

Økotoksikologirapport for Nye Sulitjelma Gruver AS

Utarbeidet av Promin AS

Forfattere:	Jonas Dombrowsky / Helge Rushfeldt
Versjon:	1.0
Dato:	2020-06-10
Distribusjon:	Nye Sulitjelma Gruver AS
Oppdragsgiver:	Nye Sulitjelma Gruver AS
Kontaktperson:	Roar Hansen



Figur 1 Sulitjelma området. Rester etter gammel gruvedrift kan ses øverst i midten av bildet. Langvatnet i senter av bildet.

Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	5
2	Bakgrunn	5
2.1	Bioakkumulering.....	5
2.2	Toksisitet	5
3	Kjemikalier.....	6
3.1	Avgangsmateriale	7
3.2	Xantater	7
3.2.1	Beskrivelse.....	7
3.2.2	Bruk og kjemisk migrasjon.....	8
3.2.3	Beregning av kjemikaliemengde	8
3.2.4	Estimert miljøpåvirkning av kjemikalie.....	8
3.3	Polyakrylamidpolymerer	8
3.3.1	Beskrivelse.....	8
3.3.2	Bruk og kjemisk migrasjon.....	9
3.3.3	Beregning av kjemisk mengde.....	9
3.3.4	Estimert miljøpåvirkning av kjemikalie.....	9
3.4	Metylisobutylkarbinol	9
3.4.1	Beskrivelse.....	9
3.4.2	Bruk og kjemisk migrasjon.....	10
3.4.3	Beregning av kjemikaliemengde	10
3.4.4	Estimert miljøpåvirkning av kjemikalie.....	10
3.5	Dow 250.....	10
3.5.1	Beskrivelse.....	10
3.5.2	Bruk og kjemisk migrasjon.....	11
3.5.3	Beregning av kjemisk mengde.....	11
3.5.4	Estimert miljøpåvirkning av kjemisk.....	11
3.6	Brent kalk og vann	11
3.6.1	Beskrivelse.....	11
3.6.2	Bruk og kjemisk migrasjon.....	11
3.6.3	Beregning av kjemisk mengde.....	11
3.6.4	Estimert miljøpåvirkning av kjemikalie.....	12
3.7	Sinksulfat og kobbersulfat	12
3.7.1	Beskrivelse.....	12
3.7.2	Bruk og kjemisk migrasjon.....	12
3.7.3	Beregning av kjemisk mengde.....	12
3.7.4	Estimert miljøpåvirkning av kjemikalie.....	12
3.8	Aerophine 3418A Promoter og Aero 3894 Promoter	13

3.8.1	Beskrivelse	13
3.8.2	Bruk og kjemisk migrasjon.....	13
3.8.3	Beregning av kjemisk mengde.....	13
3.8.4	Estimert miljøpåvirkning av kjemikalie.....	13
4	Oppsummering og konklusjon	14
5	Bibliografi	16
6	Vedlegg	17

Figurer

Figur 1 Sulitjelma området. Rester etter gammel gruvedrift kan ses øverst i midten av bildet.

Langvatnet i senter av bildet. 1

Figur 2 Flytskjema som viser prosessen fra råmalm til konsentrat og avgang (Ding, 2020) 6

Tabeller

Tabell 1 Sammendrag av beregnet mengde kjemikalier tilgjengelig 6

Tabell 2 Data om toksisitet og bioakkumulering av Kalium Amyl Xanthate. Endret fra (Bach et al., 2016)..... 8

Tabell 3 Kalkulasjon av xantat mengder..... 8

Tabell 4 Data om toksisitet av Magnafloc. Endret fra (Bach et al., 2016) 9

Tabell 5 Kalkulasjon av PAM mengder 9

Tabell 6 Data om toksisitet og nedbrytning av MIBC. Endret fra (Bach et al., 2016)..... 10

Tabell 7 Kalkulasjon av MIBC mengder 10

Tabell 8 Data om giftighetsnedbrytning og bioakkumulering av Dow 250 (MSDS Dowfroth 250 Flotation Frother, 2006) 11

Tabell 9 Kalkulasjon av Dow 250 mengder..... 11

Tabell 10 Data om toksisiteten til sink og kobber (Zeng et al., 2018) 12

Tabell 11 Beregning av mengde kobbersulfat og sinksulfat..... 12

Tabell 12 Data om toksisitet og nedbrytning av 3418A og 3894 (Deskin, 2005; Legal & Compliance Services, 2016)..... 13

Tabell 13 Kalkulasjon av 3418A og 3894 mengder..... 13

Tabell 14 Oppsummering av beregnet konsentrasjon og effekt konsentrasjon for ulike kjemikalier. . 14

1 SAMMENDRAG

Promin AS har fått i oppdrag av Nye Sulitjelma Gruver AS å estimere den potensielle miljøpåvirkningen fra kjemikalier som vil bli brukt under fremtidig gruvedrift. Denne rapporten er en litteraturgjennomgang av disse kjemikaliene og estimerer hvor mye av dem som vil bli sluppet ut i miljøet under normal drift.

I løpet av produksjonen vil NSG ta ut 400 000 tonn malm per år fra gruva, det er beregnet at dette vil medføre ca. 375 000 tonn avgangsmasser per år. Dette materialet vil bli deponert på bunnen av Langvatnet og utgjøre et totalt volum på 3,3 millioner m³ gjennom gruvas levetid. Deponeringen vil skje opptil maksimalt 10 m under vannoverflaten.

Under drift vil ny avgang kontinuerlig bli deponert og dekke over eldre avgang, slik vil den faktiske eksponeringen av kjemikalier til miljøet være lavere enn den beregnede mengden i selve avgangen. I tillegg vil bruk av flokkuleringsmidler føre til at avgangsmaterialet klumper seg sammen og legger seg raskt på bunnen. Det anslås derfor at svært lite avgang vil finnes suspendert i vannet over innsjøenes deponi. For beregningen ble det valgt en mengde på 100 mg/l avgang i vannfasen over deponiet. Vannet som brukes til å transportere avgangen vil ha en høyere saltholdighet enn vannet i innsjøen. Dette vil videre redusere innblandingen under avgangsdeponering. Den store mengden vann som renner gjennom Langvatnet vil også forhindre at kjemikaliekonsentrasjoner bygger seg opp til farlige nivåer i innsjøen.

Prosjektets miljøpåvirkning forventes å være svært lav, siden svært lite av kjemikaliene er beregnet å havne i miljøet.

2 BAKGRUNN

2.1 Bioakkumulering

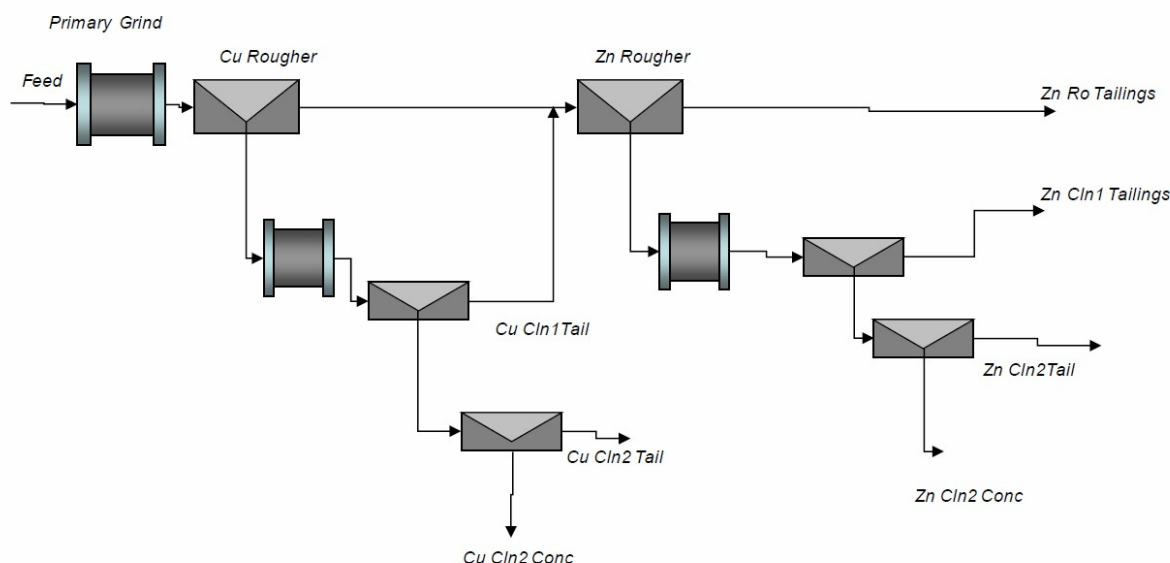
Bioakkumulering er prosessen med opphopning av kjemiske stoffer i vevet til en organisme. Det er nettoresultatet av opptak og eliminering fra organismen. En vanlig beregning for å kvantifisere bioakkumulering er oktanol-vann-koeffisienten (K_{OW}). Den brukes til å beskrive fordelingen mellom oktanol og vann. Høye K_{OW} -verdier indikerer at kjemikaliene vil samle seg i fettvevet til en organisme. $\log K_{OW} < 3$ indikerer lavt bioakkumuleringspotensial. $\log K_{OW} > 3$ indikerer moderat bioakkumuleringspotensial. $\log K_{OW} > 4$ indikerer høyt bioakkumuleringspotensial (Bach et al., 2016)

2.2 Toksisitet

En vanlig måte å måle toksisitet på er «dødelig konsentrasjon 50» (LC_{50}), denne konsentrasjonen vil føre til død for 50% av dyrene som er utsatt for den. En annen beregning som er brukt er den «halve maksimale effektive konsentrasjonen» (EC_{50}), denne konsentrasjonen vil resultere i en vekst eller veksthastighet som er 50% sammenlignet med en kontrollgruppe.

