeq med PAX-18 og JKL etter sedimentering i 3 timer.



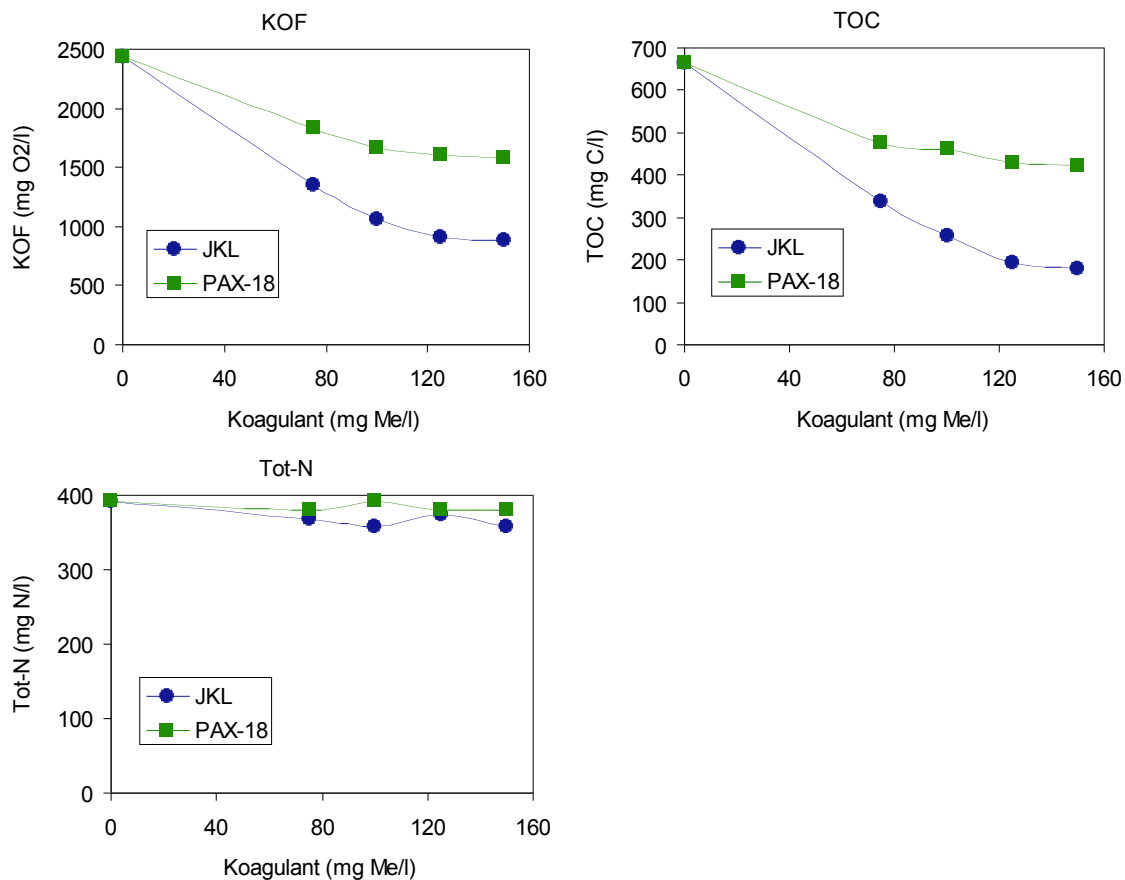
## 2.2 Justering av pH og pH-avhengighet

I forsøket ble det benyttet HCl for å justere pH til forventet optimal fellings-pH for de to koagulantene. For PAX-18 ligger denne på pH 6,0-6,5 og for å nå denne pH etter dosering av optimal PAX-18-dose på 100 mg/l måtte det doseres 1,5 ml konsentrert HCl per liter sigevann (pH 6,3). For JKL med optimal fellings-pH på ca 4,0 måtte det doseres 3,8 ml konsentrert HCl per liter sigevann (pH 3,8).

For PAX-18 ble dette ikke gjort tester uten pH-justering. For JKL, hvor optimal pH er langt lavere, ble det gjort forsøk uten pH-justering og ved justering ned til ca pH 5,4. Verken uten pH-justering eller ved pH 5,4 ble det observert noen vesentlig  $SS_{eq}$ -fjerning ved dosering opp til 150-160 mg/l. Først ved pH <4,5 ble det observert god fnokkproduksjon ved de nevnte JKL-doseringene.

