

Effekter av finfraksjon avgang fra Rana Gruber på fysiologi og sjøvannstoleranse hos laksesmolt



RAPPORT

Hovedkontor

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

NIVA Region Sør

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

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Region Midt-Norge

Høgskoleringen 9
7034 Trondheim
7486 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Effekter av finfraksjon avgang fra Rana Gruber på fysiologi og sjøvannstoleranse hos laksesmolt	Løpenr. (for bestilling) 6528-2013	Dato 3.5.2013
	Prosjektnr. Undernr. 11455/6	Sider Pris 17 eks. vedlegg
Forfatter(e) Torstein Kristensen, Tom Ole Nilsen (UiB), John Birger Ulvund, Henning Andre Urke.	Fagområde Fiskeøkologi	Distribusjon Open
	Geografisk område Nordland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Rana Gruber AS	Oppdragsreferanse RANLAKS
------------------------------------	------------------------------

Sammendrag

Målsetting med forsøket har vært å avklare om eksponering for finfraksjon av marin avgang fra Rana Gruber i relevante doser gir toksiske effekter på smolt av Atlantisk laks. Effekter på fysiologiske prosesser knyttet til smoltifisering er studert. Eksponeringsstudier med konsentrasjoner som tilsvarer utslipp av avgang til overflaten i fjorden er gjennomført. Scenarier med ulik vannføring i Ranelva som tilsvarer et spenn fra normalsituasjon i mai til et «worst case» med kun minstevannføring er gjennomført. Det ble ikke registrert noen målbare effekter av avgangen fra Rana Gruber på en rekke fysiologiske prosesser knyttet til smoltifisering hos Atlantisk laks. Verken fiskens vann- eller saltbalanse, enzymaktivitet i gjeller eller genuttrykk av sentrale smoltifiseringsenzymmer var signifikant påvirket av eksponeringen. Ingen av eksponeringsgruppene hadde dødelighet underveis i eksponeringen (96 timer) eller i de påfølgende 24 timers sjøvannstest (34,5 ppt). Ingen adferdsmessige indikasjoner på akutte effekter ble observert underveis i forsøket. Det konkluderes derfor med at eksponering for finfraksjon avgang i relevant doseintervall for en uhellsepisode med utslipp i overflaten ikke ga målbare fysiologiske effekter på laksesmolt.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Sjøtoleranse	1. Seawater tolerance
2. Laksefisk	2. Salmonides
3. Fysiologi	3. Physiology
4. Marin avgang	4. Marine deposit



Henning Urke
Prosjektleder



Åse Åtland
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

**Effekter av finfraksjon avgang fra Rana Gruber på
fysiologi og sjøvannstoleranse hos laksesmolt**

Forord

I mai 2012 ble det gjennomført eksponering av laksesmolt til marin avgang fra RanaGruber AS. Forsøkene ble gjennomført på Statkraft Genbank på Bjerka.

Forsker Torstein Kristensen har hatt hovedansvaret for gjennomføring av forsøkene, i samarbeid med forskerne Henning Andre Urke, John Birger Ulvund.

Stor takk til Otto Johnny Derås og resten av staben ved Statkraft Bjerka for tilrettelegging for forsøket.

Analyser av selve avgangen er gjort av MOLAB AS, Analyceentrum og SINTEF. Christian Vogelsang (NIVA) har bidratt med tolking av data.

Analyser av metallinnhold i gjeller er utført av UMB
Vi takker Rana Gruber AS for oppdraget og godt samarbeid under gjennomføringen av forsøket.

Trondheim, 3. mai 2013

Henning Andre Urke

Innhold

	1
Sammendrag	5
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Bergverksdrift	7
1.3 Laks og smoltifisering	7
1.4 Mål med studien	7
2. Materiale og metode	8
2.1 Forutsetninger	8
2.2 Fiskemateriale	8
2.3 Forsøksgjennomføring	9
2.4 Forsøksoppsett	9
2.5 Prøvetaking	10
2.5.1 Kjemisk dokumentasjon	10
2.5.2 Fisk	10
3. Resultater	11
3.1 Forsøksbetingelser	11
3.2 Kjemiske analyser	11
3.2.1 Avgang	11
3.2.2 Vann i eksponeringsgrupper	11
3.3 Metallkonsentrasjon på gjeller	12
3.4 Plasmaioner og osmolalitet	13
3.4.1 Enzymaktivitet av Na ⁺ -K ⁺ -ATPase i gjeller	14
3.4.2 Genuttrykk i gjeller	15
4. Diskusjon	15
5. Konklusjon og anbefalinger	16
6. Litteratur	16
Vedlegg A. Molab AS	18
Vedlegg B. Analysecentrum Lilaflo	18
Vedlegg C. SINTEF	18
Vedlegg D. VK NIVA	18
Vedlegg E. UMB	18

Sammendrag

Målsetting med forsøket har vært å avklare om eksponering for finfraksjon av marin avgang fra Rana Gruber i relevante doser gir toksiske effekter på smolt av Atlantisk laks.

Effekter på fysiologiske prosesser knyttet til smoltifisering er studert.

Eksponeringsstudier med konsentrasjoner som tilsvarer utslipp av avgang til overflaten i fjorden er gjennomført. Scenarier med ulik vannføring i Ranelva som tilsvarer et spenn fra normalsituasjon i mai til et «worst case» med kun minstevannføring er gjennomført.

Det ble ikke registrert noen målbare effekt av avgangen fra Rana Gruber på en rekke fysiologiske prosesser knyttet til smoltifisering hos Atlantisk laks. Verken fiskens vann- eller saltbalanse, enzymaktivitet i gjeller eller genuttrykk av sentrale smoltifiseringsenzymmer var signifikant påvirket av eksponeringen.

Ingen av eksponeringsgruppene hadde dødelighet underveis i eksponeringen (96 timer) eller i de påfølgende 24 timers sjøvannstest (34,5 ppt). Ingen adferdsmessige indikasjoner på akutte effekter ble observert underveis i forsøket.

Eksponeringsforsøk på laksesmolt der fysiologiske parametre ble brukt som endepunkter, viste ingen markante effekter av eksponering for gruveavgang i konsentrasjoner som reflekterer et tenkt «worst case» scenario med utslipp i overflaten. Ut i fra disse rammene er vår konklusjon at sannsynlighet for skade på evne til ioneregulering under smoltutvandring er svært lav, selv ved eksponering for høye doser avgang.

Studiet dekker ikke eventuelle effekter av eksponering for avgang på adferd under smoltutvandring, eller eventuelle økologiske konsekvenser for laksefisk på økt tilførsel til fjordmiljøet som kan resultere i redusert primærproduksjon. Finpartikulær avgang vil kunne redusere siktedyp og den biologiske produksjonen, samt ha direkte effekter på fiskeslag som primært har visuelt fødesøk og orientering, noe som i stor grad er tilfelle for laksefisk.

Summary

Title: Effects of Rana Gruber dressing plant fine-fraction iron ore discharge on physiology and seawater tolerance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt.

Year: 2013

Author: Torstein Kristensen, Tom Ole Nilsen (UiB), John Birger Ulvund, Henning Andre Urke.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6263-6

The objective of the study was to determine whether exposure to fine-fraction discharge from iron ore processing at Rana Gruber AS in relevant doses may cause toxic effects in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt. A 96h exposure study with 4 treatments (n=20) and a control group was conducted on smolts of local strain (River Røssåga) produced as 1 year old smolts at the Statkraft Bjerka live gene bank facility. Exposure doses were set corresponding to surface discharge of effluent mixed with freshwater input to the fjord system ranging from normal spring discharge to minimum allowed freshwater discharge, the latter constituting a worst-case scenario.

No mortalities occurred during the exposure period in 5 psu or a subsequent 24h seawater challenge test (34 psu). Gill metal accumulation occurred at significant levels in the worst case scenario group for aluminium (Al) and manganese (Mn), but not for iron (Fe) or copper (Cu). Accumulation was well below levels shown to have toxicological effects on smolts, and more likely a result of particle adhesion to the gill surface than free metal ions forming covalent bonds to negatively charged sites at the gills. No significant effects on ionoregulation measured as plasma ion concentrations or gill Na⁺, K⁺-ATPase (NKA) enzyme activity was observed. mRNA expression of NKA α 1b-subunit was not significantly different between any treatments, while NKA α 1a showed some significant differences not systematically indicative of a dose-response pattern.

Our conclusion is that there were no strong indications of physiological effects of exposure to fine-fraction discharge from iron ore processing on Atlantic salmon smolts on any of the organizational levels (whole body, enzyme activity, gene expression) measured in this study. The exposure concentrations represent the full range of possible fjord surface concentrations during a hypothetical release of effluent to the surface.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Ranfjorden nasjonale laksefjord (NLF) er oppretta for å gi laksebestanden i Ranelva et spesielt vern mot menneskelige inngrep (Anonym 2007). Større inngrep i munningsområdene og virksomhet med risiko for alvorlig forurensning vil ikke være tillatt i NLF. Slik aktivitet skal vurderes i det enkelte tilfelle, herunder mulige krav til risikoreduserende tiltak. De risikoreduserende tiltakene vil måtte ivareta hensynet til en rekke elementer i økosystemet, inkludert hensynet til villaksen. I Direktoratet for Naturforvaltnings forslag til kvalitetsnormer for villaks legges det opp til en forvaltningsmodell hjemlet i naturmangfoldloven som setter grenseverdier for menneskeskapt påvirkningsfaktorer på en laksebestand, og disse grenseverdiene vil det være naturlig å skjele til.

1.2 Bergverksdrift

Bergverksdrift medfører potensiale for økte konsentrasjoner av løste metaller, finpartikulert materiale og andre kjemikalier fra produksjonen i vannfasen som følge av avrenning og utlekking fra dagbrudd/gruveganger og deponier, samt fra selve deponeringsprosessen. Avhengig av hvordan drift og deponering løses teknisk, kan dette medføre økte konsentrasjoner av potensielt giftige stoffer i omkringliggende økosystemer. Miljøutfordringer og kunnskapsgrunnlag for sjødeponering er nylig oppsummert (Skei m fl 2010, Klif 2715), og rapporten peker på et stort avklaringsbehov i forhold til økologiske effekter av sjødeponering.

Rana Grubers virksomhet tilfører finpartikulær avgang til Ranfjorden gjennom nedsenket avløp i indre del av fjorden. Tillatelse til økt produksjon og utslipp er omsøkt etter forurensningsloven.

1.3 Laks og smoltifisering

Atlantisk laks har et habitatskifte mellom ferskvann og sjøvann i sin juvenile livsfase som krever forberedende fysiologiske og atferdsmessige tilpasninger til marint miljø (smoltifisering). En avgjørende egenskap ved denne tilpasningen er evnen til å regulere vann/saltbalansen i kroppen i et miljø som inneholder langt mer salt enn fiskens kroppsvæsker (såkalt sjøvannstoleranse). Utviklingen av sjøvannstoleranse starter allerede mens smolten oppholder seg i ferskvann, og er så godt utviklet ved utvandringstidspunktet at laksesmolt skal tåle direkte overgang fra ferskvann til rent saltvann.

