

---

# RAPPORT

---

GOLDER ASSOCIATES AB

**775102 - Golder**

UPPDRAGSNUMMER 1961008000

KARLSHÄLL

**Avvattningsförsök sediment**

UPPDRAGSNUMMER 1961008000

---

---

STOCKHOLM

2013-05-27 (REV 1)

SWECO ENVIRONMENT AB  
STHLM AQUA KONSULT

1 (12)

**Sweco**  
Gjörwellsgatan 22  
Box 34044  
SE-100 26 Stockholm, Sverige  
Telefon +46 (0)8 6956000  
Fax +46 (0)8 6956010  
www.sweco.se

Sweco Environment AB  
Org.nr 556346-0327  
Styrelsens säte: Stockholm

Lars-Erik Glas  
civ. ing  
marieberg  
Telefon direkt +46 (0)8 6951462  
Mobil +46 (0)70 8782385  
lars-erik.glas@sweco.se

---

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

---

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inkommande sediment</b>                         | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Avvattningsförsök</b>                           | <b>3</b>  |
| 2.1      | Spädning   | 3         |
| 2.2      | Test av polymerer och sedimentering                | 4         |
| 2.3      | Vakuumfiltrering                                   | 5         |
| 2.4      | Tillsatser av järn/kalk med vakuumfiltrering       | 7         |
| 2.5      | Sammanfattning av resultaten av vakuumfiltreringen | 8         |
| <b>3</b> | <b>Tryckfiltrering</b>                             | <b>8</b>  |
| <b>4</b> | <b>Filterpress</b>                                 | <b>9</b>  |
| <b>5</b> | <b>Centrifugering</b>                              | <b>10</b> |
| <b>6</b> | <b>Geotekniska undersökningar</b>                  | <b>10</b> |
| <b>7</b> | <b>Analyser av filtrat</b>                         | <b>11</b> |

Bilagor:      1. Sweco Geolab  
                  2. Analysattest filtratprov

2 (12)

---

RAPPORT  
2013-05-27 (REV 1)

AVVATTNINGSFÖRSÖK SEDIMENT

## 1 Inkommande sediment

- 10 st. hinkar à ca 12 l, märkta N1
- 6 st. hinkar à ca 12 l, märkta N2
- 6 st. hinkar à ca 12 l, märkta N3

Sedimentet N1 var i stort sett flytande medan sedimenten N2 – N3 var relativt fasta. Prover uttogs i 3 st. hinkar från vardera området efter intensiv ombländning för analyser på Sweco Geolab. Analysresultaten redovisas i Tabell 1 nedan tillsammans med de av Golder meddelade resultaten från ALS Scandinavia AB.

Tabell 1 TS-halter före spädning.

| PARAMETER     | N1             |      | N2             |      | N3             |      |
|---------------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|
|               | Geolab         | ALS  | Geolab         | ALS  | Geolab         | ALS  |
| TS (%)        | 4,8-5,3-5,5    | 4,6  | 17,2-20,0-23,2 | 16,3 | 28,3-29,7-31,0 | 31,5 |
| GF (% av TS)  | 86,5-88,0-83,5 | 87,4 | 22,3-17,1-13,0 | 20,2 | 5,7-5,9-4,8    | 4,3  |
| Hg (mg/kg TS) | -              | 28   | -              | 3,7  | -              | 0,18 |

Medelvärdena för samtliga fyra TS-analyser för vardera provet blir:

N1: 5,1 %. Beräkningsvärde: 5 %

N2: 19,2 %. Beräkningsvärde: 20 %

N3: 30,1 %. Beräkningsvärde: 30 %

Beräkningsvärdena har använts bland annat vid uträkningar där TS-värdena ingår.

## 2 Avvattningsförsök

### 2.1 Spädning

Sedimentet N1 var relativt lättflytande utan spädning medan proverna N2 och N3 blev lättflytande redan vid blandning med lika volym vatten. För att simulera en grävuddring gjordes följande spädningar:

N1: Lika del vatten, alltså 1:1. Beräknad TS = 2,5 %

N2: 1 del sediment och 3 delar vatten, alltså 1:3. Beräknad TS = 5 %

N3: 1 del sediment och 3 delar vatten, alltså 1:3. Beräknad TS = 7,5 %

## 2.2 Test av polymerer och sedimentering

Inledande försök gjordes med polymerer från Kemira och BASF. Därvid bedömdes sedimenterings- och avvattningssegenskaper samt klarvattenfasens utseende. Kemiras katjonaktiva polymer C491 och BASFs Z8120 var i stort sett likvärdiga för sediment N1 som är starkt fibröst. För N2 gav Kemiras nonjonaktiva polymer N300 bäst resultat medan M155 från BASF fungerade i stort sett lika bra på N3 som N300. Skillnaden mellan de två fabrikaten var främst avvattningen av N2 på vakuumfilter som gick betydligt snabbare med N300 än med M155. Den optimala doseringen av polymer bedömdes vara ca 1 mg/g TS för samtliga tre prover. Avvattning av 0-prover tog 2 – 5 ggr längre tid.

Efter spädningen med vatten, 1:1 för N1 och 1:3 för N2 respektive N3, tillsattes polymer med 1 mg/g TS under intensiv omrörning. Efter långsamomrörning 15 – 30 sek (flockningen var i stort sett ögonblicklig) överfördes blandningarna till 2 l mätglas. Sedimenteringen gick mycket snabbt för N2 och N3 medan den var långsam för N1. Jämförande försök med prover utan polymertillsats gjordes i 800 ml bägare. Resultaten redovisas i Diagram 1 och 2 nedan.

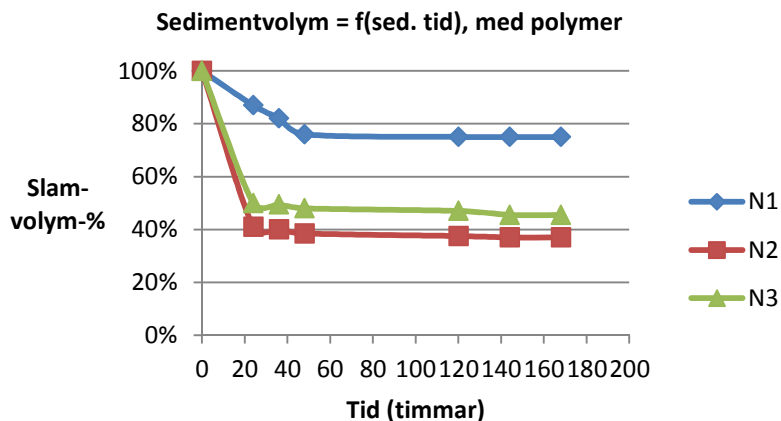


Diagram 1 Sedimenteringskurvor med polymerer från Kemira.

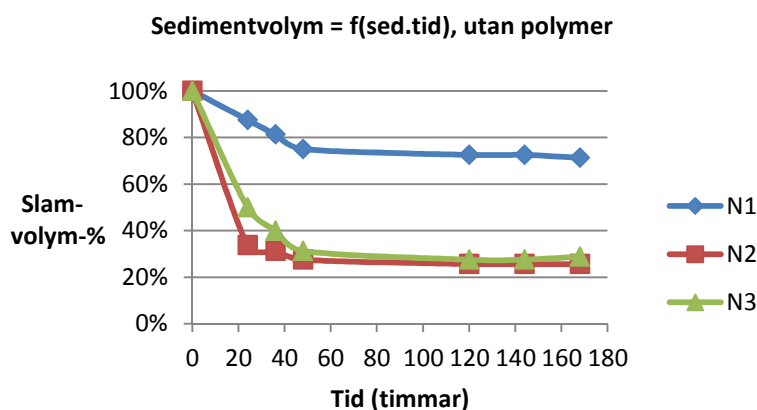


Diagram 2 Sedimenteringskurvor med polymer.

Såväl med som utan flockning minskar sedimentvolymen relativt snabbt. I rören med N2 respektive N3 är sedimentens volymminskning mätbar under längre tid bland annat beroende på att dessa prover var mer utspädda än N1. För N1 och N2 är sedimentvolymen i de flockade proverna ca 50 % högre än provvolymen före spädning redan efter ca 1 dygn medan N3 inte sedimenterat längre än till ca 80 % större volym. Sedimentvolymerna hade inte minskat märkbart efter ytterligare en vecka. Sedimentvolymerna i 0-proverna var märkbart mindre än i de flockade proverna utom för N1. I samtliga fall var vattenfaserna i de flockade proverna helt klar men något guldfärgad. Vattenfaserna i proven utan polymer var grumliga även efter en vecka. Försöken utfördes i rumstemperatur vilket kan förklara att sedimentfasen N1 flöt upp till ytan efter ca 10 dygn.