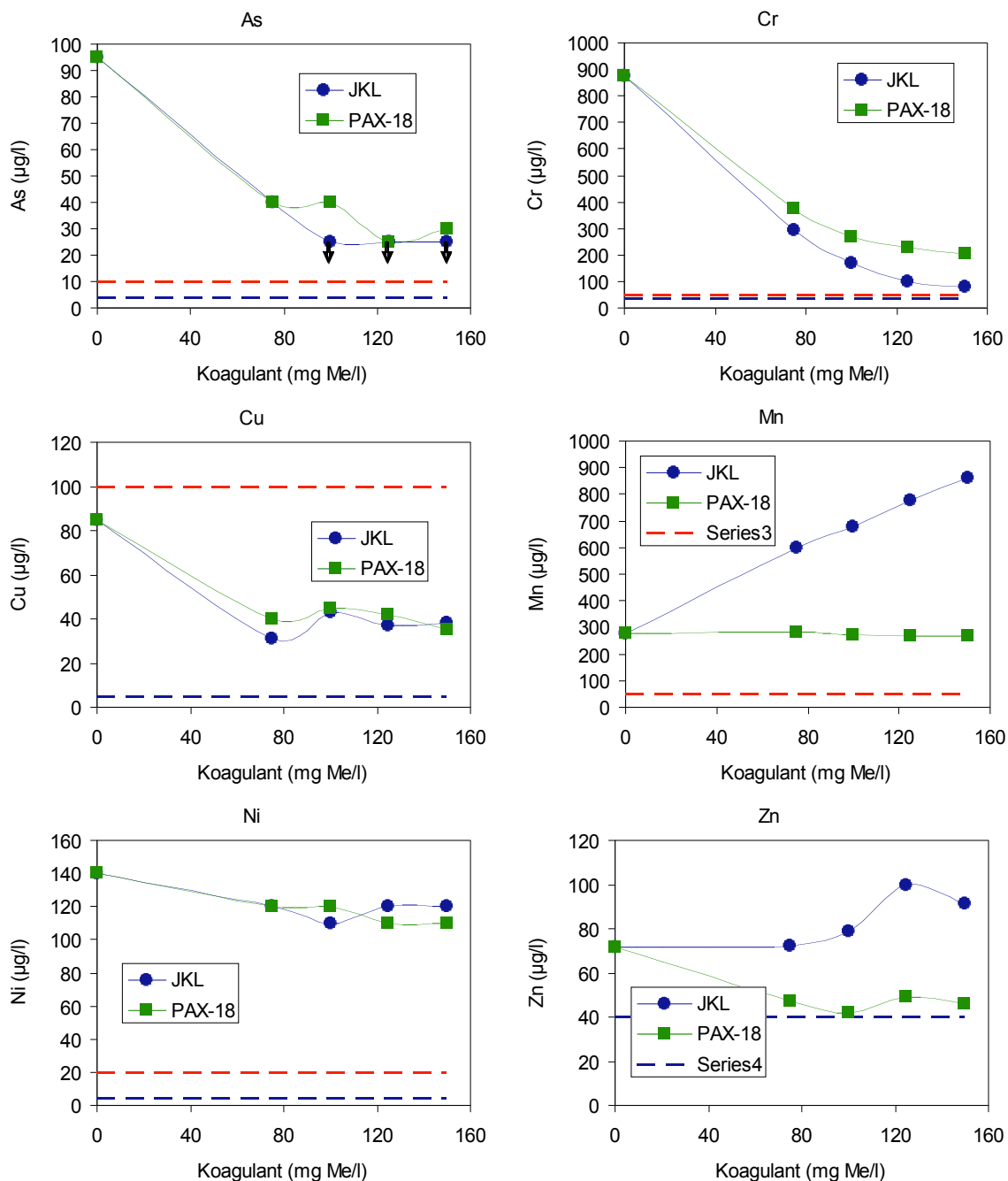
## 2.3 Fjerning av KOF, TOC, tot N og tungmetaller med PAX-18 og JKL

Renseresultatet m.h.p. KOF, TOC og total-nitrogen er vist i Figur 3. Både for KOF og TOC viste JKL seg å være vesentlig mer effektiv enn PAX-18, mens det ikke ble observert noen nevneverdig fjerning av nitrogen med noen av de to fellingskjemikalieene. Fjerningen av KOF og TOC økte med økende dosering opp til ca 125 mg Me/l for begge koagulantene. Resultatet var forøvrig motsatt av hva man kunne forventet på bakgrunn av fjerningen av "suspendert stoff", der PAX-18 var mer effektiv enn JKL.