Av de ulike livsstadier hos anadrom laksefisk er smoltstadiet svært følsomt for miljøgifter. Økt følsomhet for aluminium, andre metaller og organiske miljøgifter er dokumentert gjennom nedsatt evne til å ioneregulere i ferskvann, og spesielt i sjøvann (Staurnes m.fl., 1996; Kroglund m.fl., 2008; Kristensen m.fl., 2009; Olsvik m.fl., 2010).

Koblinger mellom redusert overlevelse/ ionereguleringsevne i eksperimenter og faktisk overlevelse i naturen er godt dokumentert for aluminium (Kroglund m.fl, 2008, Thorstad m.fl., 2013). Effekter av finpartikulær avgang er lite beskrevet i litteraturen, og utgjør et problemkompleks bestående av partiklernes størrelse og form, eventuelle utløste metaller og rester av kjemikalier benyttet i oppredningsprosessen.

1.4 Mål med studien

Målsetting med forsøket var å avklare hvorvidt finfraksjon av marin avgang fra Rana Gruber i relevante doser ga toksiske effekter på laksesmolt eksponert i brakkvann i en relevant tidsperiode.

2. Materiale og metode

2.1 Forutsetninger

For å kunne gjøre eksponeringsstudiet så relevant som mulig, ble det tatt utgangspunkt i de naturgitte forhold i Ranfjorden. Med dette som bakgrunn ble det beregnet eksponeringstider, konsentrasjoner og miljøforhold som på best mulig måte representerer realistiske scenarier.

For beregning av relevante doseringsregimer ble det tatt følgende utgangspunkt:

- Utslipp av finfraksjon ved full produksjon går ut i overflaten
- En moderat innblanding av sjøvann skjer, til en tentativ promille på 5 psu.
- Laksesmoltene vandrer primært i de øverste 2 meterne av vannsøylen, og eksponeres for utslippet i perioden den befinner seg i fjorden. Vandringshastigheten er vist å variere mellom individer og bestander. Det legges til grunn en moderat vandringsfart som gir 4 dager eksponeringsperiode.
- Utslipet blandes med ferskvannstilførsel fra Ranelva i et blandingsforhold proporsjonalt med vannføring. Med utgangspunkt i 4 realistiske vannføringer for mai måned genereres følgende scenarier jf. Tabell 1:

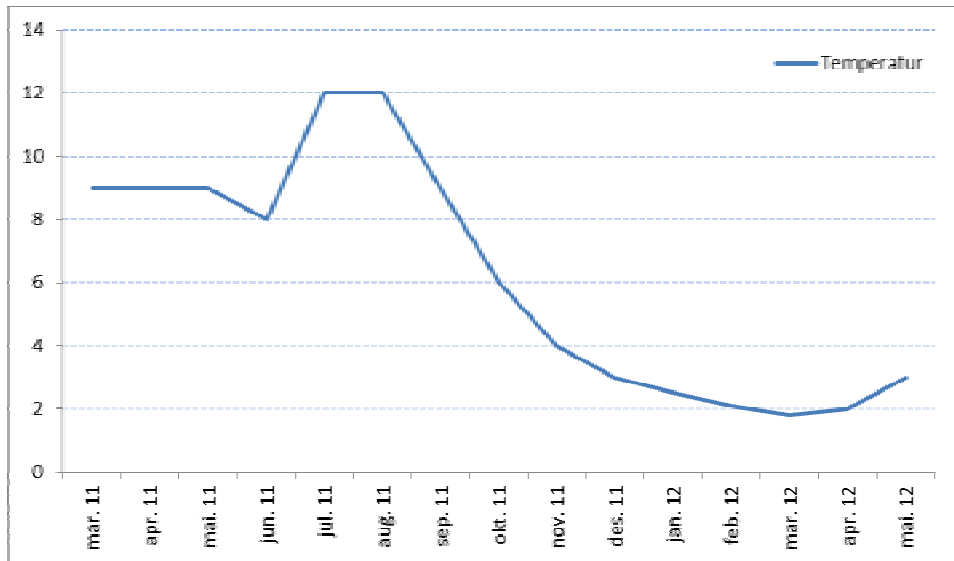
Tabell 1. Oversikt over eksponeringsforhold. Eksponeringsgruppene ble delt inn i; LOW, MEDIUM, HIGH og MAX. En kontrollgruppe (CONTROL) uten eksponering ble gitt samme behandling som eksponeringsgruppene. Vannforbruk pr eksponeringsgruppe, og dosering av avgang er gjengitt.

Gruppe	Vannføring Ranelva m ³ /s	Utslipp RanaGruber m ³ /s	Faktor vannføring:avgang	Vannforbruk per minutt (ml)	Avgang per minutt ml
MAX	20	0,8	0,04	1000	40
HIGH	60	0,8	0,013	1000	13,3
MEDIUM	180	0,8	0,004	1000	4,4
LOW	360	0,8	0,002	1000	2,2

2.2 Fiskemateriale

For størst mulig relevans i eksponeringsstudier som skal simulere naturlige miljø, er det ønskelig å benytte fisk med relevant genetisk opphav og av godt beskrevet miljøbakgrunn. Statkraft Energi AS avd Bjerka Settefiskanlegg er ett av tre nasjonale anlegg for levende genbank for villaks. Levende genbanker er fiskeanlegg hvor det oppdrettes stamfisk fra laksebestander som er utsatt for forskjellige trusler, og Bjerka har ansvar for 6 laksebestander fra Nordland. Smolt med godt dokumentert miljøbakgrunn av genetisk verifisert Røssåga stamme fra ville foreldre ble tilgjengeliggjort for studiet. Fasiliteter på anlegget ble benyttet for gjennomføring av studiet, og dette muliggjorde gjennomføring uten store kostnader til oppbygging av eksponeringsoppsett og en unngikk også lang transportavstand for fisken.

Fisken i anlegget produseres som ettårig smolt (1+) med tanke på utsetting i sin opprinnelseselv, og produksjonen er underlagt et kontrollregime som innebærer måling av temperatur og dokumentasjon av smoltifiseringsstatus gjennom smoltifiseringsperioden.



Figur 1. Temperaturprofil under smoltproduksjon, Bjerka. Klekking om lag mars 2011.

Etter produksjon på oppvarmet vann i tidlig fase, kjøres fisken på naturlig lav temperatur gjennom vinteren før smoltifisering og utsett i sjøen fra slutten av mai til midten av juni.

2.3 Forsøksgjennomføring

Det ble innhentet godkjenning fra Forsøksdyrutvalget (FDU, 2012/57272) for gjennomføring av forsøket. Forsøket ble gjennomført i perioden 8. til 13. juni 2012. Ferskvann og sjøvann ble hentet fra anleggets egne vannkilder. Ferskvannskilden er kjennetegnet av høy pH (>7), høye kalsiumnivåer (8-9 mg/L) og moderat til lavt innhold av organisk materiale (TOC, 0,9-2,4 mg/L) (Lydersen m.fl., 2002), noe som tilsier en svært robust og godt egnet vannkvalitet for oppdrett av laksefisk (Kristensen m.fl., 2009b).

2.4 Forsøksoppsett

Et innblandingskar (350 L) med fast overløp for justering av salinitet og 5 parallelle uttak med flowjustering sørget for stabil vanntilførsel og sjøvannsinnblanding. Salinitet og flow i tilførselskaret og eksponeringskarene (nominelt 5 psu, 2L vann pr minutt) ble målt og evt. justert morgen og kveld gjennom forsøket. Vanntilførsel til eksponeringskarene gikk med fall på ca. 1,5 m til 5 hexagonale kar med et vannvolum på ca. 350 L.

20 laksesmolt ble fordelt tilfeldig til hver behandlingsgruppe 24 timer før oppstart av eksponering for å tilvenne seg karmiljøet.

Dosering av avgang ble gjort fra 20 L plastdunker med peristaltisk pumpe. Avgangen ble fortennet i plastdunkene for å gi aktuell konsentrasjon i de ulike behandlingene på fast pumpehastighet. Stamløsning av tilkjørt avgang fra Rana Gruber ble byttet ut to ganger daglig Behandlingsgruppene ble tilsatt hhv. 2,2, 4,4, 13,3, og 40 ml avgang per minutt (tabell 1.) Avgangen ble holdt i løsning ved bruk av sirkulasjonspumper i hvert kar, og tilførsel av luft via akvariepumper med luftesteiner ble gjennomført som en forsikring i tilfelle vannstopp. Ved avslutning av 96 timers eksponering ble 10 fisk pr gruppe prøvetatt, og de resterende overført til 50 L stamper med 34 psu sjøvann for 24 timers sjøvannstoleransetest og påfølgende prøvetaking. Temperatur ble logget vha. Hobo loggere hvert 30 minutt i alle kar under eksponering og sjøvannstest.



Figur 2. Forsøksgrupper. Fra venstre CONTROL, LOW, MEDIUM, HIGH, MAX.

2.5 Prøvetaking

2.5.1 Kjemisk dokumentasjon

En rekke prøver ble tatt for å kunne dokumentere kjemiske og fysiske egenskaper ved avgangen, samt verifisere dosering i de ulike eksponeringsgruppene.:

- Kjemisk analyse av avgangen og karakterisering ved scanning elektron mikroskopi ble gjennomført av Molab AS (vedlegg A).
- Analyse av innholdet av Lilafлот D81 7M i vannfase og fastfase ble utført av Analysesentrum (vedlegg B).
- Kornstørrelsesfordelingen og rundhetsanalyse ble utført av SINTEF (vedlegg C).
- Daglige vannprøver fra alle eksponeringsgrupper ble analysert av NIVA for salinitet, pH og turbiditet (vedlegg D).

2.5.2 Fisk

Fisk ble håvet fra karene over i bøtte med vann fra samme kar og fraktet til prøvetakingslaboratoriet (maks 1 min). Her ble fiskene avlivet med et slag i hodet før lengde (1 mm) og vekt (0,1g) ble bestemt. Blod ble tatt med 1 ml heparinisert sprøyte fra kaudalvenen og sentrifugert (5 min, 3000 rpm) før plasma ble pipettert av og oppbevart i 1 ml eppendorfrør på - 20 °C fram til analyse.

2. gjellebue på fiskens venstre side ble klippet ut og oppbevart på forhåndsveide scintillasjonsrør på -20 °C frem til analyse av gjellemetaller ved UMB (vedlegg E). 2. gjellebue på høyre side ble konservert på nedkjølt SEI buffer og fryst på flytende nitrogen for analyse av NKA enzymaktivitet. Analysen ble utført ved UiB som beskrevet i Urke m. fl (2013). 3. gjellebue på høyre side ble konservert på romtemperert RNA later og lagret forskriftsmessig i 24 timer på 4 °C før nedfrysning i flytende nitrogen og senere analyse av mRNA uttrykk av NKA $\alpha 1a$ og - NKA $\alpha 1b$ ved UiB etter metodikk beskrevet i Urke m. fl (2013).

3. Resultater

3.1 Forsøksbetingelser

Stabile forsøksbetingelser i alle behandlingsgrupper ble dokumentert gjennom målinger 2 ganger pr dag gjennom eksponeringsperioden. Vannflow i alle behandlinger var i gjennomsnitt 1 L/min, med standard avvik <0,1 L/min. Gjennomsnittlig dosering av stamløsning var 39-40 ml/min i alle grupper med SD <2,3 ml/min. Gjennomsnittlig målt salinitet var mellom 5,1-5,0 i alle grupper, SD < 0,7. Temperatur var 5,9-6,0 °C, med SD <0,5 C gjennom perioden. Oksygennivå i eksponeringskar var 9,4-9,6 mg/L, med SD <0,14.