3 KJEMIKALIER

To beregningsskjemaer ble laget for å vise hvordan kjemikaliene vil fordele seg mellom avgang og produkter (Vedlegg B - Calculation Flowcharts). De forskjellige trinnene som er tatt er basert på Figur 2. Det første beregningsskjemaet er basert på SGS flotasjonstest (Ding, 2020), det andre er basert på estimert bruk av kjemikalier (*Søknad Utslippstillatelse for Nye Sulitjelma Gruver AS*, 2020). Tabell 1 viser mengdene som er brukt til beregningene i denne rapporten.



Figur 2 Flytskjema som viser prosessen fra råmalm til konsentrat og avgang (Ding, 2020)

Tabell 1 Sammendrag av beregnet mengde kjemikalier tilgjengelig

Parameter	Mengde				Utslippsmengde [g/t]		
	t/år	t/døgn	kg/døgn	g/t	Cu conc	Zn conc	Tailings
Årsproduksjon	400 000	1 212	1 212 121				
Avgangsmasse, suspendert stoff.	375 140	1 137	1 136 788				
Vann		1 400	1 400 000				1 000 000
Brent kalk	345	1,045	1045	862,21	2,2	2,4	856,5
Kalium Amyl Xantat (PAX fra engelsk Potassium Amyl Xanthate)		0,025	25	21,00	16	2,3	2,6
Kalium Etyl Xantat (PEX fra engelsk Potassium Ethyl Xanthate)		0,025	25	21,00		16,3	4,7
Kobbersulfat		0,09	90	74,26		11,1	62,9
Dow 250		0,04	40	33,00	9,2	17,1	6,7
Superfloc 550		0,0038	3,8	3,14			3,14
Mangnafloc 10		0,005	5	4,00			4
Totalt utslipp		2 538	2 538 022				
SGS							
Brent kalk				2015	5,1	5,6	2004,3
3418A				50	38,1	5,6	6,3
3894				35		27,2	7,8
Sinksulfat				850	1,8	426,2	422
Kobbersulfat				250		134,4	115,6
MIBC Methyl isobutyl carbinol				51	14,2	26,4	10,4

Flokkuleringsmidler øker sedimentasjonshastigheten for fine partikler ved å binde dem sammen slik at de danner større partikler. Vanligvis oppnås da en konsentrasjon på $< 0,1$ g/l etter bare noen få minutter. I denne rapporten er det valgt en relativt høy partikkelkonsentrasjon på $0,1$ g/l i vannfasen (Scott, 2015).

Det er i prosjektets beste interesse å:

- a) bruke minst mulig miljøskadelige kjemikalier
- b) bruke minst mulig kjemikalier,
- c) resirkulere der det er mulig for å minimere avfall, og
- d) redusere kostnadene.

For disse beregningene er konservative estimater valgt for å sikre at den reelle avgangen er mindre enn beregnet i denne rapporten.

3.1 Avgangsmateriale

Problemet med utlekking fra et sjø-deponi i Langvatnet er håndterbart, men det er noen viktige forutsetninger som må følges for å redusere forurensningspotensialet av spesielt kobber og sink:

- Det er viktig å holde pH-verdien høy under utslippet og ha minst mulig blanding av avskjæringer med innsjøvannet.
- Tilsetning av flokkuleringsmiddel vil sannsynligvis redusere utlekkingen.
- Det er også viktig at deponeringen skjer slik at det blir minst mulig spredning og at nye avgang raskt dekker til gammelt materiale.
- Tidligere utførte kinetiske tester av avgangen fra Sandnes viser hvor viktig det er at utløpet holdes i alkalisk / alkalisk vann med begrenset tilgang på oksygen for å redusere risikoen for sur utlekking.

For en mer detaljert forklaring, se Vedlegg A – Miljøgeokjemisk vurdering av avgang for deponering i Langvatnet, Nye Sulitjelma Gruver

3.2 Xantater

3.2.1 Beskrivelse

Xantat og dets nedbrytningsprodukt karbondisulfid er giftig for vannlevende fauna. Xantat brytes sakte ned under basiske og nøytrale forhold, og raskt under sure forhold fordi nedbrytningen akselereres gjennom metallsalter. Halveringstiden for xantat i vann er 2-8 dager. Nedbryting av karbondisulfider i vann er ubetydelig, det vil fordampe til luft fra overflaten. Xantater kan bioakkumulere samt øke bioakkumulering av tungmetaller (Bach et al., 2016; Havskjold et al., 2019; Newhook & Meek, 2005; *Søknad Utslippstillatelse for Nye Sulitjelma Gruver AS*, 2020)

Tabell 2 Data om toksisitet og bioakkumulering av Kalium Amyl Xanthate. Endret fra (Bach et al., 2016)

Reagent	Organisme	Konsentrasjon	Parameter
Kalium Amyl Xantat (PAX - Potassium Amyl Xanthate)	Alge (<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>)	ca. 0,5 mg/l	EC ₅₀
	Virvelløse dyr (<i>Daphnia magna</i>)	3,67 mg/l	EC ₅₀
	Virvelløse dyr (<i>Ceriodaphnia dubia</i>)	ca. 3 mg/l	EC ₅₀
	Fisk (<i>Danio rerio</i>)	> 10 - 100 mg/l	LC ₅₀
	Bioakkumulering	Log K _{ow} - 0,76	

3.2.2 Bruk og kjemisk migrasjon

Xantater er kjemikalier som brukes til å binde sulfater til skummet under flotasjon. Den polare delen av molekylet fester seg til malmen mens den ikke-polare delen stikker ut og danner en hydrofob film. Dette gjør at malmen kan feste seg til luftbobler og flyte, mens avfallsberg synker i bunnen (Bach et al., 2016; Havskjold et al., 2019; Newhook & Meek, 2005; *Søknad Utslippstillatelse for Nye Sulitjelma Gruver AS*, 2020).

Siden xantater brukes til flotasjon av kobber og sinksulfater, vil mesteparten havne i malmkonsentratene, bare små mengder vil havne i den endelige avgangen og avløpsvannet (Bach et al., 2016).

3.2.3 Beregning av kjemikaliemengde

Som det fremgår av Tabell 1, havner 2,6 g/t PAX og 4,7 g/t PEX i avgangen. I kapittel 3 antas en konsentrasjon på 0.1 g/l avskjæringsmateriale i vannet over avsetningsavsetningen. Med det er det mulig å beregne mengden xantat i vannet ved å bruke følgende formel:

Mengde per tonn avgang [g/t]*0.1[g/l]*[1t/10⁶g]*[10⁶µg/g] = konsentrasjon i vannet [µg/l]

Tabell 3 Kalkulasjon av xantat mengder

Kjemikalie	Mengde per tonn avgang [g/t]	konsentrasjon i vannet [µg/l]
PAX	2.6	0.2
PEX	4.7	0.5

3.2.4 Estimert miljøpåvirkning av kjemikalie

Den beregnede mengden xantater som vil samhandle med miljøet er mye mindre enn LC₅₀-dosen på 10-100 mg/l (se Tabell 2). Det bør ikke være noen betydelig innvirkning fra denne konsentrasjonen.

3.3 Polyakrylamidpolymerer

3.3.1 Beskrivelse

Magnafloc 10 og Superfloc 550 er polyakrylamidpolymerer (PAM) og er laget av akrylamid (AMD). De binder fine partikler sammen slik at de sedimenterer ut av løsningen raskere. PAM er relativt

ikke-giftig, men de kan inneholde rester av AMD som er veldig giftig. PAM-er er stabile og vil sannsynligvis ikke bioakkumulere (Bach et al., 2016).

Tabell 4 Data om toksisitet av Magnafloc. Endret fra (Bach et al., 2016)

Reagent	Organisme	Konsentrasjon	Parameter
Magnafloc 10	Fisk (<i>Pimephales promelas</i>)	141 mg/l	EC ₅₀
	Fisk (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	58 mg/l	LC ₅₀
	Virvelløse dyr (<i>Daphnia magna</i>)	> 903 mg/l	LC ₅₀

3.3.2 Bruk og kjemisk migrasjon

Magnafloc 10 og Superfloc 550 brukes for å akselerere flokkulering og avklaring. Magnafloc 10 skal brukes som flokkuleringsmiddel for å redusere transport av fint materiale fra avgangen, mens Superfloc 550 vil bli brukt til å avvanne avgangs-slurrien. Siden de brukes som flokkuleringsmiddel og fortykningsmiddel vil Magnafloc 10 og Superfloc 550 i all hovedsak rapportere til avgangen.