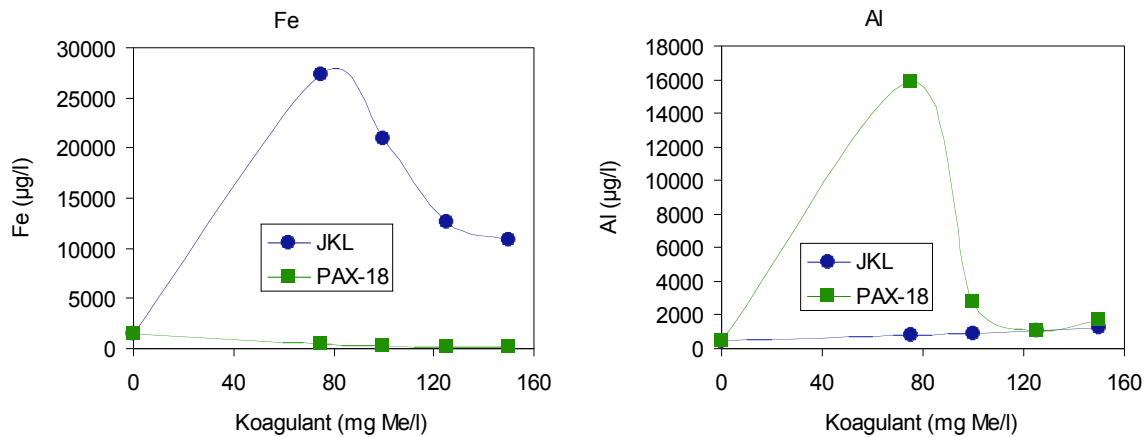
**Figur 3.** Fjerning av KOF, TOC og tot-N med PAX-18 og JKL etter sedimentering i 3 timer.

Fjerningen av tungmetallene er oppsummert i Figur 4. De rød-stiplede linjene angir dagens rensekraft, mens de blå-stiplede linjene angir mulig kommende rensekraft. Fellingen med JKL og PAX-18 hadde positiv effekt på fjerningen av As, Cr og Cu og til en viss grad Ni. PAX-18 hadde også renseeffekt på Zn, mens JKL hadde direkte negativ effekt på konsentrasjonen av Mn og Zn. Det siste kan skyldes urenheter i fellingskjemikaliet. Ikke for noen av metallene kom man ned under de mulig kommende rensekraftene, og der man kom under dagens rensekraft var man det allerede før fellingen ble startet.



**Figur 4.** Fjerning av tungmetaller med PAX-18 og JKL etter sedimentering i 3 timer. Rød stiplede linje angir dagens rensekraft, mens blå-stiplede linje angir mulig kommende rensekraft.

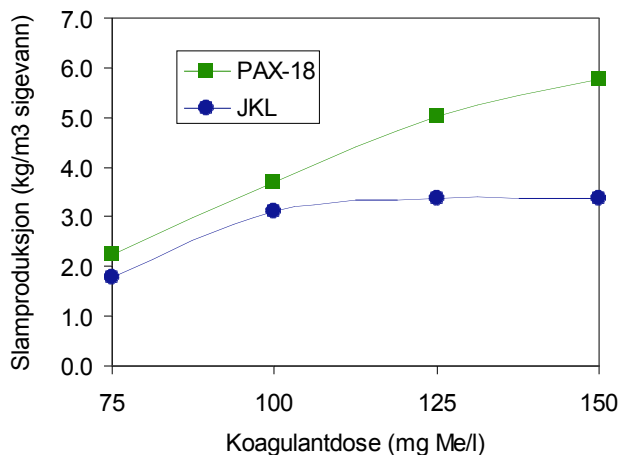
Når man doserer med JKL eller PAX-18 er det også en viss fare for at rentvannet får økt innhold av disse metallene, h.h.v. Fe og Al. Det ble derfor analysert for disse metallene i prøvene. Se Figur 5. For begge fellingskjemikaliene så man samme forløp; kraftig økning i restmetall ved lav dose, men denne ble vesentlig redusert ved økende dosering. Men ikke med noen av koagulantene kom man ned i ned til den konsentrasjonen man hadde i vannet i utgangspunktet. Spesielt for Al er dette bekymringsfullt, da Al kan være svært toksisk for bl.a. fisk. Ved en PAX-18-dose på 125 mg/l var Al-konsentrasjonen på 1100  $\mu\text{g/l}$ , for øvrig samme som for samme dose med JKL (sannsynligvis forårsaket av urenheter i fellingskjemikaliet).