3.2 Kjemiske analyser

3.2.1 Avgang

Undersøkelse med SEM (Molab, vedlegg A) viste at avgangen i hovedsak bestod av ulike silikatmineraler, samt en betydelig mengde jernoksid. Silikatmineralene var gjennomgående små (<15 µm) og flakformet (bilde 2 og 3 i vedlegg A), med innslag av «rosettformede» manganholdige mineraler. Kjemiske analyser viste et innhold av suspendert stoff på 406 mg/l, en pH på 7,7 og et jerninnhold på 40,4 mg/l. Verdier for øvrige metaller er gjengitt i vedlegg A.

De vanligste komponentene i Lilaflo D817M (Alkyleteraminer og alkyldieteraminer, C12-C14) ble analysert i vannfase og fast fase (vedlegg B). For vannfase ble ingen komponenter påvist over deteksjonsgrensen (0,10 µg/l). I fast fase (duplikat analyse) var gjennomsnittlig totalkonsentrasjon 6,3 mg/kg. Hovedandelen av dette bestod av C13-di komponenten (3,9 mg/kg).

3.2.2 Vann i eksponeringsgrupper

Turbiditet var markant forhøyet som et resultat av eksponeringsgruppe, mens salinitet og pH viste små forskjeller mellom gruppene (tabell 2, vedlegg D).

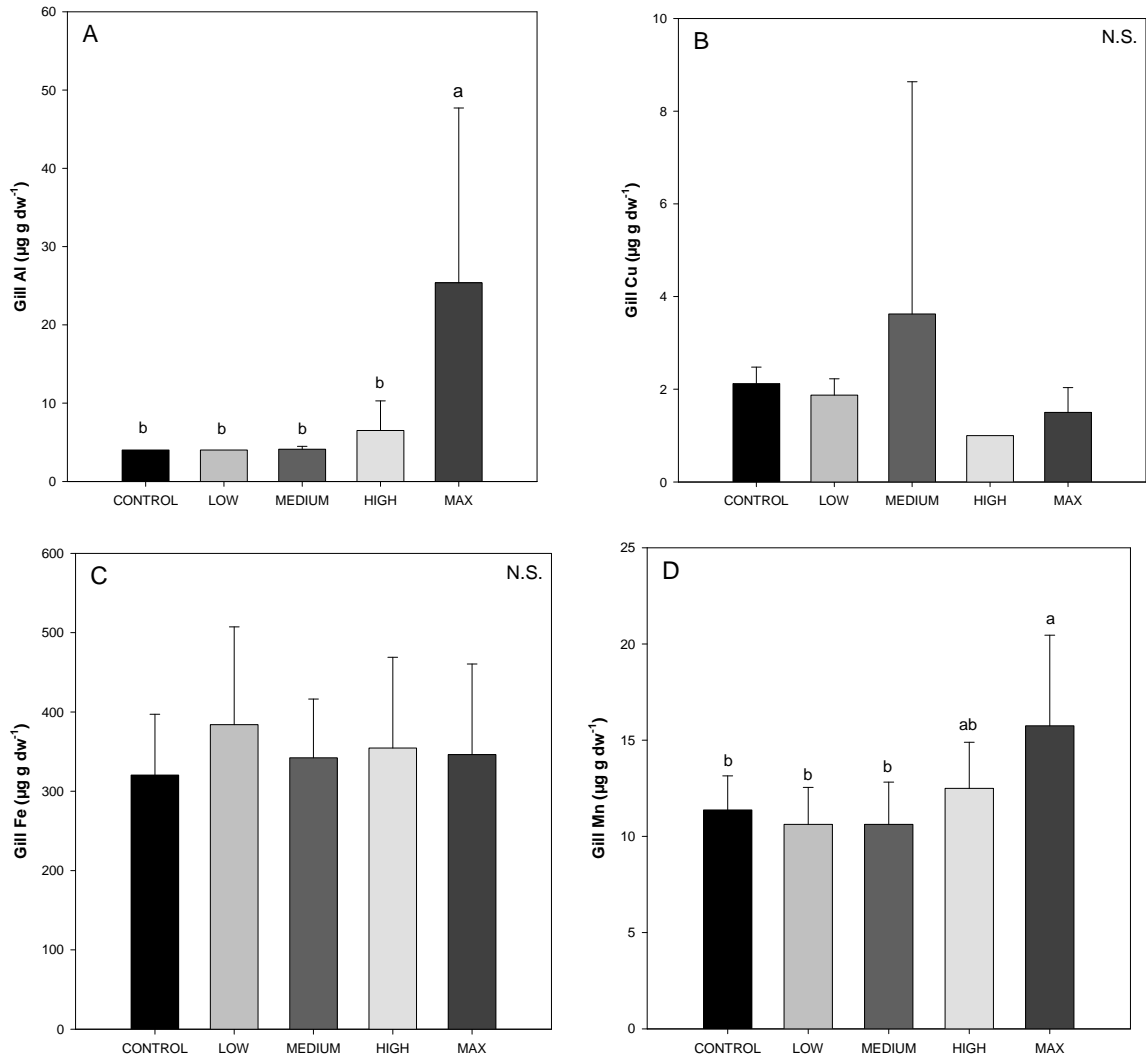
Tabell 2. Målte vannparametre i daglige vannprøver gjennom eksponeringsperioden. Verdier er gjennomsnitt ± Standard avvik (SD).

	pH	Salinitet (psu)	Turbiditet (FNU)
CONTROL	7,35 ± 0,03	5,5 ± 0,3	0,4 ± 0,3
LOW	7,34 ± 0,05	5,2 ± 0,6	1,9 ± 0,5
MEDIUM	7,35 ± 0,03	5,1 ± 0,7	4,2 ± 0,7
HIGH	7,42 ± 0,03	5,1 ± 0,6	12,8 ± 1,8
MAX	7,48 ± 0,02	5,1 ± 0,6	36,7 ± 6,5

Analyser av partikkelstørrelse (vedlegg C) viste at omlag 60 % av partiklene var under 50µm, mens gjennomsnittsstørrelsen var 66 µm. Gjennomsnittlig rundhet var 0,57, med et standardavvik på 0,2.

3.3 Metallkonsentrasjon på gjeller

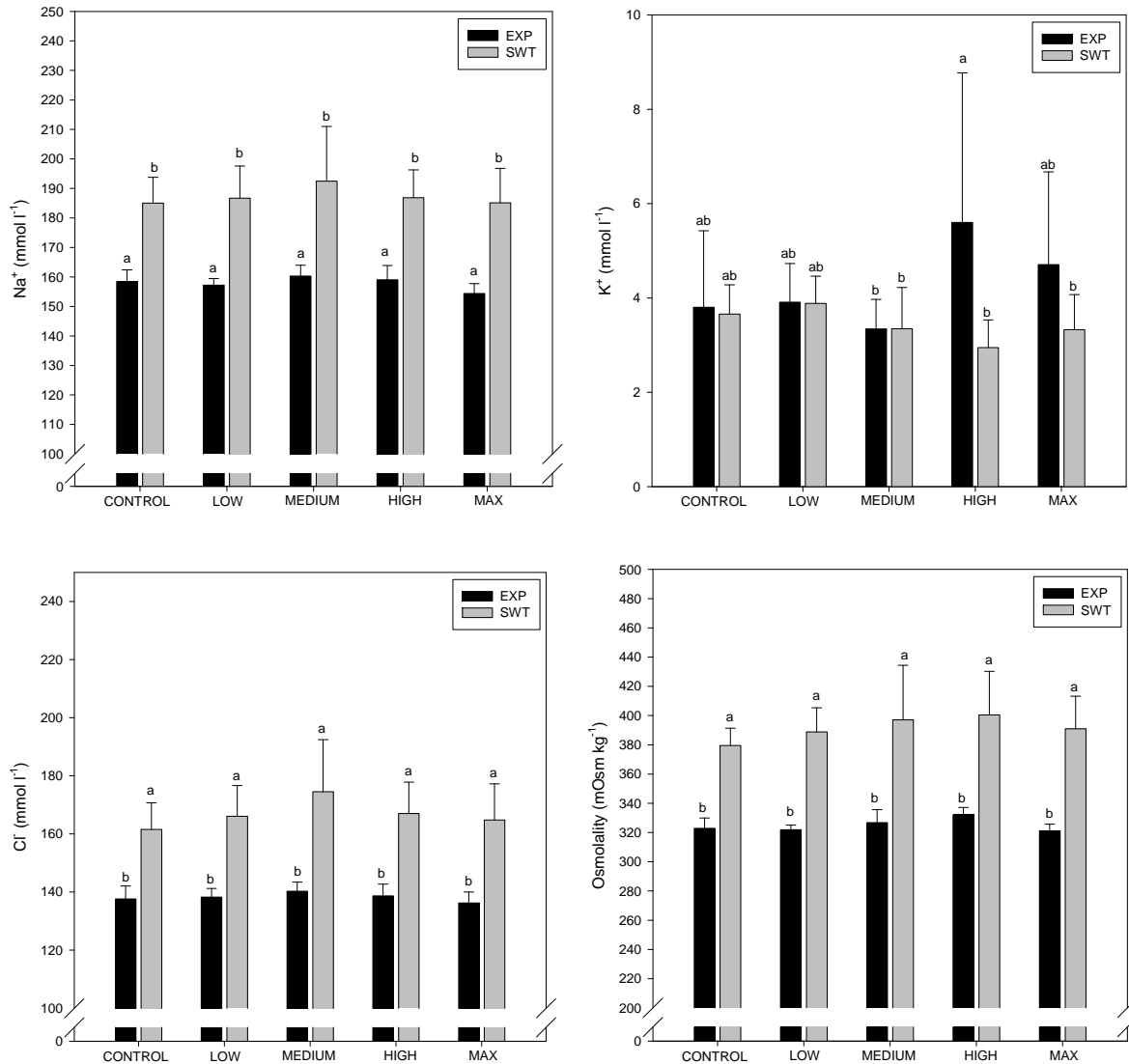
MAX eksponeringsgruppen hadde signifikant forhøyede verdier av gjelle-Al sammenlignet med alle andre eksponeringer, mens Mn verdiene var signifikant høyere enn CONTROL, LOW og MEDIUM. Cu og Fe hadde ikke signifikant ulike nivåer mellom noen grupper (figur 3).



Figur 3. Metallkonsentrasjoner på gjeller av Atlantisk laks etter 96 timers eksponering for avgang fra Rana Gruber. Eksponering ble gjennomført på 5 psu salinitet. Søyler som ikke har felles bokstav er signifikant forskjellige ($p=0,05$, Tukey-Kramer HSD test).

3.4 Plasmaioner og osmolalitet

For natrium (Na) og klorid (Cl) i plasma var det ingen signifikant behandlingseffekt, men en klar forhøyning av nivåer etter 24 timers sjøvannstoleransetest (SWT) (figur 4). Forskjellen i nivå var på 20-30 mM mellom brakkvann og sjøvann, og nivåforskjellen relativt konsistent i de ulike behandlingene.