3.3.3 Beregning av kjemisk mengde

Som det fremgår av Tabell 1, havner 4 g/t Magnafloc 10 og 3,14 g/t Superfloc 550 i avgangen. I kapittel 3 antas en konsentrasjon på 0,1 g/l suspendert avgang i vannet over deponiet. Med det er det mulig å beregne mengden flokkuleringsmiddel i vannet ved å bruke følgende formel:

Mengde per tonn avskjær [g/t]*0.1[g/l]*[1t/10⁶g]*[10⁶µg/g] =konsentrasjon i vannet [µg/l]

Tabell 5 Kalkulasjon av PAM mengder

Kjemisk	Mengde per tonn avgang [g/t]	konsentrasjon i vannet [µg/l]
Mangafloc 10	4	0.4
Superfloc 550	3.14	0.3

3.3.4 Estimert miljøpåvirkning av kjemikalie

Det vil være liten miljøpåvirkning fra flokkuleringsmidlene. Den forventede mengden som vil påvirke miljøet er vesentlig mindre i forhold til LC₅₀ for de samme stoffene.

3.4 Metylisobutylkarbinol

3.4.1 Beskrivelse

Metylisobutylkarbinol (MIBC) er en organisk væske laget av aceton, med en estimert halveringstid på 10 timer. Det har en lav toksisitet for vannlevende organismer (Bach et al., 2016; *Søknad Utslippstillatelse for Nye Sulitjelma Gruver AS*, 2020)

Tabell 6 Data om toksisitet og nedbrytning av MIBC. Endret fra (Bach et al., 2016)

Reagent	Organisme	Effect conc.	
MIBC	Alge (<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>)	334 mg/l	EC ₅₀
	Virvelløse dyr (<i>Daphnia magna</i>)	337 mg/l	EC ₅₀
	Fisk (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	359 mg/l	LC ₅₀
	Biologisk nedbrytning (konsentrat)	94 % i løpet av 20 dager	
	Bioakkumulering	Log K _{ow} 1,68	

3.4.2 Bruk og kjemisk migrasjon

Den brukes som skummer ved flotasjon. Siden det stabiliserer skummet under flotasjon, er det mer sannsynlig at det havner i konsentratet enn i avgangen.

3.4.3 Beregning av kjemikaliemengde

Som det fremgår av Tabell 1, havner 10,4 g/t MIBC i avgangen. I kapittel 3 antas en konsentrasjon på 0,1 g/l avskjæringsmateriale i vannet over deponiet. Med det er det mulig å beregne mengden MIBC i vannet ved å bruke følgende formel:

Mengde per tonn avskjær [g/t]*0.1[g/l]*[1t/10⁶g]*[10⁶µg/g] =konsentrasjon i vannet [µg/l]

Tabell 7 Kalkulasjon av MIBC mengder

Mengde per tonn avskjær [g/t]	konsentrasjon i vannet [µg/l]
10,4	1

3.4.4 Estimert miljøpåvirkning av kjemikalie

Siden MIBC er biologisk og foto-nedbrytbar, har den liten sjanse for å samle seg i miljøet (Bach et al., 2016; Søknad Utslippstillatelse for Nye Sulitjelma Gruver AS, 2020), mengden MIBC som vil bli eksponert for miljøet er veldig liten sammenlignet med LC₅₀. Det utgjør liten eller ingen trussel mot miljøet.

3.5 Dow 250

3.5.1 Beskrivelse

Dow 250 er en polypropylenglykolmetyleter. I henhold til EU-kriterier er den ikke miljøfarlig (MSDS Dowfroth 250 Flotation Frother, 2006). Flere detaljer finner du i Vedlegg C – MSDS Dow 250.

Tabell 8 Data om giftighetsnedbrytning og bioakkumulering av Dow 250 (MSDS Dowfroth 250 Flotation Frother, 2006)

Organisme	Konsentrasjon	Parameter
Storhodet ørekyte (<i>Pimephales promelas</i>)	> 100mg/l	LC ₅₀
Bioakkumulering	Log Pow < 3	
Biologisk nedbrytbarhet	8,5 % i løpet av 20 dager	

3.5.2 Bruk og kjemisk migrasjon

Dow 250 brukes under flotasjon for å skape og stabilisere skummet. Det vil sannsynligvis havne i konsentratet.

3.5.3 Beregning av kjemisk mengde

Som det fremgår av Tabell 1, havner 6,7 g/t Dow 250 i avgangen. I kapittel 3 antas en konsentrasjon på 0,1 g/l avgangsmateriale i vannet over deponiet. Med det er det mulig å beregne mengden Dow 250 i vannet ved å bruke følgende formel:

Mengde per tonn avskjær $[g/t] \cdot 0.1 [g/l] \cdot [1t/10^6g] \cdot [10^6 \mu g/g] = \text{konsentrasjon i vannet } [\mu g/l]$

Tabell 9 Kalkulasjon av Dow 250 mengder

Mengde per tonn avgang [g/t]	konsentrasjon i vannet [$\mu g/l$]
6,7	0,7

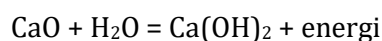
3.5.4 Estimert miljøpåvirkning av kjemisk

Den forventede konsentrasjonen av Dow 250 i vannet er veldig liten sammenlignet med LC₅₀. Det forventes ikke å ha noen betydelig miljøpåvirkning.

3.6 Brent kalk og vann

3.6.1 Beskrivelse

Det kjemiske navnet på brent kalk er kalsiumoksid. I sin rene form er brent kalk etsende og irriterende (PubChem, 2005). Siden det løses opp i vann og endrer pH, er mengden brent kalk mindre relevant enn pH og mengde vann som slippes ut.



3.6.2 Bruk og kjemisk migrasjon

Brent kalk brukes som en pH-regulator. Det tilsettes i flotasjonsprosessen for å øke pH i løsningen. (*Søknad Utslippstillatelse for Nye Sulitjelma Gruver AS*, 2020). Siden det blir oppløst i vann, vil brent kalken, i sin nye form, havne i avgangen..

3.6.3 Beregning av kjemisk mengde

Avgangen er fortykket til 50 vekt-% faststoff før utslipp, dette er basert på praksis med andre lignende operasjoner. 1000 kg vann per tonn avgang vil bli sendt til deponiet.

3.6.4 Estimert miljøpåvirkning av kjemikalie

Saltinnholdet i vannet vil være 700-800 mg / l, noe som er betydelig høyere enn 15-20 mg / l av innsjøvannet. Denne forskjellen vil redusere miksing av avgangs-slurryen og innsjøvannet og dermed bidra til at slurryen legger seg på bunnen på grunn av dets høyere tetthet (Walder, 2020). Vannets pH vil være 10,5 til 11, noe som begrenser løseligheten av kobber og sink i avgangen og forhindrer syredannelse. Innsjøen har en høy bufferkapasitet som vil nøytralisere den høye pH-verdien hvis blanding av vannmassene likevel skulle skje. Den høye strømmen av vann gjennom innsjøen gjør også sitt til å fortynne all blanding av vann dersom det inntreffer (*Søknad Utslippstillatelse for Nye Sulitjelma Gruver AS*, 2020; Walder, 2020).

3.7 Sinksulfat og kobbersulfat

3.7.1 Beskrivelse

Sinksulfater og kobbersulfater er metallsalter av deres respektive metall. De løses opp i vann i sine respektive metall- og sulfationer.

Tabell 10 Data om toksisiteten til sink og kobber (Zeng et al., 2018)

Reagent	Organisme	Konsentrasjon	Parameter
Sink	Fisk (<i>Percocypris pingi</i>)	2.852 mg/l	LC ₅₀
Kobber	Fisk (<i>Percocypris pingi</i>)	1.340 mg/l	LC ₅₀

3.7.2 Bruk og kjemisk migrasjon

Sinksulfat tilsettes under flotasjon av kobber for å forhindre flotasjon av sink i prosess-steget. Under flotasjonen av sink tilsettes kobbersulfat for å reaktivere sinkflotasjonen. Siden de blir tilsatt for først å hemme og deretter fremme sinkflotasjon, havner det meste av disse stoffene i konsentratet.