### 2.3 Vakuumfiltrering

- Vakuumfilter: Diameter 100 mm.
- Filterpapper: Munktell kvalitet 005.
- Vattensug: undertryck ca 90 %, absoluttryck alltså ca 0,1 bar.

I samtliga fall späddes sedimenten före varje försök med lika mängder vatten som vid sedimenteringsförsöken och flockades med polymer. Klarvattenfasen hölls av efter ca 1 timme. Varje filtreringssats omfattade ca 135 ml. Filtratmängd och filtreringstid till genombrott av sedimentkakan uppmättes, dvs. tills trycket sjönk på grund av sprickor i filterkakan. I de flesta fallen uppgick filtratvolymen till ca 90 % av slutvolymen efter ca halva den totala filtreringstiden som anges nedan. Resultaten sammanfattas i Tabell 2 på sidan 8.

#### N1

Polymer C491, 1 mg/g TS, 9 st. filtreringar.

Filtreringstid: Medel 120 s, min 120 s, max 120 s

Filtratvolym: 110 – 120 ml

TS efter avvattning: 16,3 % (1 st. prov).

Polymer Z8120. 1 mg/g TS. 9 st. filtreringar

Filtreringstid: Medel 115 s, min 60 s, max 180 s, median 120 s

Filtratvolym: 105 – 120 ml

TS efter avvattning: 18,5 % (1 st. prov).

Slamkakorna var fibrösa och relativt fasta trots den låga TS-halten. En stor del vattnet torde vara bundet i fibrerna.

Slamkakorna från filtreringarna enligt ovan blandades och packades i cylinder för geoteknisk undersökning. Därvid bestämdes vattenkvoten i två uttagna prov till 4,7 respektive 4,07 vilket omräknats till TS 17,5 % respektive 19,7 %.

## **N2**

Polymer N 300, 1 mg/g TS, 11 st. filtreringar.

Filtreringstid: Medel 80 s, min 50 s, max 120 s, median 70 s.

Filtratvolym: 100 – 120 ml.

TS efter avvattning: 39,1 % (1 st. prov).

Polymer M155. 1 mg/g TS. 4 st filtreringar.

Filtreringstid: Medel 150 s, min 130 s, max, 170 s.

Filtratvolym: 100 ml.

TS efter avvattning: 33,3 % (1 st. prov).

Slamkakornas fiberinnehåll bedömdes som lågt. Konsistensen var något kladdigare än N1 trots den högre TS-halten.

Slamkakor från filtreringarna med polymer N 300 packades i cylinder för geoteknisk undersökning. Därvid bestämdes vattenkvoten i två uttagna prov till 1,52 respektive 1,89 vilket omräknats till TS 39,6 % respektive 34,6 %.

## **N3**

Polymer N 300, 1 mg/g TS, 11 st. filtreringar.

Filtreringstid: Medel 155 s, min 120 s, max 200 s, median 140 s.

Filtratvolym: 90-94 ml.

TS efter avvattning: 41,4 % (1 st. prov).

Polymer M155, 1 mg/g TS. 4 st. filtreringar.

Filtreringstid: Medel 160 s, min 130 s, max 210 s

Filtratvolym: 90-95 ml

TS efter avvattning: 43,2 % (1 st. prov).

Slamkakornas fiberinnehåll bedömdes som lågt. Konsistensen var något kladdigare än N1 trots den mer än dubbla TS-halten.

Slamkakor från filtreringar med polymer N 300 packades i cylinder för geoteknisk undersökning. Därvid bestämdes vattenkvoten i två uttagna prov till 1,16 respektive 1,21 vilket omräknats till TS 46,3 % respektive 45,3 %.

## 2.4 Tillsatser av järn/kalk med vakuumfiltrering

Eftersom kakorna från filtrering av sedimenten efter polymertillsats var ganska lösa gjordes försök med tillsats av järnklorid och släckt kalk. Järnkloriden tillsattes som vattenlösning med koncentrationen ca 200 g trevärt järn/l. Den släckta kalken tillsattes som en slurry med koncentrationen ca 150 g kalciumhydroxid/l. Tre olika nivåer på tillsatserna av järn/kalk testades, uttryckta i g/kg TS enligt följande; 13/50, 25/100 respektive 50/200. Blandningarna, ca 50 ml per försök, vakuumfiltrerades på ett 50 mm-filter. Filterkakornas konsistens var inte bättre än för kakorna i polymerförsöken. Resultaten, som anges i ordning med stigande kemikaliedosering, var inte entydiga.