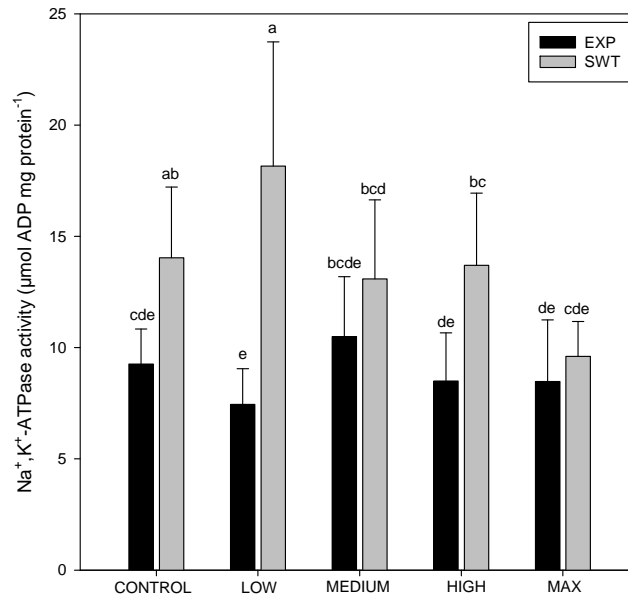


Figur 4. Ionenivåer og osmolalitet i plasma fra Atlantisk laksesmolt etter 96 timers eksponering for avgang fra Rana Grube og påfølgende 24 timers sjøvannstest (34 psu). Eksponering ble gjennomført på 5 psu salinitet. Søylor som ikke har felles bokstav er signifikant forskjellige ($p=0,05$, Tukey-Kramer HSD test). 96 timers eksponering

Kalium var signifikant forhøyet etter sjøvannstest kun i HIGH, mens osmolalitet var signifikant forhøyet i alle sjøvannstestgrupper sammenlignet med eksponeringsgruppene i brakkvann.

3.4.1 Enzymaktivitet av Na⁺-K⁺-ATPase i gjeller

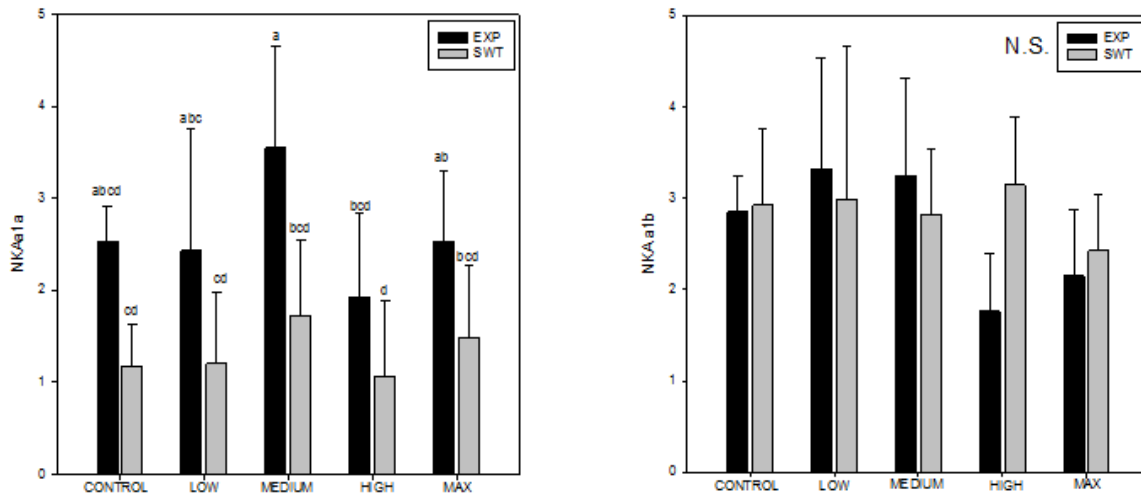
Enzymaktiviteten av NKA i gjeller var ikke signifikant forskjellig mellom noen av behandlingsgruppene. Etter sjøvannstest viste CONTROL og LOW signifikant høyere nivåer enn MAX (figur 5).



Figur 5. Enzymaktivitet av Na-K-ATPase i gjeller av Atlantisk laksesmolt etter 96 timers eksponering for avgang fra Rana Grube og påfølgende 24 timers sjøvannstest (34 psu). Eksponering ble gjennomført på 5 psu salinitet. Søyler som ikke har felles bokstav er signifikant forskjellige ($p=0,05$, Tukey-Kramer HSD test).

3.4.2 Genuttrykk i gjeller

Det var ingen signifikant behandlingseffekt på mRNA uttrykk av de to genvariantene av den aktive komponenten av NKA enzymet etter eksponering (figur 6). Etter sjøvannstest var det signifikant forskjell for a1a mellom MEDIUM og HIGH gruppene.



Figur 6. mRNA uttrykk av NKA subenhet a (venstre panel) og b (høyre panel) i gjeller av Atlantisk laksesmolt etter 96 timers eksponering for avgang fra Rana Grube og påfølgende 24 timers sjøvannstest (34 psu). Eksponering ble gjennomført på 5 psu salinitet. Søyler som ikke har felles bokstav er signifikant forskjellige ($p=0,05$, Tukey-Kramer HSD test).

4. Diskusjon

Eksponeringsforsøket og de påfølgende sjøvannstestene ble gjennomført uten avbrudd eller større variasjon i doseringsregime eller miljøforhold.

Ingen av eksponeringsgruppene hadde dødelighet underveis i eksponeringen eller i påfølgende 24 timers sjøvannstest (34,5 psu).

Akkumulering av metaller på gjeller kan gjenspeile frie ioner som bindes på grunn av ladningsattraksjon med negative bindingssteder, men også mindre partikler som festes i slim på gjellene. Vi kan i dette forsøket ikke skille direkte mellom disse to formene. Ser en imidlertid på økningen av f.eks. jern og mangan, relativt til innholdet av disse i avgangen (vedlegg D, ca. 20:1), kan det se ut som om mangan akkumuleres i større grad (figur 3). Den ulike formen på Mn-holdige silikatmineraler er en mulig forklaring på dette, samtidig som vi ikke kan utelukke at det kan dreie seg om frie metallioner. Imidlertid er nivåene av akkumulering av både Mn og Al så lave at det uansett ikke kan forventes noen vesentlige fysiologiske responser eller skade som følge av dette

Manglende forskjeller i fysiologiske parametre mellom eksponeringsgruppene etter avsluttet eksponering tilsier at eksponeringen ikke hadde målbar effekt på de aktuelle parametrene.

Ved å gjennomføre en såkalt «challenge test» i fullt sjøvann i etterkant av eksponering ble eventuelle fysiologiske skader som ikke kunne måles ved lav salinitet testet, uten at dette ga markante forskjeller mellom eksponeringsgruppene. Dette resultatet tilsier at eksponering for gruveavgang ikke påvirket fiskens ionereguleringssevne i sjøvann. De observerte forskjellene mellom eksponering i 5 psu og sjøvannstest i 34,5 psu er et vanlig observert resultat av en eksponering for høy salinitet (se f.eks. Urke m.fl., 2009; 2013; Stefansson et al., 2013), og forskjellene er ikke i en størrelsesorden som tilsier at fisken hadde problemer med ioneregulering i fullt sjøvann.

Effekter på enzymaktivitet (figur 5) eller genuttrykk (figur 6) av NKA ble ikke påvist. Respons på disse parametrene er vanlig observert ved eksponering for metaller (Kristensen et al., 2009; Kroglund et al., 2013), og dette tyder på liten eller fraværende effekt av eksponeringene.

5. Konklusjon og anbefalinger

Eksposteringsforsøk på laksesmolt der fysiologiske parametre ble brukt som endepunkter viste ingen markante effekter av eksponering for gruveavgang i konsentrasjoner som reflekterer et tenkt «worst case» scenario med utslipp i overflaten. Ut i fra disse rammene er vår konklusjon at sannsynlighet for skade på evne til ioneregulering under smoltutvandring er svært lav, selv ved eksponering for høye doser avgang.

Studiet dekker ikke eventuelle effekter av eksponering for avgang på adferd under smoltutvandring, eller eventuelle økologiske konsekvenser for laksefisk på økt tilførsel til fjordmiljøet som kan resultere i redusert primærproduksjon. Finpartikulær avgang vil kunne redusere siktedyp og den biologiske produksjonen, samt ha direkte effekter på fiskeslag som primært har visuelt fødesøk og orientering, noe som i stor grad er tilfelle for laksefisk.

6. Litteratur

Anonym 2007. Om vern av villaksen og ferdigstilling av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. Stortingsproposisjon nr. 32 (2006-2007), Miljøverndepartementet, Oslo, 143 sider.

Kristensen, T., Urke, H.A., Teien, H-C., Adolfsen, P., Salbu, B., Steffansson, S., Nilsen, T.O., Rosseland, B.O., Kroglund, F. and Åtland, Å. 2009a. Increased susceptibility to metal mine discharges during the smolt stage of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) 8th ICARD 2009 Proceedings.

Kristensen T, Åtland Å, Rosten T, Urke H. A and Rosseland B.O. 2009b. Important influent-water quality parameters at freshwater production sites in two salmon producing countries. *Aquacultural Engineering* 41, 53–59.

Kroglund, F., Rosseland, B. O., Teien, H. C., Salbu, B., Kristensen, T., and Finstad, B. 2008. Water quality limits for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) exposed to short term reductions in pH and increased aluminum simulating episodes, *Hydrology and Earth System Sciences* 12, 491-507.

Lydersen, E. m.fl. 2002. Metals in Scandinavian Surface Waters. Effects of Acidification, Liming and Potential Reacidification. – *Crit.Rev.Env.Sci.Techn.*32.

Skei, J., Iversen, E., Kristensen, T., Aanes, K.J., Fosså, J.H., Van der Meeren, T., Jensen, Rye, H., Løkeland, M., Thornhill, M., Bøe, R., Dekko, T., Dalen, M., Sørby, H., Storbraaten, G., Braastad, G. 2010. Mining industry and tailing disposal. Status, environmental challenges and gaps of knowledge. Klif – Climate and pollution agency. Report no 2715-2010. pp 104. In Norwegian, Abstract in English.

Stefansson, S. O., Haugland, M., Björnsson, B. Th., McCormick, S. D., Holm, M., Ebbesson, L. O. E., Holst, J. C. & Nilsen, T. O. 2013. Growth, osmoregulation and endocrine changes in wild Atlantic salmon post-smolts during marine migration. *Aquaculture* 362–363, 127–136. doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.07.002.

Thorstad, E., Uglem, I., Finstad, B., Kriglund, F., Einarsdottir, I.E., Kristensen, T., Diserud, O., Arechavala-Lopez, P., Mayer, I., Moore, A., Nilsen, R., Björnsson, B.T. and Økland, F. Reduced marine survival of hatchery-reared Atlantic salmon post-smolts exposed to aluminium and moderate acidification in freshwater. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 01/2013; 124:34-43.

Ulvund, J.B., Urke, H.A., Alfredsen, J.A., Berg, O.K., Daae, K.L. and Kristensen, T. Habitat use of anadromous brown trout (*Salmo trutta* L.) and Arctic char (*Salvelinus alpinus* L.) in an arctic fjord system. *Environmental Biology of Fishes*, *Submitted*.