3.7.3 Beregning av kjemisk mengde

Som det fremgår av Tabell 1, havner 422 g/t sinksulfat og 115,6 g/t kobbersulfat i avgangen. I kapittel 3 antas en konsentrasjon på 0,1 g/l avgang i vannet over deponiet. Med det er det mulig å beregne mengden ekstra kobber og sink i vannet ved å bruke følgende formel:

Mengde per tonn avskjær $[g/t] \cdot 0.1 [g/l] \cdot [1t/10^6g] \cdot [10^6\mu g/g] = \text{konsentrasjon i vannet } [\mu g/l]$

Tabell 11 Beregning av mengde kobbersulfat og sinksulfat

Kjemikalie	Mengde per tonn avgang [g/t]	konsentrasjon i vannet [$\mu g/l$]
Zinc sulfate	422	42
Copper sulfate	116	12

3.7.4 Estimert miljøpåvirkning av kjemikalie

Den forventede konsentrasjonen av kobbersulfat og sinksulfat i vannet er liten sammenlignet med deres respektive LC₅₀ verdier. Kobber- og sinkkonsentrasjonen som kommer fra gruvevirksomheten, vil bli liten sammenlignet med dagens kobber- og sinknivå i sjøen, den

forventede miljøpåvirkningen er veldig lav (*Søknad Utslippstillatelse for Nye Sulitjelma Gruver AS*, 2020).

3.8 Aerophine 3418A Promoter og Aero 3894 Promoter

3.8.1 Beskrivelse

3418A og 3894 er kjemiske blandinger som er kjøpt ferdigblandet og klar til bruk. De er giftige for vannfauna (Deskin, 2005; *MSDS Dowfroth 250 Flotation Frother*, 2006). Mer informasjon finner du i Vedlegg D – MSDS 3418A og Appendix E – MSDS 3894

Tabell 12 Data om toksisitet og nedbrytning av 3418A og 3894 (Deskin, 2005; Legal & Compliance Services, 2016)

Reagent	Organisme	Konsentrasjon	Parameter
3418A	Grønn alge (<i>Selenastrum capricornutum</i>)	35,1 mg/l	EC ₅₀
	Blågjellet solabbor (<i>Lepomis macrochirus</i>)	375 mg/l	LC ₅₀
	Vannlopper (<i>Daphnia magna</i>)	149 mg/l	EC ₅₀
	Biologisk nedbrytbarhet	78,8% i løpet av 28 dager	
3894	Grønn alge (<i>Selenastrum capricornutum</i>)	21 mg/l	EC ₅₀
	Regnbue ørret (<i>Salmo gairdneri</i>)	50 mg/l	LC ₅₀
	Vannlopper (<i>Daphnia magna</i>)	17 mg/l	EC ₅₀
	Biologisk nedbrytbarhet	< 70% i løpet av 28 dager	

3.8.2 Bruk og kjemisk migrasjon

3418A og 3894 brukes i henholdsvis kobber og sinkflotasjon. De brukes til å binde skummet til sulfatet, slik at det kan flyte til overflaten mens avgangsmineralene blir igjen. Av denne grunn havner det meste sannsynligvis i konsentratet.

3.8.3 Beregning av kjemisk mengde

Som det fremgår av Tabell 1, havner 7,8 g/t 3894 og 6,3 g/t 3418A i avgangen. I kapittel 3 antas en konsentrasjon på 0,1 g/l avgangsmateriale i vannet over deponiet. Slik er det mulig å beregne mengden 3894 og 3418A i vannet ved å bruke følgende formel:

Mengde per tonn avskjær $[g/t] \cdot 0.1 [g/l] \cdot [1t/10^6g] \cdot [10^6\mu g/g] = \text{konsentrasjon i vannet } [\mu g/l]$

Tabell 13 Kalkulasjon av 3418A og 3894 mengder

Kjemikalie	Mengde per tonn avgang [g/t]	konsentrasjon i vannet [$\mu g/l$]
3418A	6,3	0,6
3894	7,8	0,8

3.8.4 Estimert miljøpåvirkning av kjemikalie

Den forventede konsentrasjonen i vannet, av henholdsvis 3418A og 3894, er liten sammenlignet med deres respektive LC₅₀ verdier. Den forventede miljøpåvirkningen er veldig lav.

4 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

Tabell 14 under oppsummerer de ulike kjemikaliene beregnede konsentrasjon i vannet og den effektive konsentrasjonen som oppgis for en gitt effekt på biologi. Merk at beregnet konsentrasjon i vannet her oppgis som mg/l og ikke µg/l som i tabellene over, dette for å lettere kunne sammenligne med tallene i konsentrasjonen for biologisk effekt.

Tabell 14 Oppsummering av beregnet konsentrasjon og effekt konsentrasjon for ulike kjemikalier.

Reagent	Organisme	Beregnet konsentrasjon i vannet [mg/l]	Konsentrasjon for biologisk effekt	Parameter
Kalium Amyl Xantat (PAX - Potassium Amyl Xanthate)	Alge (<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>)	0,0002	ca. 0,5 mg/l	EC ₅₀
	Virvelløse dyr (<i>Daphnia magna</i>)		3,67 mg/l	EC ₅₀
	Virvelløse dyr (<i>Ceriodaphnia dubia</i>)		ca. 3 mg/l	EC ₅₀
	Fisk (<i>Danio rerio</i>)		> 10 - 100 mg/l	LC ₅₀
	Bioakkumulering		Log K _{OW} - 0,76	
Magnafloc 10	Fisk (<i>Pimephales promelas</i>)	0,0004	141 mg/l	EC ₅₀
	Fisk (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)		58 mg/l	LC ₅₀
	Virvelløse dyr (<i>Daphnia magna</i>)		> 903 mg/l	LC ₅₀
MIBC	Alge (<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>)	0,001	334 mg/l	EC ₅₀
	Virvelløse dyr (<i>Daphnia magna</i>)		337 mg/l	EC ₅₀
	Fisk (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)		359 mg/l	LC ₅₀
	Biologisk nedbrytning (konsentrat)		94 % i løpet av 20 dager	
	Bioakkumulering		Log K _{OW} 1,68	
Dow 250	Storhodet ørekyte (<i>Pimephales promelas</i>)	0,0007	> 100mg/l	LC ₅₀
	Bioakkumulering		Log Pow < 3	
	Biologisk nedbrytbarhet		8,5 % i løpet av 20 dager	
Sink	Fisk (<i>Percocypris pingi</i>)	0,042	2.852 mg/l	LC ₅₀
Kobber	Fisk (<i>Percocypris pingi</i>)	0,012	1.340 mg/l	LC ₅₀
3418A	Grønn alge (<i>Selenastrum capricornutum</i>)	0,0006	35,1 mg/l	EC ₅₀
	Blågjellet solabbor (<i>Lepomis macrochirus</i>)		375 mg/l	LC ₅₀
	Vannlopper (<i>Daphnia magna</i>)		149 mg/l	EC ₅₀
	Biologisk nedbrytbarhet		78,8% i løpet av 28 dager	
3894	Grønn alge (<i>Selenastrum capricornutum</i>)	0,0008	21 mg/l	EC ₅₀
	Regnbue ørret (<i>Salmo gairdneri</i>)		50 mg/l	LC ₅₀
	Vannlopper (<i>Daphnia magna</i>)		17 mg/l	EC ₅₀
	Biologisk nedbrytbarhet		< 70% i løpet av 28 dager	

Som kan leses ut fra tabellen over er mengdene som forventes å være biotilgjengelig i vannsøylen ofte flere tierpotenser under LC_{50} og EC_{50} verdiene. Dette gir en betydelig buffer mot økotoksikologiske effekter av kjemikaliene som vil brukes av Nye Sulitjelma Gruver AS.

5 BIBLIOGRAFI

- Bach, L., Nørregaard, R. D., Hansen, V., & Gustavson, K. (2016). *Review on environmental risk assessment of mining Kjemisks used for mineral separation in the mineral resources industry and recommendations for Greenland*. 38.
- Deskin, R. (2005). *MSDS Aero 2894 Promoter*. CYTEC INDUSTRIES INC.
- Ding, J. (2020). *An Investigation into the flotation of sample from sulitjelma mine*. SGS Vancouver Metallurgy.
- Havskjold, H., Rushfeldt, H., & Nymoen, K. (2019). *Xantat ved Nussir*.
- Legal & Compliance Services. (2016). *MSDS Aerophine 3418A Promoter*. CYTEC CANADA INC.
- MSDS Dowfroth 250 Flotation Frother*. (2006). Nasaco International LLC.
- Newhook, R., & Meek, M. E. (2005). *Concise International Kjemisk Assessment Document 46 Carbon Disulfide*. United Nations Environment Programme, International Labour Organization, World Health Organization,.
- PubChem. (2005, March 27). *Calcium Oxide*. Calcium Oxide. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Calcium-oxide>
- Scott, D. (2015). *EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF FLOCCULATION TO ENHANCE SEDIMENT TRAP EFFICIENCY*.
- Søknad Utslippstillatelse for Nye Sulitjelma Gruver AS*. (2020).
- Walder, I. F. (2020). *Miljøgeokjemisk vurdering av avgang for Deponering i Langvatnet, Nye Sulitjelma Gruver*. SARB consulting norge AS.
- Zeng, L., Huang, L., Zhao, M., Liu, S., He, Z., Feng, J., Quin, C., & Yuan, D. (2018). *Acute Toxicity of Zinc Sulfate Heptahydrate (ZnSO₄*7H₂O) and Copper (II) Sulfate Pentahydrate (CuSO₄*5H₂O) on Freshwater Fish, Percocypris pingi*.