### N1

Filtreringstid: 18 – 30 – 35 s, ökande med kemikaliedoseringen

TS efter avvattning: 15,5 – 19,0 – 17,3 %. Ingen entydig korrelation till kemikaliedoseringen.

### N2

Filtreringstid: 63 – 115 – 203 s, ökande med kemikaliedoseringen

TS efter avvattning: 37,2 – 37,7 – 37,8 %. Knappast några signifikativa skillnader.

### N3

Filtreringstid: 60 – 67 – 88 s, ökande med kemikaliedoseringen

TS efter avvattning: 40,2 – 37,5 – 36,5 %. Sjunkande tendens med ökad kemikaliedosering.

## 2.5 Sammanfattning av resultaten av vakuumfiltreringen

Resultaten av från vakuumfiltreringsförsöken sammanfattas i tabell 2 nedan.

Tillsats av järn/kalk ökade inte TS-halterna eller sedimentens hållfasthet men minskade avvattningstiden väsentligt för N1 och N3. Som uppgetts ovan ökar filtratmängden endast marginellt efter halva filterningstiden då TS-halten endast torde vara några procentenheter lägre än den analyserade.

Tabell 2 Resultat vakuumfiltreringar.

| Prov, polymer | Filtreringstid (s) |      |      |        | TS (%)      | TS (%), blandning <sup>1)</sup> |
|---------------|--------------------|------|------|--------|-------------|---------------------------------|
|               | Medel              | Min. | Max. | Median |             |                                 |
| N1, C491      | 120                | 120  | 120  | -      | 16,3        | 17,5 - 19,7                     |
| N1, Z8120     | 115                | 60   | 180  | 120    | 18,5        |                                 |
| N1, Fe+kalk   |                    | 18   | 25   |        | 15,5 - 17,3 |                                 |
| N2, N300      | 80                 | 50   | 120  | 70     | 39,1        | 34,6 – 39,1                     |
| N2, M155      | 150                | 130  | 170  | -      | 33,3        |                                 |
| N2, Fe+kalk   |                    | 63   | 203  | -      | 37,2 – 37,8 |                                 |
| N3, N300      | 155                | 120  | 200  | 140    | 41,4        | 45,3 - 46,3                     |
| N3, M155      | 160                | 130  | 210  | -      | 43,2        |                                 |
| N3, Fe + kalk |                    | 60   | 95   | -      | 36,5 – 40,2 |                                 |

1) Avser prover som gick till geotekniska undersökningar.

## 3 Tryckfiltrering

Tryckfiltrering har utförts i rostfri cylinder med en filterduk i polypropen, filterdiameter 50 mm och kvalitet PP2436 Industritextilfilter JOB, vilken används i filterpressar. Filtret satsades med ca 50 ml per gång varefter tryckluft med 6 bar kopplades på. Filtrering pågick till filtergenombrott. Kakornas N2 och N3 konsistens var likvärdiga med kakorna från vakuumfilterförsöken medan kakan N1 var betydligt lösare. Resultaten av TS-bestämningen redovisas i Tabell 3 nedan.

Tabell 3 Resultat tryckfiltrering.

| Prov   | N1   | N2   | N3   |
|--------|------|------|------|
| TS (%) | 12,6 | 28,9 | 40,6 |

8 (12)

RAPPORT  
2013-05-27 (REV 1)

AVVATTNINGSFÖRSÖK SEDIMENT



#### 4 Filterpress

Försöken utfördes i filterpress med en kammare med diametern 100 mm. Filterduk samma som ovan. Filterkakans tjocklek kunde väljas till 20, 25 alternativt 30 mm genom att byta kammarplattan. Sedimenten späddes med vatten i samma förhållanden som vid de övriga försöken, dvs. 1:1 för N1 och 1:3 för N2 och N3. Efter sedimentering i ca 1 timme dekanterades blandningarna och satsades i en cylindrisk behållare ansluten till pressen som matades från behållaren med tryckluft, 5 bar.