Urke, H.A., Kristensen, T., Alfredsen, K.T., Daae, K.L. and Alfredsen, J.A. 2010. Migratory behaviour and swimming speed of smolts from River Lærdalselva, W Norway. NIVA report, serial no. 6033, ISBN 82-577-5768-7. In Norwegian, Abstract in English., 46 pp.

Urke, H.A., Kristensen, T., Daae, K.L., Bergan, M., Ulvund, J.B., and Alfredsen, J.A. 2011. Assessment of possible impacts of marine mine tailings deposit in Repparfjord, Northern Norway, on anadromous salmonids. NIVA report, serial no. 6176. ISBN 978-82-577-5883-7. In Norwegian, Abstract in English., 152 pp.

Urke H. A., Koksvik, J., Arnekleiv, J. V., Hindar, K, Kroglund, F. and Kristensen, T. 2010. Seawater tolerance of downstream migrating Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*) and *S.salar* × *S.trutta*. *Fish Physiology and Biochemistry* 36, 845–853. DOI 10.1007/s10695-009-9359-x.

Urke, H. A., Kristensen, T. Arnekleiv, J. V., Haugen, T. O. Kjørstad, G., Stefansson, S O., Ebbesson, L.O.E and Nilsen, T. O. 2013. Seawater tolerance and post smolt migration of wild Atlantic salmon x brown trout hybrid smolts. *Journal of Fish Biology* 82, 206–227. doi:10.1111/j.1095-8649.2012.03481.x

Urke, H. A., Kristensen, T. Ulvund, J.B. Alfredsen, J. A. Riverine and fjord migration of wild and hatchery reared Atlantic salmon smolts. *FME accepted*.

Vedlegg A. Molab AS

Vedlagt finner dere 2 rapporter fra undersøkelsen av avgangen fra Rana Gruber. Den ene rapporten viser resultater fra SEM-undersøkelse på partiklene i prøven. Rapporten viser bilder av ulike partikler inkl. kjemisk analyse på partikkelnivå og også et inntrykk av størrelsesfordelingen.

Den andre rapporten viser resultatene fra kjemisk analyse av avgangen (vann + faststoff). Tidligere analyser av avgangsmasse (fast stoff) ligger til grunn for valg av parametere. Det er ikke tidligere påvist organiske miljøgifter, og det er derfor kun gjort undersøkelser med hensyn på tungmetaller og tidligere påviste metaller, i tillegg til pH og mengde suspendert stoff.

Med vennlig hilsen




Wenche Brennbakk, Siv.ing

Vedlegg B. Analysecentrum Lilafлот

Vedlegg C. SINTEF

Vedlegg D. VK NIVA

Vedlegg E. UMB

		Molab as, 8607 Mo i Rana Telefon: 404 84 100 Besøksadr. Mo i Rana: Mo Industripark Besøksadr. Oslo: Kjelsåsveien 174 Besøksadr. Glomfjord: Ørnesveien 3 Besøksadr. Porsgrunn: Herøya Forskningspark B92 Organisasjonsnr.: NO 953 018 144 MVA		
Kunde: NIVA Att: Henning Andre Urke		RAPPORT Avgang Rana Gruber		
		Ordre nr.: 48225	Antall sider + bilag: 2	
		Rapport referanse: KR-16031	Dato: 22.11.2012	
Rev. nr. 0	Kundens bestillingsnr./ ref.:	Utført: Molab Mo	Ansvarlig signatur: 	

Prøver mottatt dato: 19.10.2012

RESULTATER

Prøve merket:			Avgang juni 2012, eksponering Laks
Parameter	Enhet	Ana.dato	KA-074072
pH		26.10.12	7,7
Suspendert stoff	mg/l	30.10.12	406
As, Arsen	mg/l	26.10.12	0,015
Cd, Kadmium	mg/l	26.10.12	< 0,0005
Cr, Krom	mg/l	26.10.12	0,016
Cu, Kobber	mg/l	26.10.12	0,063
Fe, Jern	mg/l	26.10.12	40,4
Mn, Mangan	mg/l	26.10.12	2,2
Ni, Nikkel	mg/l	26.10.12	0,018
Pb, Bly	mg/l	26.10.12	0,012
Zn, Sink	mg/l	26.10.12	0,053
Hg, Kvikksølv	µg/l	31.10.12	< 0,05


ANALYSEINFORMASJON

Parameter	Metode/ Analyseteknikk	Akkrediterings- status	Relativ usikkerhet (%)	Deteksjons- grense	Enhet
As, Arsen	ICP-AES	A	15	0.010	mg/l
pH	NS 4720	A	0	-	
Cd, Kadmium	ICP-AES	A	15	0.0005	mg/l
Suspendert stoff	NS-EN 872	A	10	1.0	mg/l
Cr, Krom	ICP-AES	A	15	0.001	mg/l
Cu, Kobber	ICP-AES	A	15	0.001	mg/l
Fe, Jern	ICP-AES	A	15	0.001	mg/l
Mn, Mangan	ICP-AES	A	15	0.0002	mg/l
Ni, Nikkel	ICP-AES	A	10	0.002	mg/l
Pb, Bly	ICP-AES	A	10	0.005	mg/l
Zn, Sink	ICP-AES	A	20	0.001	mg/l
Hg, Kvikksølv	NS-EN 1483	A	25	0.05	µg/l

A = Akkreditert prøving. Dersom ikke annet er oppgitt angis usikkerheten med 95 % konfidensnivå.

ANMERKNINGER

**Metallene er bestemt etter NS4770, oppslutning i autoklav med fortynnet salpetersyre.
Oppslutningen ble utført i prøven med suspendert stoff og vann.**

 Molab as Din Labpartner		MIKROSKOPI AV SLAM			
		Report No.: MT-12-2235	Order No.: 48225	Date: 05.11.2012	
Rev. No.: 0	Revision comments:	Material ID: Mikroskopi av slam	Operator: Frank Hulbekkmo		

Prøvemateriale / bearbeiding:

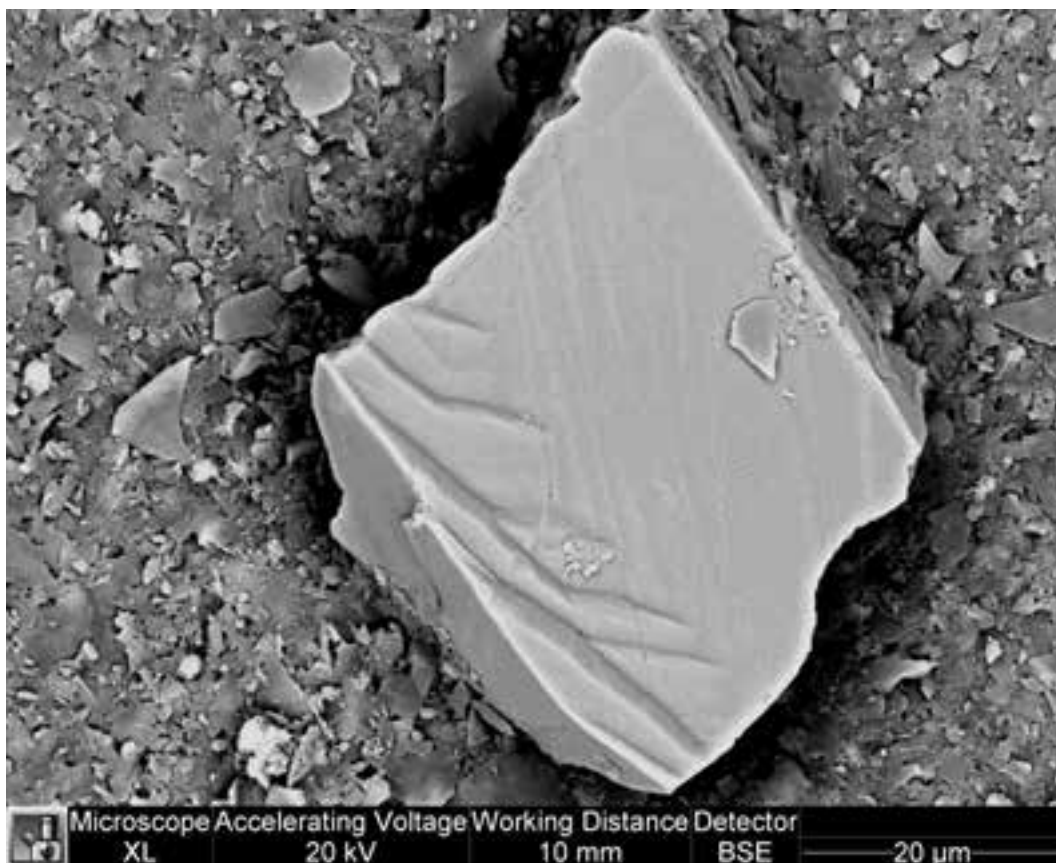
Plastflaske merket "Avgang juni 2012".

Undersøkelsen er utført i skanning elektronmikroskop (SEM) med energidispersiv røntgenanalysator (EDS).

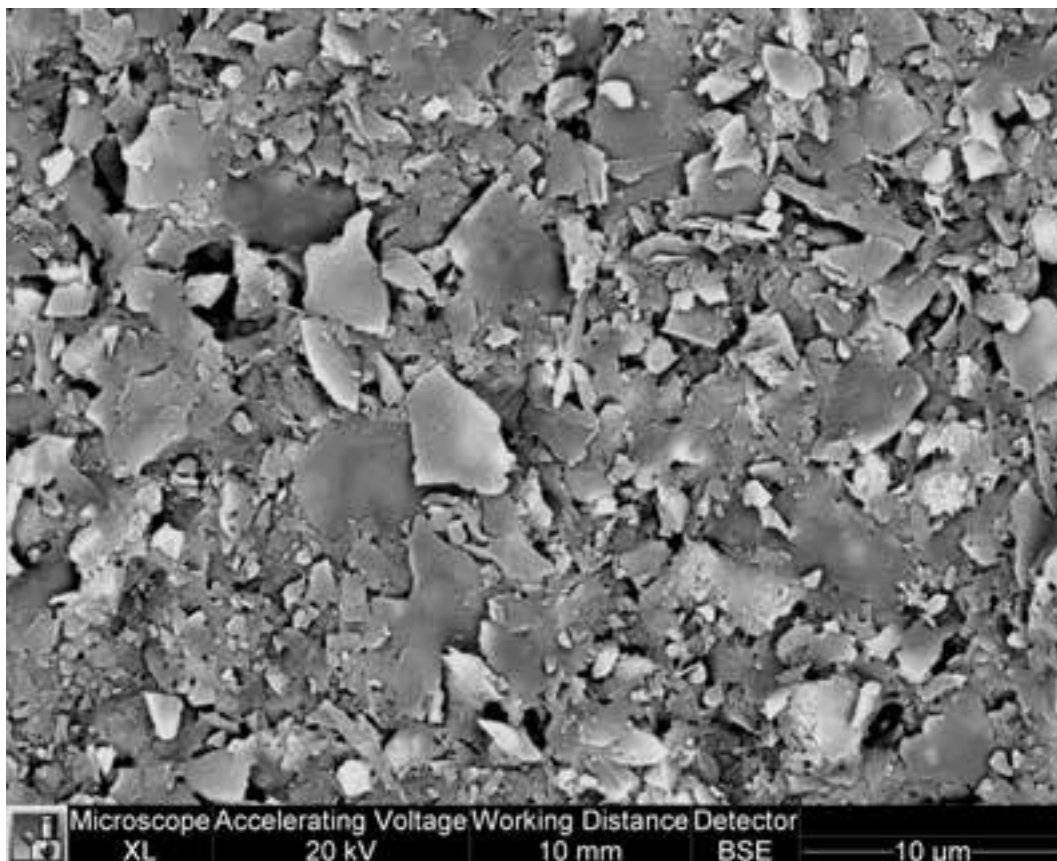
Slammet inneholder hovedsakelig forskjellige silikatmineraler, som til eks.:

- Si + Al + Mg + Ca + Fe + O (bilde 2)
- Si + Al + K (bilde 4)
- Si + Al + Mg + Ca + Mn + O (bilde 3 og 5)

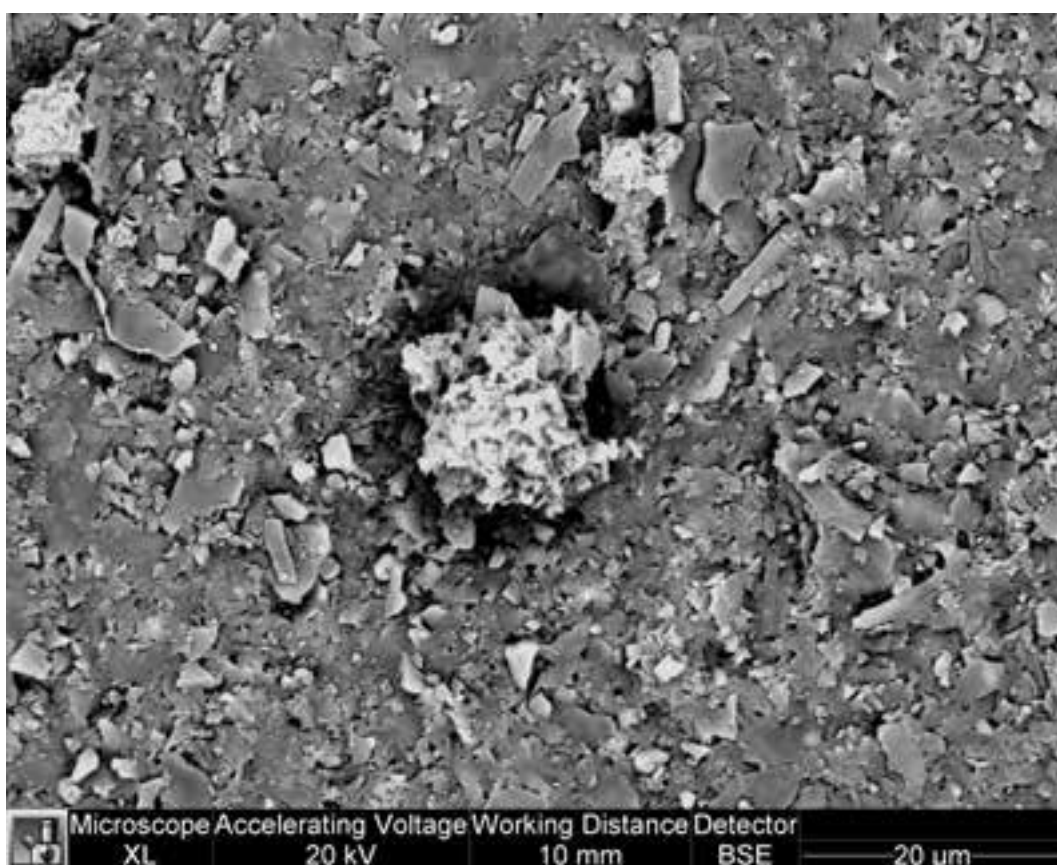
Slammet inneholder også en betydelig mengde partikler av jernoksid eller jernmalm (bilde 1).



Bilde 1. Ca. 1800× Typiske jernholdige partikler, eller jernmalm. Størrelse 40 – 60μm.

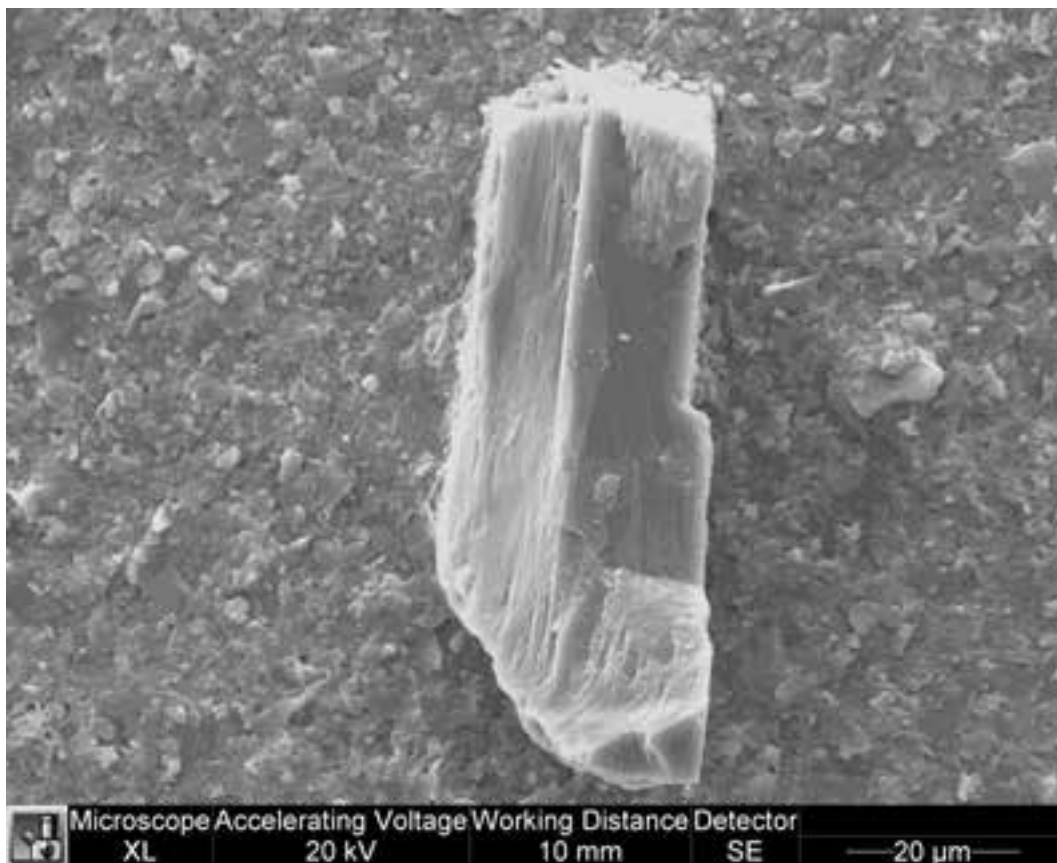


Bilde 2. Ca. 3500× Silikat-mineraler (Si + Al + Mg + Ca + Fe + O) i form av flak – typiske < 15 µm.

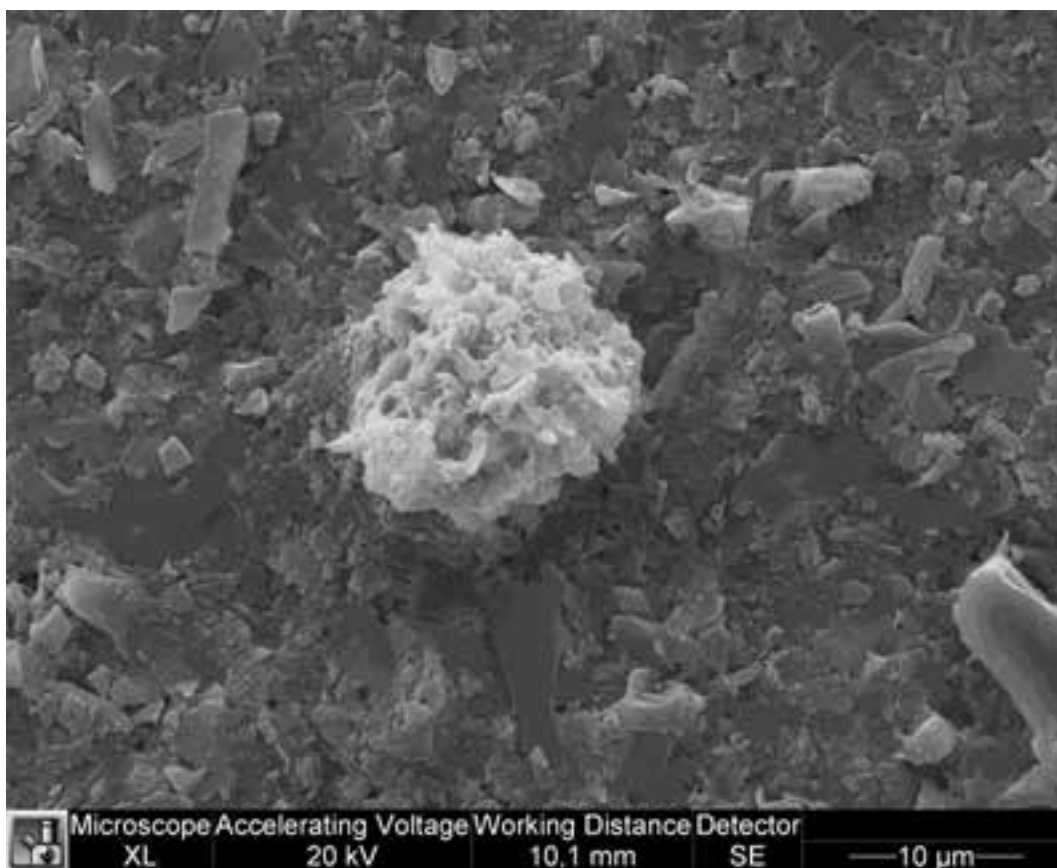


Bilde 3. Ca. 1800× Forskjellige silikat-mineraler – hovedsakelig Si + Al + Mg + Ca + Fe + O, men de lyse «rosettene» inneholder Mn istedenfor Fe (Si + Al + Mg + Ca + Mn + O)

The test results only relate to the items tested. This report must neither be translated in extracted or abbreviated form prior to receiving approval from Molab as. The report itself represents or implies no product approval. Reported according to Molabs standard delivery conditions, unless other agreement. See www.molab.no for these conditions



Bilde 4. Silikatpartikkel – Si + Al + K.



Bilde 5. Silikatmineral (lys farge) – Si + Al + Mg + Ca + Mn + O



Determination of Lilafлот D817M in a sample from NIVA

Mathias Hermansson

Summary: Alkyletheramines and alkyletherdiamines (C12-C14) have been quantified in aqueous and solid phases of seven mining slurry samples.

Results from aqueous phase after sedimentation (mean values in bold)

C12 mono (µg/l)	C13 mono (µg/l)	C14 mono (µg/l)	C12 di (µg/l)	C13 di (µg/l)	C14 di (µg/l)	Sum (µg/l)
<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.6
<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	
<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	
<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	
<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	
<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	
<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	

Results from solid phase calculated as mg/kg dry solid (mean values in bold)

C12 mono (mg/kg)	C13 mono (mg/kg)	C14 mono (mg/kg)	C12 di (mg/kg)	C13 di (mg/kg)	C14 di (mg/kg)	Sum (mg/kg)
0.13	0.41	0.07	1.1	3.9	0.66	6.3
0.12	0.39	0.066	1.03	3.7	0.62	5.9
0.14	0.43	0.071	1.20	4.1	0.70	6.6

Report: 12 AC 0269
Project nr: 3191-12
Customer: Rune Johansen
Company: Rana Gruber, Postboks 434, NO-8601 Mo i Rana, Norway
Distribution: Henning Andre Arke, NIVA; Nancy Schreiner

Date: 2012-10-29
Pages: 4
Primary data: Surface chemistry 116

Samples: Samples will be stored for one month after the date of report if nothing else is agreed.