6 VEDLEGG

Vedlegg A – Miljøgeokjemisk vurdering av avgang for deponering i Langvatnet, Nye Sulitjelma Gruver



MILJØGEOKJEMISK VURDERING AV AVGANG FOR DEPONERING I LANGVATNET, NYE SULITJELMA GRUVER

UTARBEIDET AV
SARB CONSULTING NORGE AS
VED
INGAR F. WALDER, PHD, PE
DAGLIG LEDER / GEOKJEMIKER

Vers. 1.0,
30. JANUAR, 2020

SARB Consulting Norge AS

SAMMENDRAG

SARB Consulting Norge AS har hatt i oppdrag av Nye Sulitjelma Gruver AS å vurdere miljøgeokjemiske effekter ved deponering av avgang i Langvatnet. Denne rapporten gir en sammenfatning av geokjemisk karakterisering av avgangen og vil inngå som et underlagsdokument til en søknad om utslippstillatelse.

Rapporten bygger på langtids utlagningsanalyser (utført av KREC, Norge) av avgang produsert av malm gjennom flotasjonsprosess (utført av SGS Canada) som har vurdert optimalisering av flotasjon for både kobber og sink. Utlakingstestene er basert på deponering av avgang i Langvatnet, mens fuktkammeranalyser har ikke vært utført da det er velkjent fra tidligere analyser av avgangen i Sandnesdeponiet at avgangen vil være sterkt syredannende med høy metallutlaking ved deponering over vann i et standard landbasert deponi. Det er også vel kjent at tidligere 100 år med gruvedrift på de massive sulfidmalmen i Sulitjelma gruvedistrikt og deponering av avgang i strandsonen av og i Langvatnet og har påvirket og fortsatt påvirker miljøet i Sulitjelma området og vassdraget ned mot Fauske.

NSG planlegger drift på tre malmer med total uttak av ca. 15 Mton malm med ca. 1,5 vekt% kobber og 0,5 vekt% sink. Denne malmen vil komme fra:

- Rupsi med tilslag fra Rupsistollen
- Diamanten og Sagmo med tilslag via Aylon-Sagmo stollen
- Giken/Charlotte med mulig tilslag fra Rupsistollen

Flotasjonstestene ble utført på en ca. 40 kg malmprøve som var høy i kobber (3,5 vekt%) og sulfidinnhold (ca. 60 vekt%). Flotasjon var basert på en optimaliseringstesting av kjemikalier for flotasjon og en større test hvor optimal flotasjonprosessering ble anvendt. Resultatene viser ca. 95 % ekstraksjon av kobber og ca. 50 % ekstraksjon av sink ved pH rundt 10,5-11,5 i flotasjonsvannet. Analysene av flotasjonsvann etter flotasjonen viser lave tungmetall innhold (0,5 µg/L kobber; 20 µg/L sink), godt under det som er dagens tungmetallkonsentrasjoner i Langvatnet.

Langtids laktesting av avgangen ble kjørt i resirkulerende kolonner, hvor prøver fra Langvatnet ble brukt. Kolonnene inneholdt ca. 1,6 kg avgang og 4 L vann. De ble kjørt i 3,5 måneder. Avgangen ble fuktet med vann først og så helt i kolonnene for å enkelt representere avgangsdeponering i Langvatnet. pH gikk svakt ned i kolonnevannet ca. 0,5 enheter fra innsjøvannet med rask utlaking av kobber til ca. 300 µg/L og 20.000 µg/L for sink. Etter få uker var pH økt til ca. 7-7,5 og kobber gehalten gått ned til 5-7 µg/L, mens sink hadde sunket til litt over 2000 µg/L. Kobber stabiliserte seg etter 8-10 dager, mens sink har fortsatt å gå sakte nedover. Kobberkonsentrasjonen i testkolonnene er svært lik Langvatnetprøver som ble

tatt i oktober 2019 (10 µg/L) og det som var brukt for kolonnetestene (8 µg/L) fra juli 2019. Sinkkonsentrasjonen er derimot betydelig høyere i lakvannet fra kolonnetestene sammenlignet med Langvatnetprøver som ble tatt i oktober 2019 (16-22 µg/L) og det som var brukt for kolonnetestene (27 µg/L) fra juli 2019.

Den svakt økende pH i eksperimentene reduserer løseligheten for tungmetallene gjennom felling av oksid-mineral og absorpsjon. Dette vises også ved den meget lave metallkonsentrasjonen i prosessvannet i flotasjonstestene, sammenlignet med konsentrasjonen fra lakvannet i langtidseksperimentene i begynnelsen. Sink, nikkel kobolt og kadmium krever høyere pH enn kobber for å felles ut eller absorberes, og har derfor relativt høye konsentrasjoner i lakvannet fra langtidseksperimentene relativt til Langvatnet og prosessvann.

Hoveddelen av prosessvannet som går med avgangen vil i stor grad bli låst inne i avgangssedimentene ved deponering og vil derfor ikke være tilgjengelig for utlaking ved deponering. De vil heller ikke være tilgjengelig for utlaking etter at deponeringen er avsluttet.

Lett tilgjengelig kobber og sink og som kommer i lakvannet ved begynnelsen av eksperimentene skylles sannsynligvis rester av kobbersulfat og sinksulfat tilført under flotasjonen. Sinksulfat er nødvendig for effektivt å unngå at sinkblende følger med i kobberflotasjonen, og med påfølgende å reaktivere sinkblende med tilførsel av kobbersulfat. Det er derfor naturlig å arbeide videre med en reduksjon av spesielt sinksulfattilsetning under flotasjonsprosessen.

Selv med full utlaking av kobber til Langvatnet slik som observert i langtids-eksperimentene er dette et meget beskjedent bidrag av kobber til Langvatnet. Kobbertillegget vil maksimalt kunne være på rundt 288 kg/år ved en drift på 375.000 tonn malm/år. Dette utgjør et tillegg på ca. 0,5%. For sink derimot vil økningen kunne være betydelig høyere med maksimal utlaking på ca. 27 tonn/år. Det er derfor avgjørende å minimere blandingen av avgangsvannet med innsjøvannet under drift. Etter avsluttet drift vil tungmetallene ikke være tilgjengelig for utlaking. Prosessvannet som har en pH på 10,5-11 har meget lave konsentrasjoner av kobber og sink, og vil tilføre ca. 0,5 kg/år kobber og 38 kg/år sink basert på vannanalysene fra prosesseringstestene.

INNHALDSFORTEGNELSE

1	INNLEDNING	6
1.1	Sulitjelma gruvedistrikt	6
1.1.1	Geologi.....	7
1.1.2	Miljøvurderinger.....	7
1.2	Prosessering.....	9
2	Avgang og Gråberg	11
2.1	Avgangssanden.....	11
2.2	Gråberg.....	11
2.3	Avgangsdeponering.....	13
3	Analysemetoder	14
3.1	Utlakingstester	14
3.2	Metallanalyser i vann.....	16
3.3	Anion-analyser	16
3.4	Alkalinitet.....	16
3.5	Fysikalske Analyser	17
3.6	Fast stoff Analyser	17
4	Resultater	18
4.1	Flotasjon - malm- og avgangskjemi.....	18
4.2	Vannkjemi	19
4.2.1	Utlakingstester.....	20
4.2.2	Langvatnet.....	21
4.2.3	Flotasjon	24
5	Diskusjon og Konklusjoner	25
5.1	Utlaking.....	25
5.2	Kilder og prosesser for utlaking	26
5.3	Konklusjoner.....	28
6	Referanser.....	30

FIGURER

Figur 1. Lokalisering av Sulitjelma gruvedistrikt.....	7
Figur 2. Geologiske kart med markering av Nordfeltet og Sørfeltet.	8
Figur 3. Sulfat vs. pH for fire av kinetiske tester	9
Figur 4. Kart over østre del av Langvatnet, Basseng 1.....	8
Figur 5. Vannstrømkontakt mellom gruver på nordsiden av Langvatnet	10
Figur 6. Flytskjema for flotasjon.....	11
Figur 7. Oppsett for deponeringstester for utlaking	14
Figur 8. To ferskvannstester i egen kjøledisk.....	14

Figur 9. Testekolonner i egen kjøledisk etter 90 dager.....	15
Figur 10. Bilde av materialet som ble brukt til å utføre flotasjonstestene.	18
Figur 11. Prøvepunkt for vann brukt i utlekkingsstestene og for to profiler.....	19
Figur 12. pH og TDS utvikling relativt til tid for lakttestene	20
Figur 13. Konsentrasjoner av Cu, Zn, Cd og Ca i lakvannet over tid.....	22
Figur 14. Dybdeprofil målinger for DO og temperatur i Langvatnet.....	22
Figur 15. Dybdeprofil målinger for Eh (mvolt) i Langvatnet.....	23
Figur 16. Dybdeprofil analyser for Cu, Zn, Mn, Ni, As og Co i Langvatnet.....	23
Figur 17. Eh-pH diagram fasediagram for kobber- og sink.....	26