Tabell 4 Resultat filterpressförsök.

| Försök        | Presstid (s) | Filtrat (ml) | Kaka (mm) | Kaka (g)     | TS (%)   |
|---------------|--------------|--------------|-----------|--------------|----------|
| N1:1          | 60           | 1 000        | 25        | 250          | 26-26-19 |
| N1:2          | 60           | 1 100        | 25        | 270          |          |
| N1:3          | 50           | 1 150        | 25        | 300          |          |
| N1:4          | 60           | 1 250        | 25        | 270          |          |
| <b>N1:1-4</b> |              | <b>4 500</b> |           | <b>1 090</b> |          |
| N2:1          | 45           | 850          | 20        | 275          | 51-47-50 |
| N2:2          | 45           | 750          | 20        | 260          |          |
| N2:3          | 40           | 900          | 20        | 250          |          |
| N2:4          | 45           | 1 000        | 25        | 350          |          |
| N2:5          | 45           | 850          | 25        | 360          |          |
| <b>N2:1-5</b> |              | <b>4 350</b> |           | <b>1 495</b> |          |
| N3:1          | 40           | 700          | 20        | 245          | 58-57-58 |
| N3:2          | 30           | 630          | 25        | 380          |          |
| N3:3          | 30           | 600          | 25        | 380          |          |
| N3:4          | 30           | 600          | 25        | 370          |          |
| <b>N3:1-4</b> |              | <b>2 530</b> |           | <b>2 530</b> |          |

Filterkakorna N2 och N3 var mycket fasta medan filterkaka N1 var mindre hållfast.

## 5 Centrifugering

Sedimentet späddes före varje försök med vatten i samma proportioner som vid filtreringarna, 1:1 för N1 och 1:3 för N2 och N3 och flockades med polymer Z8120 respektive M155, båda med 1 mg/g TS. Klarvattenfasen hölls av efter ca 1 timme. Vidare ingick ett prov av N3 efter tillsats av järn/kalk med 50/250 g/g TS. Försöken gjordes i en laboratoriecentrifug. Provvolymer var ca 120 ml för vardera provet.

Centrifugen gick med 2 000 rpm under 2 min. Sedimentfasen var pastös i N2 och N3 men fibrös i N1. Vattenfaserna var svagt grumliga i alla prover. TS-halterna efter centrifugeringen bestämdes på hela sedimentfasen efter avhällning av hela vattenfasen vilket kunde göras eftersom sedimentet inte var rinnande. Resultaten av TS-bestämningen redovisas i tabell 5 nedan.

Tabell 5 Torrsubstanshalter efter centrifugering och polymertillsats 1 mg/g TS respektive Fe/kalk 50/200 mg/g.

| Prov   | N1 C491 | N2 N300 | N3 N300 | N3 Fe/kalk |
|--------|---------|---------|---------|------------|
| TS (%) | 8,4     | 31,9    | 39,6    | 31,1       |

Samtliga TS-halter är låga, för N1 överraskande lågt.

## 6 Geotekniska undersökningar

Undersökningarna utfördes av Sweco Geolab och omfattade hydraulisk konduktivitet (permeabilitet) och skjuvhållfasthet. Undersökningarna redovisas i sin helhet i bilaga och sammanfattas i tabellen nedan.

Tabell 6 Geotekniska undersökningar, sammanfattning av resultat.

| Parameter                             | Prov                 |                      |                      |                     |                     |                      |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
|                                       | Pressat              |                      |                      | Vakuumfiltrerat     |                     |                      |
|                                       | N1                   | N2                   | N3                   | N1                  | N2                  | N3                   |
| Permeabilitet (m/s)                   | $6,3 \times 10^{-9}$ | $2,8 \times 10^{-9}$ | $1,2 \times 10^{-9}$ | $26 \times 10^{-9}$ | $13 \times 10^{-9}$ | $4,8 \times 10^{-9}$ |
| Skjuvhållfasthet (kPa), tryckförsök   | 5                    | 28                   | 29                   | 9                   | 3                   | 3                    |
| Skjuvhållfasthet (kPa), fallkonförsök | 15                   | 58                   | 61                   | 18                  | 6,8                 | 9,2                  |

De filterpressade sedimenten N2 och N3 uppvisar alltså avsevärt bättre skjuvhållfasthet än de vakuumfiltrerade medan hållfastheten för N1 blev något sämre. Permeabiliteten blev dock lägre för alla de tre filterpressade proven.