Analytical Center
Casco Adhesives AB
Box 11538
SE-100 61 Stockholm
Sweden

Street address:
Sickla Industriväg 6
SE-131 54 Nacka

Author:
Tel: +46 8 743 42 81
Fax: +46 8 642 83 99
mathias.hermansson@akzonobel.com


Mathias Hermansson

Responsible


Magnus Färbäck

Approved by

<http://www.analyticalcenter.com>
Organisationsnr: 556004-5311



Determination of Lilafлот D817M in a sample from NIVA

AkzoNobel
Tomorrow's Answers Today

1. Introduction

The content of C12-C14 alkyletheramines and alkyletherdiamines (Lilafлот D817M) has been determined in aqueous phase and solid phase in a sample from NIVA, Trondheim.

The most common constituents of Lilafлот D817M have been individually quantified and summed at the end of the calculation. A commercial sample of Lilafлот D817M has been used as analytical reference standard.

2. Samples

The samples arrived 2012-10-19 in a 25 l plastic vessel and contained about 10 liter water and a minor amount of solids.

3. Sample preparation and mixing of samples

3.1.1. Sampling of aqueous phases

The sample was set for sedimentation for three days, and after that the aqueous phase was sampled.

An Eppendorf Multipette pipette, with a 5 ml tip was filled and emptied three times from the aqueous phase, about 1 cm below the surface and thereafter filled again for sample delivering. Care was taken not to contaminate the aqueous phase with particles.

Five individual samples were prepared by transferring 0.7 ml of the aqueous sample to a HPLC vial containing 0.7 ml leaching solvent with internal standard using an Eppendorf Multipette with a 1 ml tip.

3.1.2. Sampling of solid phase in slurry

The major part of the aqueous phase in the sample vessel was decanted to waste. Thereafter the sample vessel was shaken and a slurry transferred to a 40 ml tared centrifuge tube which was centrifuged at 4000 rpm for ten minutes. After that, the aqueous phase was discharged and the tube weighed. About 1 g of wet solid phase was analysed.

Dry content of the centrifuged sample was determined in a parallell experiment.

Now, 40 ml leaching solution, containing internal standard, was added, followed by intensive stirring over night. (Normally one hour is sufficient, but this solid phase did not easily mix with the leaching solvent).

Two different leaching solvent were tested, and the one giving the highest result were presented.

This analysis was carrid out in duplicate.



Determination of Lilafлот D817M in a sample from NIVA

AkzoNobel
Tomorrow's Answers Today

4. Analytical method

The Analytical Center method 08 AM 010-02 was used with the following modifications:

- The methods state that the C12 and C13 mono- and diamine homologues are to be monitored. In this work, the C14 mono- and diamine homologues were added. Six homologues of the technical product are thus monitored, and the results are presented as individual values and as a sum.
- The calibration curve was extended to include also higher levels than stated in the method.
- The injection volumes were adjusted to 8 µl for aqueous samples and 2 µl for solid samples.
- Hexadecylamine-d31 was used as internal standard instead of Hyamine 1622.
- Commercial Lilafлот D817M was used as calibration standard, with an estimated active content of 97.8%.
- Ammonium acetate in 95% methanol was used as mixing solvent for the aqueous analysis, and magnesium chloride in methanol/2-propanol was used as leaching solvent for the solid samples.

A material balance was estimated by weighing the different flows of sample.

4.1. Calculations

All results are calculated against a commercial Lilafлот D817M standard. The individual homologues are calculated from a known normalised distribution of homologues in the product.



Determination of Lilafloc D817M in a sample from NIVA

5. Results

5.1. Found concentrations

Table 2. Results from aqueous phase (mean values in bold)

C12 mono (µg/l)	C13 mono (µg/l)	C14 mono (µg/l)	C12 di (µg/l)	C13 di (µg/l)	C14 di (µg/l)	Sum (µg/l)
<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.6
<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	
<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	
<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	
<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	
<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	

Table 3. Results from solid phase calculated as mg/kg dry solid (mean values in bold)

C12 mono (mg/kg)	C13 mono (mg/kg)	C14 mono (mg/kg)	C12 di (mg/kg)	C13 di (mg/kg)	C14 di (mg/kg)	Sum (mg/kg)
0.13	0.41	0.07	1.1	3.9	0.66	6.3
0.12	0.39	0.066;	1.03	3.7;	0.62;	5.9
0.14	0.43	0.071	1.20	4.1	0.70	6.6

5.2. Material balance

Volume of aqueous phase as delivered: 10 l

Weight of dried phase in vessel: 6.6 g.



SINTEF Materialer og kjemi

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: Alfred Getz v. 2
Telefon:
Telefaks: 73 59 27 86

Foretaksnr: NO 948 007 029 MVA

ANALYSERAPPORT

OPPDRAGSGIVER(E)

NIVA
Gaustadallèen 21
0349 OSLO

OPPDRAGSGIVERS REF.

Christian Vogelsang

PRØVEMATERIALE

1 prøve avgangsmateriale Rana Gruber

OPPDRAGETS ART

Bestemmelse av kornform

RAPPORT-/JOURNALNR. 13005	GRADERING Fortrolig	SAKSBEHANDLER (NAVN, SIGN.) Irene Bragstad <i>Irene Bragstad</i>	
PROSJEKTNR. 102001613-5	DATO 22.03.13	FAGLIG ANSVARLIG (NAVN, SIGN.) Karen Sende Osen <i>Karen Sende Osen</i>	ANTALL SIDER 4

UTFØRELSE:

Kornformsanalysen er foretatt med Pharma Vision 830.
Kornstørrelsen er bestemt med COULTER LS 230, laserdiffraksjon.

RESULTATER:

Resultatene er vist på egne ark.

VEDLEGG:

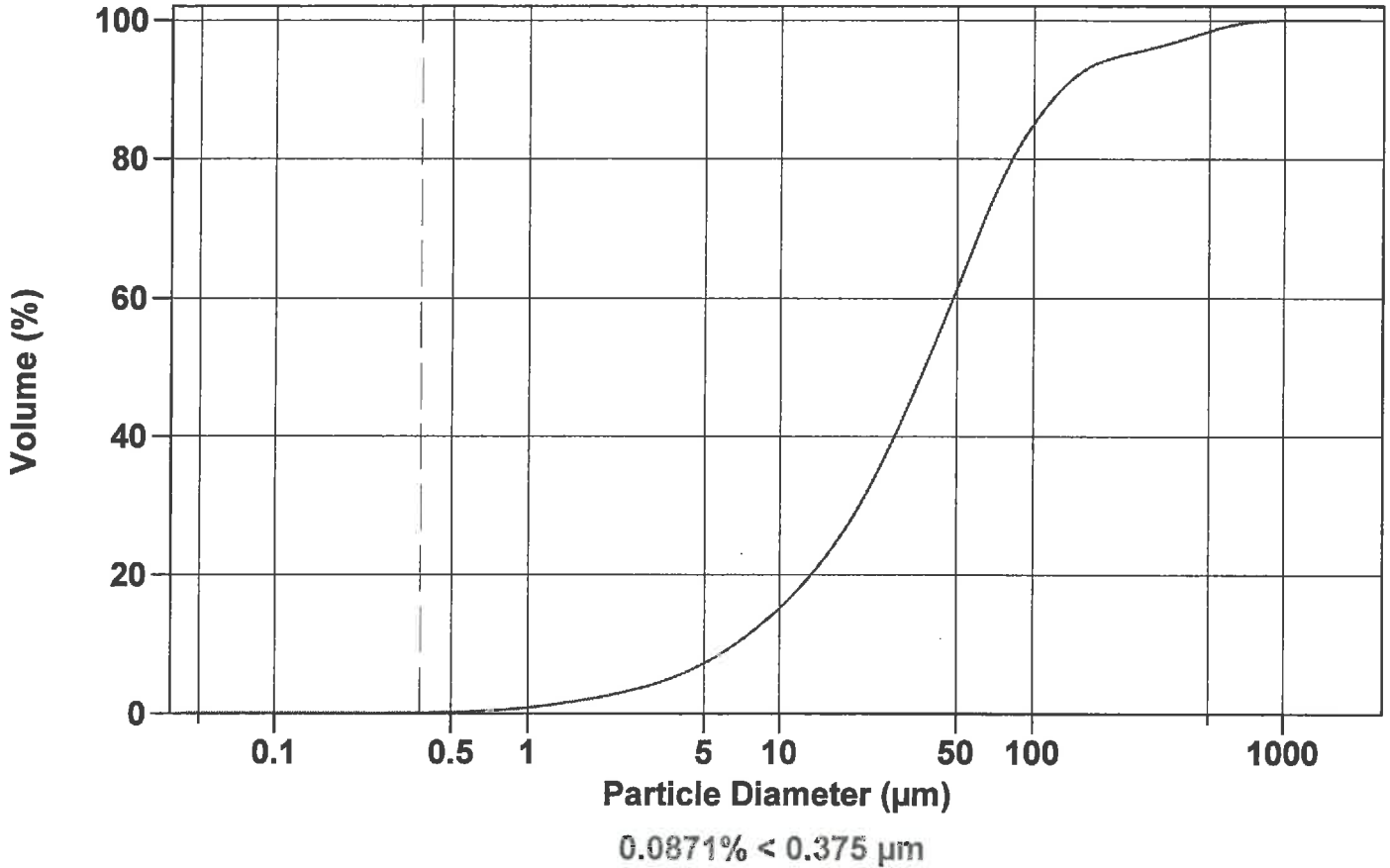
- 1 Kornfordelingsanalyse
- 1 Bildeanalyse



File name: cv-2203.\$08
Sample ID: Avgangsprøve Rana Gruber
Operator: Irene Bragstad
Optical model: hematitt.rfd PIDS included
LS 230 Fluid Module