TABELLER

Tabell 1. Oversikt over mengde avgang og innsjøvann i lakttestene.	15
Tabell 2. Elementer og deteksjonsgrenser oppgitt av ALS	16
Tabell 3. Konsentrasjoner av hoved- og sporelementer i malm	18
Tabell 4. Analyser av flotasjonsvannet fra prosesseringen.	24
Tabell 5. Oversikt over deponeringsmengder ifølge driftsplanene.	25
Tabell 6. Estimert utlekking fra prosessvann og fra kolonnetestene.	25

VEDLEGG

- Vedlegg 1 Total Analyser av inngående malm
- Vedlegg 2 KREC analyser av lakvann og Langvatn data
- Vedlegg 3 KREC kontinuerlig profilanalysedata
- Vedlegg 4 a og b ALS Global, Vannanalyser

1 INNLEDNING

SARB Consulting Norge AS (SARB) har fått i oppdrag av Nye Sulitjelma Gruver AS (NSG) å vurdere miljøgeokjemiske effekter ved deponering av avgang i Langvatnet. Denne rapporten gir en sammenfatning av geokjemisk karakterisering av avgangen og vil inngå som et underlagsdokument til en søknad om utslippstillatelse.

1.1 Sulitjelma gruvedistrikt

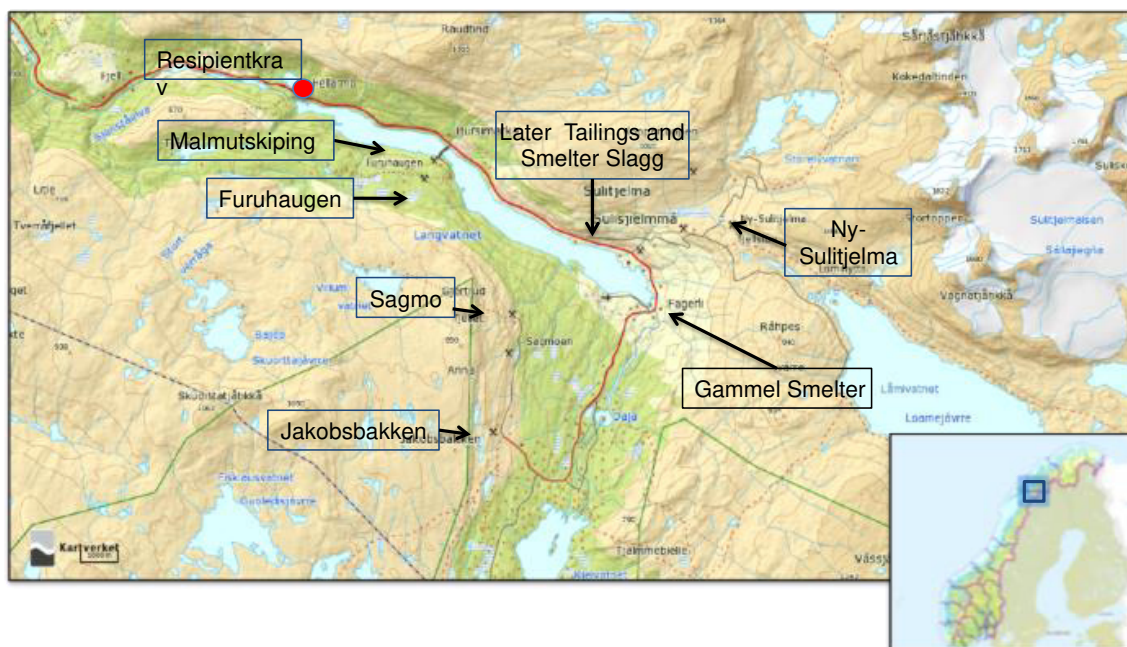
Sulitjelma gruvedistrikt har en lang historie hvor den første kobbermalmen ble tatt ut i 1885. Gruven var under flere eiere og i de siste 40 årene eiet av Den Norske Stat til nedleggelsen i 1991. Nedleggelsen skyldtes primært de lave metallprisene. Det var fremdeles mer kjent kobber- og sink-mineralisering igjen. Ca. 2/3 av den kjente malmen i distriktet var tatt ut ved nedleggelsen.

Et 20-talls malmkropper hadde vært drevet i den over 100 års lange gruehistorien både på nordsiden og sørsiden av Langvatnet (Figur 1). Kobber var hovedmetallet som var utvunnet, med mindre mengder sink. I den først tiden var også uttak av svovel et viktig element.

De mange malmkroppene med egne gruveinnganger produserte velter ved alle disse malmuttaksstedene. Malm ble så transportert til Fagerli for prosessering og malmkonsentrat ble videreforedlet i et smelteverk. Avfall fra gruvedriften ble plassert nære oppredningsverket og til dels i Balmi-elven. Metallrik sur avrenning fra velter og avgang, og drenering av grunnvann ut av et utall av stoller har gitt mange miljøeffekter i nærområdet. Det har vært utført mange miljøundersøkelser siden gruen stengte i 1991.

Nye Sulitjelma Gruver har i utgangspunktet ca. 11 millioner tonn malm uten tømning av Giken/Charlotta, som skal brytes. Det var utført mange undersøkelser mens Sulitjelma gruve var i drift, og Nye Sulitjelma Gruver (NSG) har arbeidet videre med noen av disse forekomstene.

Miljødirektoratet har satt grenseverdi for kobber i utløpet av Langvatnet. Kobberkonsentrasjonen i dette punktet er normalt 2-4 ganger høyere enn grenseverdien. Tiltak ble installert på midten av 90 tallet og hadde en virkning den gang, men det har vært en økende konsentrasjon over de siste årene. Det er Direktoratet for mineralforvaltning som er ansvarlig for tiltak.



Figur 1. Lokalisering av Sulitjelma gruvedistrikt med lokaliseringen av noen av gruvene i det nordlige og sørlige malmfeltene. Lokalisering av gammelt og nytt smelte- og oppredningsverk er markert samt målepunkt (rød markering) for grenseverdi. Kart kopiert fra Statens Kartverk.

1.1.1 Geologi

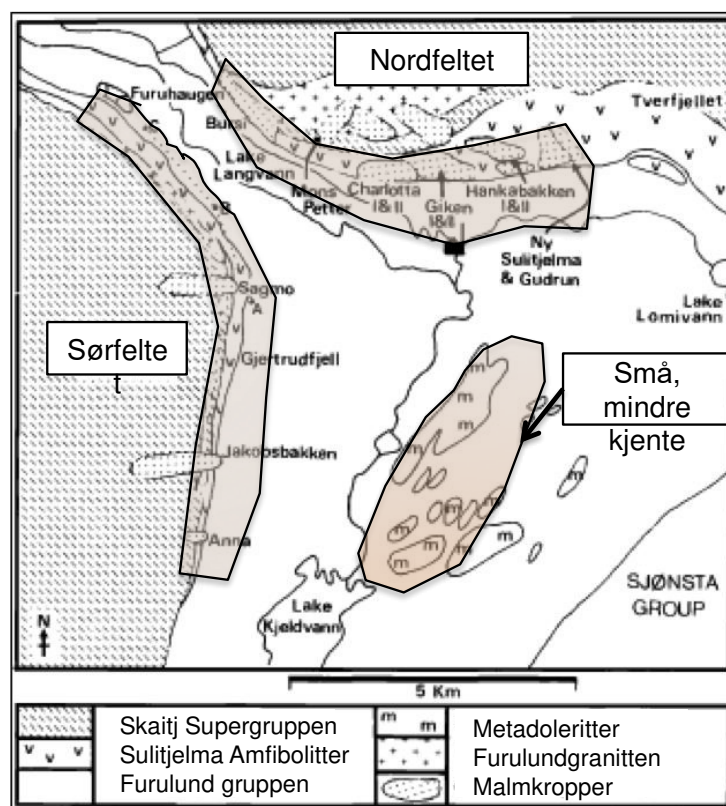
Geologien i Sulitjelma distriktet er beskrevet av flere (Cook m.fl., 1990). Området regnes å være en del av et ofiolitt kompleks hvor grønnstenen som er vertesbergarten til sulfidforekomstene ble dannet nær en spredningssone (vulkanogen massive sulfidmalm). Underliggende gabbroiske bergarter og sedimentære bergarter over forekomsten. Malmforekomstene viser liten eller ingen oksidering etter at de ble dannet, men det er betydelig mineralomvandling under de metamorfe prosessene.