## 7 Analyser av filtrat

Uppsamlade filtratmängder från filterpressförsöken analyserades med avseende på metaller och totalhalterna av kväve, fosfor och organisk kol samt löst organiskt kol. Analyserna redovisas i sin helhet i bilaga 2 och ett urval av parametrar i tabell nedan. Analyserna utfördes på såväl filtrerade som ofiltrerade prover. Det ska dock framhållas att samtliga filtrat var helt klara utom i inledningsfasen av avvattningen.

Tabell 7 Analysresultat för samlingsprover på filtrat från filterpressförsök.

| Parameter                            | N1 ofiltrerat (µg/l) | N1 filtrerat (µg/l) | N2 ofiltrerat (µg/l) | N2 filtrerat (µg/l) | N3 ofiltrerat (µg/l) | N3 filtrerat (µg/l) |
|--------------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Aluminium                            | 99                   | 4,5                 | 73                   | 31                  | 730                  | 60                  |
| Bly                                  | 1,7                  | 0,03                | 0,35                 | 0,21                | 2,5                  | 0,42                |
| Kadmium                              | 1,8                  | 0,006               | 0,22                 | 0,21                | 0,25                 | 0,036               |
| Koppar                               | 32                   | 0,33                | 3,2                  | 5,1                 | 15                   | 1,7                 |
| Krom                                 | 0,88                 | 0,18                | 0,98                 | 0,89                | 3,5                  | 2,5                 |
| Kvicksilver                          | 0,88                 | 0,009               | 0,04                 | 0,004               | 0,46                 | 0,006               |
| Nickel                               | 2 600                | 536                 | 275                  | 391                 | 280                  | 460                 |
| Zink                                 | 310                  | 26                  | 21                   | 73                  | 40                   | 26                  |
| Fosfor-tot                           | 70                   | 26                  | 109                  | 244                 | 680                  | 57                  |
| Fosfat                               | <40                  | <40                 | 170                  | 654                 | <40                  | <40                 |
| N-tot                                | 3 540                | 1 980               | 5 100                | 5 700               | 2 780                | 3 800               |
| NH <sub>4</sub> -N                   | 1 410                | 198                 | 3 100                | 3 300               | <40                  | <40                 |
| NO <sub>2</sub> -,NO <sub>3</sub> -N | <60                  | <60                 | <60                  | <60                 | <60                  | <60                 |
| BOD7                                 | 1 120 000            | 776 000             | 510 000              | 974 000             | 1 240 000            | 808 000             |

Till synes märkliga analysresultat förekommer för exempelvis BOD i N2-vattnen och N-tot i N3-vattnen där värdena är högre i de filtrerade proverna än i de ofiltrerade. Detta torde bero på att de filtrerade proverna inte enbart representerar samma försök som de ofiltrerade proverna.

Metallhalterna är dock, med några undantag, signifikant högre i de ofiltrerade proverna. De nu analyserade nickelhalterna är enligt uppgift genomgående högre än vid tidigare utförda porvattenanalyser. Därför fylldes pressen med kranvatten med en tillsats av koksalt till kloridhalten ca 300 mg/l. Vattnet avtappades efter två dygn och skickades tillsammans med vakuumfiltrat från N1 och kranvatten för analys. Någon filtrering efter provuttagen gjordes inte. Resultat se tabell 8.

Tabell 8. Jämförande nickelanalyser.

| Ämne        | Vakuumfiltrat, N1 | Kranvatten | Filterpressvatten |
|-------------|-------------------|------------|-------------------|
| Nickel µg/l | 7,3               | 10         | 6 540             |

Analyserna indikerar en klar nickelkontaminering av vattnet från filterpressen. Materialet i filterpressen är huvudsakligen rostfritt stål, kvalitet SIS 2333, som innehåller ca 8 % nickel. Nickelhalten i filterpressvattnet är dock överraskande hög eftersom kloridhalten

inte var högre än ca 300 mg/l. Halten i vacuumfiltratet från N1 var exceptionellt låg. Problemet torde dock inte uppträda vid filterpressning med pilot- eller fullskalepressar eftersom filterplattorna då är tillverkade av plast. Däremot kan rostfritt stål av likvärdig kvalitet förekomma som konstruktionsmaterial i silbandpressar. Även om risken för märkbar kontaminering av filtratet från avvattningsutrustning i större skala bedöms som liten bör frågan hållas under uppsikt.

**SWECO ENVIRONMENT AB**

AQUA KONSULT



Niclas Lindström



Lars-Erik Glas