Group ID: CV-22.03
Run number: 84

Avgangsprøve Rana Gruber



Volume Statistics (Arithmetic)

cv-2203.\$08

Calculations from 0.040 µm to 2000 µm

Volume	100.0%
Mean:	65.66 µm
Median:	37.60 µm
Mode:	55.14 µm

% <	10	25	50	75	90
Size µm	6.676	17.03	37.60	71.03	129.1



cv-2203.\$08

Particle Diameter µm	Volume % <
0.500	0.18
1.000	0.88
2.500	3.25
5.000	7.23
10.00	15.2
20.00	29.0
30.00	41.7
40.00	52.4
50.00	61.2
60.00	68.6
70.00	74.5
75.00	76.9
80.00	79.0
90.00	82.4
100.0	85.0
200.0	94.5
300.0	96.1
400.0	97.3
500.0	98.5
600.0	99.3
700.0	99.7
800.0	99.9
900.0	100.0
1000	100.0

cv-2203.\$08

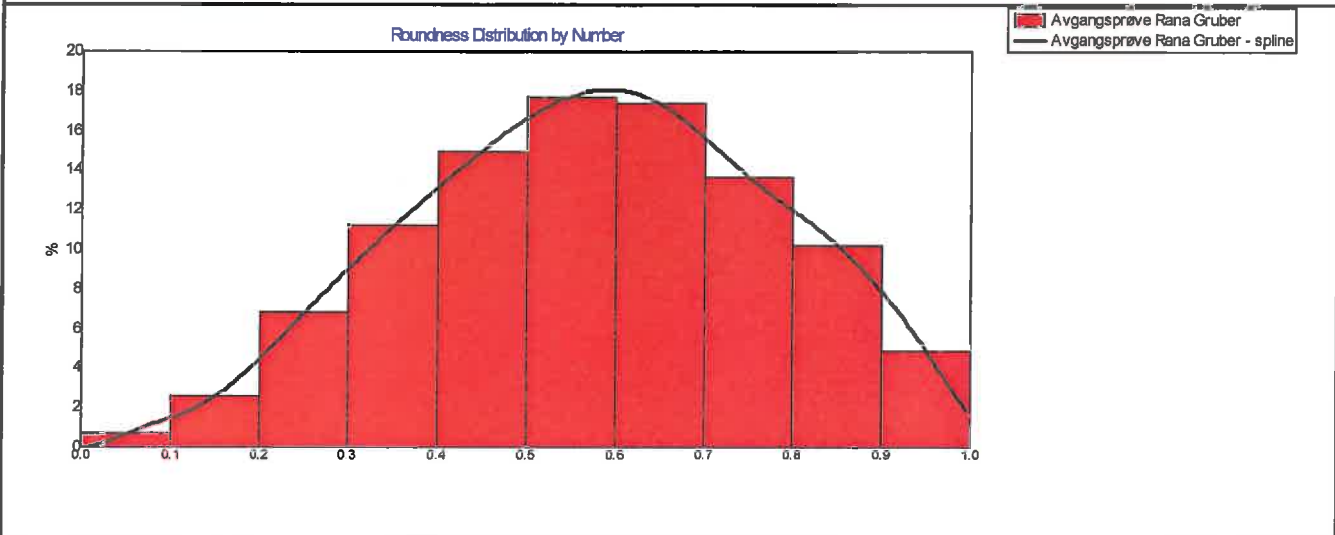
Channel Diameter (Lower) µm	Cum. < Volume %	Channel Diameter (Lower) µm	Cum. < Volume %
0.040	0	10.78	16.4
0.064	0.0026	17.18	25.2
0.102	0.015	27.38	38.5
0.162	0.029	43.66	55.8
0.258	0.045	69.62	74.3
0.412	0.11	111.0	87.3
0.657	0.36	176.8	93.8
1.047	0.96	282.1	95.8
1.669	1.98	449.7	97.9
2.660	3.49	716.9	99.8
4.241	5.98	1143	100
6.761	10.1	1822	100



Analysis Settings

Sample Id: Avgangsprøve Rana Gruber
 Comment:
 Application: NIVA (4fff2913)
 Data Source: BeadCheck 830, No: S/N: 83xx
 Analysis User: PVS830 (PharmaVision Predefined User)
 Analysis time and date: 2013-03-22, 10:38:40

Optics	Lower Intensity	Upper Intensity	Max Mean Diameter	Min Mean Diameter	Sub Areas Used
Zoom5	0->44	93->93	-	-	Default



Analysis Statistics

No of objects:	30000	STD	0.204	D[n,0.1]:	0.300	D[v,0.1]:	0.348
Parameter:	Roundness	RSD	35.472%	Median:	0.574	D[v,0.5]:	0.602
Mean:	0.574	D[4,3]:	0.743	D[n,0.9]:	0.844	D[v,0.9]:	0.861
Min,Max:	[0.000000, 1.000]	D[3,2]:	0.700	Confidence N:	100.00%	Confidence Vol:	0.00%

Performance Statistics

Analysis Duration:	13.32 min	Trash Size:	2
Speed of operation:	37.55 p/s	Number of Objects < Trash Size:	738 (2.460%)
Busy/Idle (Image Analysis):	32.37% 67.63%	Number of Objects > Overlap:	2 (0.006667%)
Busy/Idle (Camera Movement):	70.82% 29.18%	Number of Cluster Objects:	5813 (19.38%)
Frames per second:	1.747	Average Number of Cluster Objects:	12.50%
Objects per frame:	21.49		

Norsk
 Institutt
 for
 Vannforskning

Gaustadalléen 21
 0349 Oslo
 Tel: 22 18 51 00
 Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn **Expo-Bjerka**
 Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2012-1457 v01 O.nr. O 11455 06	28.05.2013

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Expo Bjerka Low 14.30	2012.06.09	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
2	Expo Bjerka Med 14.30	2012.06.09	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
3	Expo Bjerka High 14.30	2012.06.09	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
4	Expo Bjerka Max 14.30	2012.06.09	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
5	Expo Bjerka Cont 20.30	2012.06.08	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
6	Expo Bjerka Low 20.30	2012.06.08	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
7	Expo Bjerka Med 20.30	2012.06.08	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02

Analysevariabel	Prøvenr Enhet Metode	1	2	3	4	5	6	7	
		Surhetsgrad	pH	A 1-4	7,29	7,33	7,42	7,48	7,30
Salinitet		Intern*	5,2	5,2	5,1	5,2	4,2	4,0	4,0
Turbiditet v/ 860 nm	FNU	A 4-2	1,58	4,17	13,2	39,0	0,37	1,81	3,50

* : Metoden er ikke akkreditert.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2012-1457 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	Expo Bjerka High 20.30	2012.06.08	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
9	Expo Bjerka Max 20.30	2012.06.08	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
10	Expo Bjerka Cont 14.30	2012.06.09	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
11	Expo Bjerka Cont 23.00	201206010	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
12	Expo Bjerka Low 23.00	201206010	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
13	Expo Bjerka Med 23.00	201206010	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
14	Expo Bjerka High 23.00	201206010	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02

Analysevariabel	Prøvenr Enhet Metode	8	9	10	11	12	13	14	
		Surhetsgrad	pH	A 1-4	7,36	7,44	7,39	7,35	7,37
Salinitet		Intern*	4,0	4,1	5,3	5,7	5,5	5,5	5,4
Turbiditet v/ 860 nm	FNU	A 4-2	9,77	33,3	0,25	0,23	2,76	5,27	13,3

* : Metoden er ikke akkreditert.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2012-1457 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
15	Expo Bjerka Max 23.00	201206010	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
16	Expo Bjerka Cont 23.00	201206011	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
17	Expo Bjerka Low 23.00	201206011	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
18	Expo Bjerka Med 23.00	201206011	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
19	Expo Bjerka High 23.00	201206011	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02
20	Expo Bjerka Max 23.00	201206011	2012.06.19	2012.06.17-2012.07.02

Analysevariabel	Prøvenr		15	16	17	18	19	20
	Enhet	Metode						
Surhetsgrad	pH	A 1-4	7,51	7,36	7,40	7,35	7,45	7,47
Salinitet		Intern*	5,5	5,9	5,7	5,7	5,7	5,6
Turbiditet v/ 860 nm	FNU	A 4-2	46,0	0,86	1,45	3,72	28,6	14,8

* : Metoden er ikke akkreditert.

Norsk institutt for vannforskning

Trine Olsen
Kvalitetsleder



Mottaker: NIVA Bodø
NMU Bygget, Mørkvedbukta,
8020 Bodø.

Rekv. nr.: 12-38
Reg. dato: 18-06-12
Analysebevisets dato: 02.07.2012

Ansvarlig: Professor Brit Salbu
Forsker Hans Christian Teien
Utført av : Ingeniør Tove Loftaas

Analysebevis

Vi mottok 40 stk. gjelleprøver fra NIVA Bodø v/Torstein Kristensen, 8020 Bodø. Gjellene er frysetørket, syreoppløst og konsentrasjonen av aluminium (Al), jern (Fe), kalsium (Ca), magnesium (Mg), mangan (Mn), sink (Zn) og kobber (Cu) er bestemt vha ICP-OES (Induktivt koplet plasma emisjons-spektroskopi). Konsentrasjonen av Al, Fe, Ca, Mg, Mn, Zn og Cu på gjellene er oppgitt i µg pr. gram (tørrvekt) prøvemateriell.

Resultater:

Tabell på neste side:

NB! Innsendte prøver vil bli lagret i 1 måned etter utsendte analysebevis før de blir kastet. Hvis flere analyser på samme materiale ønskes må det gis beskjed om dette innen 1 måned etter mottatt analysebevis.

Tove Loftaas (ingeniør.)



Gjellenr.	Gjellevekt g	Al µg/g	Ca µg/g	Cu µg/g	Fe µg/g	Mg µg/g	Mn µg/g	Zn µg/g
AT531	0,010	9	25111	2	280	1159	13	549
AT532	0,012	70	21754	2	563	1150	23	458
AT533	0,009	18	24988	<2	208	1093	16	562
AT534	0,015	30	24631	2	309	1072	15	424
AT535	0,009	6	23173	<2	314	999	11	662
AT536	0,010	21	22969	<2	432	1147	16	414
AT537	0,011	5	22280	<2	260	958	10	472
AT538	0,007	44	22021	2	405	1108	22	413
AT539	0,015	4	22585	<2	270	1117	11	529
AT540	0,012	14	19261	<2	550	996	16	359
AT541	0,010	9	21891	<2	250	1044	11	481
AT542	0,010	9	21564	<2	452	1078	15	535
AT543	0,010	<5	21660	<2	397	961	11	497
AT544	0,011	<5	20743	<2	270	1088	10	385
AT545	0,010	<5	22938	<2	237	1051	11	401
AT546	0,008	<5	21494	<2	410	1014	15	442
AT547	0,011	<5	19876	<2	376	1026	8	412
AT548	0,014	5	22945	2	350	1039	14	472
AT549	0,013	<5	22132	2	371	994	9	369
AT550	0,008	<5	21441	2	225	1021	13	515
AT551	0,016	<5	27168	2	284	1217	12	340
AT552	0,013	<5	17234	16	390	899	9	470
AT553	0,011	<5	18574	2	458	913	9	401
AT554	0,008	<5	21687	2	284	908	11	272
AT555	0,011	<5	22452	2	448	1051	10	325
AT556	0,010	<5	19932	<2	516	929	8	402
AT557	0,013	<5	19951	2	553	988	11	400
AT558	0,011	<5	27473	2	220	1084	13	469
AT559	0,011	<5	20580	2	430	1041	9	446
AT560	0,016	<5	24274	2	248	1077	9	417
AT561	0,008	<5	20726	2	292	1035	13	389
AT562	0,011	<5	21050	2	365	946	12	360
AT563	0,010	<5	24663	2	292	1116	11	321
AT564	0,011	<5	23319	2	265	1016	10	470
AT565	0,010	<5	21983	3	335	1036	12	383
AT566	0,009	<5	23528	2	300	1083	11	442
AT567	0,011	<5	25865	2	403	1073	15	602
AT568	0,008	<5	23316	2	304	1130	9	431
AT569	0,012	<5	27858	2	211	1147	11	433
AT570	0,009	<5	24071	2	453	1019	12	557

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 • post@niva.no