Malmene er stratiforme og lagbundne å følger stort sett amfibolitten i et ofiolitt-kompleks (Figur 2). Malmene er ofte omsluttet av klorittiserte amfibolitter. Svovelkis (FeS_2) er det dominerende sulfidmineralet, mens kobberkis (CuFeS_2) er det dominerende malmmineralet. Sinkblende (ZnS) er også vanlig i mange av malmkroppene. Gangmineralene magnetkis (FeS) og arsenkis (AsFeS_2) er også vanlig i mange av mineraliseringene (Cook m.fl., 1990).

1.1.2 Miljøvurderinger

I perioden 2014-2017 har det vært utført mange utredninger av Norsk Geoteknisk Institutt (NGI) og COWI på oppdrag for Mineraldirektoratet. Før dette har NIVA (Norsk institutt for Vannforskning) utført et utall av utredninger som vesentlig har fokusert på vannkjemi. De siste studiene av NGI har sett på kildene til potensiell

forurensing, vurdert påvirkningen av innsjø og vassdrag og vurdert mulige tiltak. Det er ikke foreslått noen tiltak, men å heve tiltaksgrensen for kobber fra 10 µg/L til 20 µg/L ved Hellarmo, utløpet av Langvatn.

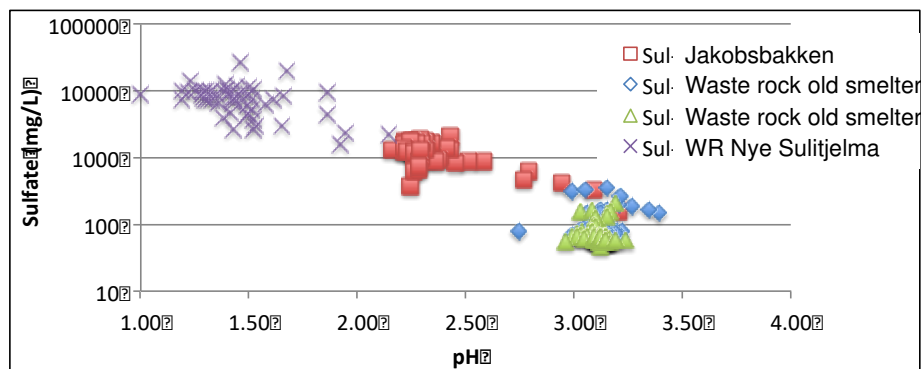


Figur 2. Geologiske kart med markering av nordfjeldet og sørfjeldet samt et område med mindre kjente mineraliseringer.

New Mexico Tech (NMT) i samarbeide med Kjøy Research & Education Center (KREC) har undersøkt potensiell forurensing/forurensingskilde for mange av de mindre gruvetippene og prøvetatt mange av elvene som renner inn i Langvatnet. Det er kjørt et 20 talls kinetiske tester (6-24 måneder) av gruveavfall fra forskjellige gruver, samt 2 kinetiske tester av avgang fra Sandnes.

Undersøkelsene fra NMT/KREC viser at det er betydelig syredannelse i alle de 10 undersøkte gruvetippene (tre på nordsiden og 7 på sørsiden) med jord-pH på 2,5-4 (Stopa, 2018). Det var også betydelig kobber- og sink-utlakning fra langtids kinetiske tester fra materiale fra disse gruvetippene (Figur 3). Det var også påvist betydelig utlakning av disse elementene i simulerte regnfalls-tester i felt. Det er også sterkt syredannelse ved avgangsdeponiet som ligger over vann nær oppredningsverket. Det er også påvist betydelig kobber og sink (1-10 mg/L nivå) i den sure avrenningen fra disse deponiene (Walder m. fl., 2017, Stopa 2018). Avgangen viser meget lav pH 1,5-2,5 med betydelig kobber innhold (Figur 3, Walder. m.fl., 2017).

Avilon stollen drenerer Sagmo gruver og renner ut i Basseng 2. Dette er en kilde for kobber (0,1-1,5 mg/L) og sink (0,3-3,5 mg/L) med surt vann pH 2,5-3,5 med et utslipp året rundt, men med relativt lavt vannvolum (5-10 L/min).



Figur 3. Sulfat vs. pH for ukentlige vannprøvetagning fra fire av de kinetiske tester som ble utført på gråberg ved diverse gråbergstipper i Sulitjelma gruvedistrikt (fra Walder m.fl., 2017).

Granhellbekken som drenerer hoveddelen av vannet fra Jakobsbakken og Anna er sterkt forurensset og renner ut i nærheten av området foreslått for deponering. Gamle målinger fra tidlig på 1980 tallet viste over 500 µg/L. Analyser utført i 2016 og 2017 (Stopa, 2018) viser noe lavere konsentrasjoner.

1.2 Prosessering

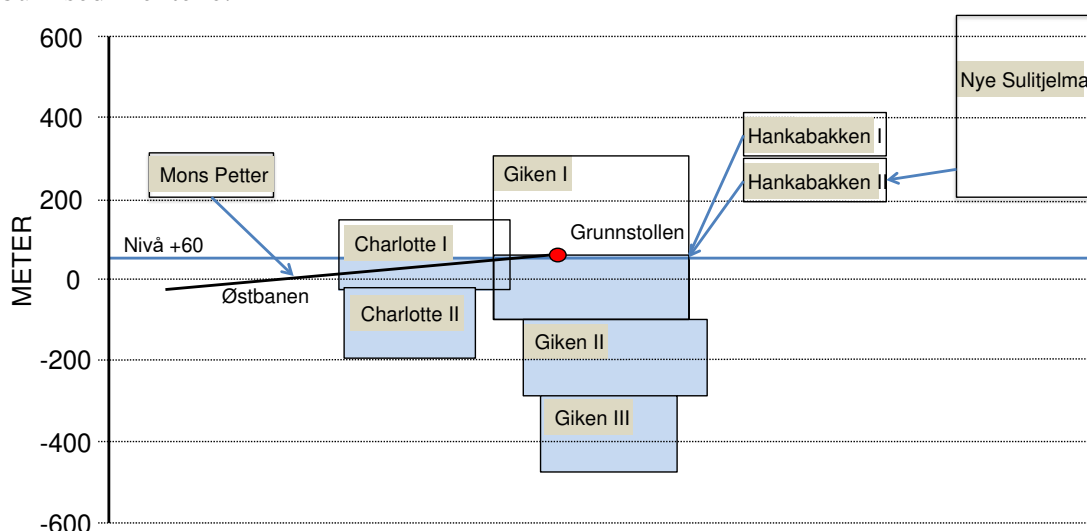
Det var tidlig i Sulitjelmas gruehistorie anlagt et smelteverk ved Fagerli. I begynnelsen var denne fyrt med ved, og ble senere erstattet med elektrisk oppvarming, som den første elektriskdrevet smelteovn. Avgang fra oppredningsverket og avfall fra smelteverket ble plassert ved siden av verket. Avfallet ble i tillegg skyllet ut med Balmielven. Det ble i 2008 tatt to vannprøver i Balmielven nedenfor det gamle smelteverket som viste kobberkonsentrasjoner på 170 µg/L og 52 µg/L mens sinkkonsentrasjonene var 42 og 15 µg/L (Norconsult AS, 2015).

I 1960 ble det bygget et nytt opprednings- og smelteverk ved Sandnes. Flotasjonsavgang og avfall fra dette opprednings- og smelteverket ble brukt til å bygge opp et anleggsområde ut i Langvatnet. Etter hvert ble avgangen deponert i Langvatnet hvor indre deler av Basseng 1 i Langvatnet ble fylt til ca. 10 meter dyp (Figur 4).



Figur 4. Kart over østre del av Langvatnet, Basseng 1, som har vært hovedområdet for Sulitjelma gruvers avgangsdeponering. De dypere delene av dette bassenget er foreslått av Nye Sulitjelma Gruver som deponeringsområde ved ny drift.

Giken som renner på nord-og vestsiden av Sandnes industriområde er den største kjente kilden til dagens forurensning inn i Langvatnet. Forurensningene i Gikenelven kommer fra drenering av Nye Sulitjelma, Hankabakken I, Hankabakken II, inn i Giken I og utslipp gjennom grunnstollen til Gikenelven (NGI, 2018; Sweco, 2014) (Figur 5). NGI (2017) estimerte at 50-60% av kobbertilgangen til kommer fra Giken elven. Det er også estimert at ca. 80-90 % av kobbertilgangen til Langvatnet passerer utløpet av Langvatnet, hvilket tilsier at resten (10-20 %) utfelles / absorberes og havner i bunnsedimentene.