**Figur 5.** Konsentrasjoner av rest-koagulant (Fe = JKL, Al = PAX-18) etter sedimentering i 3 timer.

## 2.4 Bestemmelse av SVI og slamproduksjon

Ved felling med metallkoagulanter vil man kunne få en betydelig slamproduksjon. Denne er vist for doseringene fra 75 mg Me/l til 150 mg Me/l og viser at den var relativt lik for de to fellingskjemikaliene opp til ca 100 mg Me/l, men at den etter dette ikke så ut til å øke ytterligere ved felling med JKL, noe den gjorde med PAX-18. Resultatet er noe underlig og burde verifiseres ved testing i noe større skala.



**Figur 4.** Slamproduksjon (kg tørrvekt/m<sup>3</sup> sigevann) ved felling av sigevann fra Ødegård avfallsanlegg med PAX-18 og JKL. Me = Al (PAX-18) eller Fe (JKL).

Slamvolumindeksen (SVI) er et enkelt mål på hvor godt slammet sedimenterer og setter seg. Det er definert som volumet av ett gram tørrstoff slam og bestemmes som volumet av slammet etter at det har sedimentert i 30 min. Utgangsvolumet er 1 liter. Her har vi også målt etter 3 timer pga den høye slamkonsentrasjonen. Normalt sier man at et slam med en SVI < 100 har gode sedimenteringsegenskaper. Ved så høye slamkonsentrasjoner som det er snakk om her blir det vanskelig å legge for mye i en sammenligning av resultatene for de to fellingskjemikaliene.

Resultatene antyder noe bedre sedimenteringsegenskaper for JKL-slammet. Se Tabell 2.

**Tabell 2.** Slamvolumindeks (SVI) for PAX-18 og JKL bestemt etter 30 min og 3 timers sedimentering og ulike koagulantdoser.

PAX-18				
Dose	30 min		3 timer	
mg Al/l	Volum	SVI	Volum	SVI
75	575	259	255	115
100	850	230	470	127
125	970	193	700	140
150	985	171	800	139

JKL				
Dose	30 min		3 timer	
mg Fe/l	Volum	SVI	Volum	SVI
75	300	167	175	97
100	650	210	325	105
125	600	178	350	104
150	550	163	300	89

### 3. Konklusjon

Resultatene antyder at det vil være vanskelig å klare både nåværende og nye rensekrav m.h.p. tungmetaller. Det er sannsynlig at man kan forvente noe bedre fjerning av partikulært materiale med etterpolering for bedret partikkelfjerning (f. eks gjennom sandfilter) og dermed økt tungmetallfjerning (dog ikke Ni eller Mn), men det er allikevel tvilsomt om rensekravet nås. Man kan også kanskje forvente noe bedre fjerning av partikler (og tungmetaller) ved å benytte kombinert felling med metallkoagulant og en polymer, men avstanden til rensekravet ser litt i overkant stor ut basert på tallene vi har nå til å gå videre. As, Ni og Zn er tungmetaller det i utgangspunktet er vanskelig å fjerne med kjemisk felling.

Samtidig må det poengteres at resultater oppnådd i laboratorieskala kun er indikative i f.h.t hva man kan forvente å oppnå i fullskala, men forbedringen man evt. kan forvente vil i hovedsak være forbundet med partikkelsepareringen.

Et alternativ til kjemisk felling er å benytte en adsorbent/ionebytter (gjørne i tillegg), men det er ikke gitt at man vil kunne nå rensekravene på denne måten heller for disse tungmetallene (As, Ni og Zn). Det kan likevel være verdt et forsøk. NIVA kan være behjelpelig også med denne type uttesting.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)