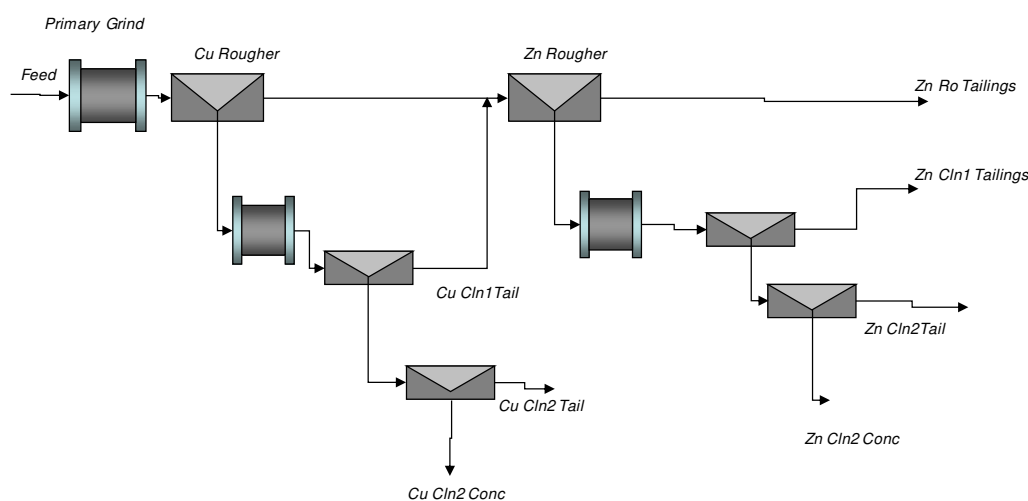
Figur 5. Vannstrømkontakt mellom gruver på nordsiden av Langvatnet. Dette er laget av Direktoratet for Mineralforvaltning og er en del av et kontrollert utslipp fra gruvene i Sulitjelma. Langvatnet er referansenivået på 0 meter.

2 Avgang og Gråberg

Den planlagte gruvedriften (underjordsdrift) baserer seg i stor grad på den gamle infrastrukturen, hvor deler av stollene for å nå malmkroppene allerede er tilrettelagt. Dette resulterer i en lav produksjon av gråberg. Uten tømning av gruvene blir dette noe endret fra det opprinnelige planforslaget. Gråberget er i stor grad fra heng- og ligg bergarter: metasedimenter og intrusiver i et ofiolitt-kompleks. I nærheten av malmkroppene er det sannsynlig sulfidholdige metavulkanitter (basalter omvandlet til grønnstener). Det er disse metavulkanittene med betydelig sulfidinnhold som er påvist i de fleste tippene fra både Nordfeltet og Sørfeltet (Stopa, 2018; Walder et al, 2017).

2.1 Avgangssanden

Prosesseringen av malmen vil foregå ved bruk av flotasjon hvor kobbersulfider separeres først fra sinksulfid og silikater. Her brukes flotasjonskjemikalier (skummdanner, samler, deaktiverer og pH regulerer). Avgangen fra kobberflotasjonen (Cu Rougher og Cu Cln 1) går til sinkflotasjonen (Figur 6).



Figur 6. Flytskjema for flotasjon som ble brukt i forbindelse med testing av malm og produksjon av avgang for utlakingstester (SGS, 2019).

Sinksulfider ekstraheres fra avgangen fra kobbersulfidflotasjonen hvor det tilsettes ytterligere flotasjonskjemikalier for å danne et sinksulfidkonsentrat (Figur 6). Kobbersulfat tilsettes for å reaktivere sinksulfid. Konsentratene vil bli sendt til smelteverk i Europa. Avgangen som utgjøre ca. 90% av inngående malm, kommer fra flere av disse flotasjonsstegene, men samles i ett utslippsrør. Hoveddelen av denne avgangen kommer fra "Zinc Rougher" steget.

2.2 Gråberg

Gråberg som tas ut er i stor grad sammensatte bergarter av gneis (av sedimentær og vulkansk opprinnelse). Den inneholder både mafiske (amfibol, kloritt) og felsiske

mineraler (feltspat og kvarts). Gråberget kommer fra transporttuneller drevet for å komme til malmen på de ulike nivåer. Tunneler som drives i grønnstener/amfibolitter kan ha betydelig innhold av sulfider og være potensielt syredannende slik det er observert i mange av gråbergstippene.

Mengde gråberg som tas ut er i størrelsesorden 120.000ton/år i normalår ifølge driftsplanen. Størstedelen av dette gråberget kommer fra gruvegangene som må anlegges for å komme til malmkroppene. Mengden av gråberg vil derfor i stor grad være produsert i tunneldriftperioden. Følgende malmer trenger tuneller:

- Adkomst til Rupsimalmen med tunell via Bursi gruver på nordsiden av Langvatnet. Inkludert utstrossing av eksisterende adkomst til Bursi, og flytting av påhugg ca 150 m mot vest vil produsere ca. 50.000 m³ gråberg (Norconsult, 2015). Denne tunellen vil være ca. 1300 m lang.
- Adkomst til Giken/Charlotta vil produsere 160.000 m³ gråberg (Norconsult, 2015). Denne tunellen vil være ca 4000 m lang.
- Diamanten på sydsiden av Langvatnet via Aylon stollen og Sagmo gruver. Denne tunellen vil være ca 6000 m lang. Dette vil produsere 240.000 m³ gråberg.

Det totale uttaket av gråberg er estimert til ca. 1.137.000 tonn. Størstedelen av disse stollene/tunellene vil gå gjennom umineraliserte bergarter: skifer og gneiser av sedimentære bergarter. Disse bergartene er dog lite egnet til veibygging pga dårlig slitestyrke, men materialet kan brukes til utfyllinger slik som planlagt ved Aylon området.

Den planlagte Rupsitunellen vil i hovedsak gå gjennom umineralisert Furulundskifer. Først i de indre deler nærmere malmkroppen skjærer den gjennom potensielt mineralisert Sulitjelmaamfibolitter ved grensen for NSG utvinningsrettigheter (Kjell Nilsen, 2018).

Den planlagte tunnel til Diamanten fra Sagmo er ikke vurdert i forhold til de geologiske formasjonene. Det antas dog at også denne i hovedsak vil gå gjennom umineraliserte Furulundgruppens sedimentære bergarter.

Stollen til Giken/Charlotta vil bli påbegynt noen år etter at uttak av Rupsimalmen er kommet i gang. Dette vil gi anledning til å forberede en stoll primært gjennom sedimentære bergarter for å redusere mengde syredannende gråberg.

Det er ikke samlet inn gråbergsprøver fra potensielle tuneller da slike prøver ikke foreligger på det nåværende tidspunktet. Det er viktig at dette blir vurdert når tunneldrift starter slik at potensiell syredannende gråberg kan holdes separert fra material som kan

brukes for fylling. Det potensielt syredannende material kan tilføres kalk for å redusere syredannelsen og etter noe år transporteres inn i gruvene igjen når det er plass til igjenfylling av dette materialet.

2.3 Avgangsdeponering

Avgangsdeponeringen vil forgå via et PVC rør hvor enden av røret blir liggende på ca. 2 meter over sjøbunnen (Driftsplaner). Røret vil være senket ned til ca. 2 meter fra overflaten fra Sandnes til utslippsområdet, slik at det ikke fryser eller forstyrrer båttrafikk. Volumforholdet vann til avgang vil være på ca. 70:30. Deponeringen foregår kontinuerlig året rundt.

Avgangen er i utgangspunktet mye tyngre enn innsjøvannet, men inneholder tre faser (sand, vann og luftbobler) som kan skilles og forandre dette forholdet. Det kan derfor forekomme noe oppvelling av avgang under deponering. Dette vil vanligvis skyldes at (Walder, 2014):

- Avgangsvannet er varmere og derved lettere enn vannet hvor avgangen deponeres;
- Avgangsvannet inneholder luftbobler (luftbobler) som stiger opp og trekker med seg finmateriale.

Avgangsvannet vil ha betydelig høyere saltinnhold (700-800 mg/L; se flotasjonsdata dette studiet) enn innsjøvannet (TDS 15-20 mg/L; se profildata dette studiet) og av den grunn, redusere muligheten for betydelig vannblanding under deponeringen.

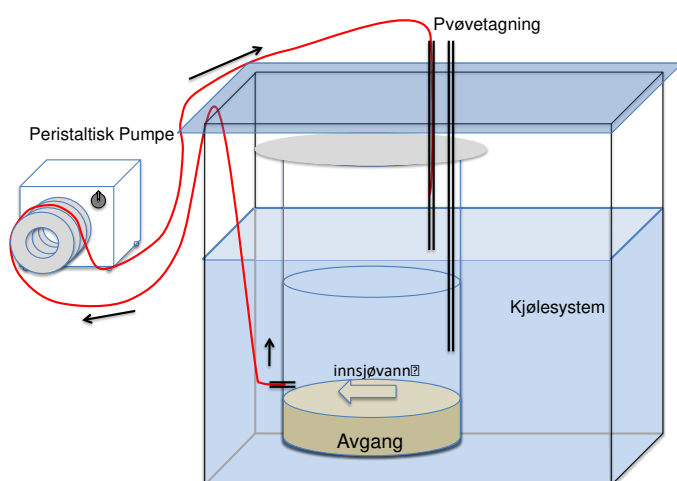
Mulige tiltak for reduksjon av oppvelling vil bli vurdert om dette skulle forekomme. Luftbobler kan forekomme som et resultat av rester av skummdanner. Avskumming bør derfor skje i fortykkeren før deponering.

3 Analysemetoder

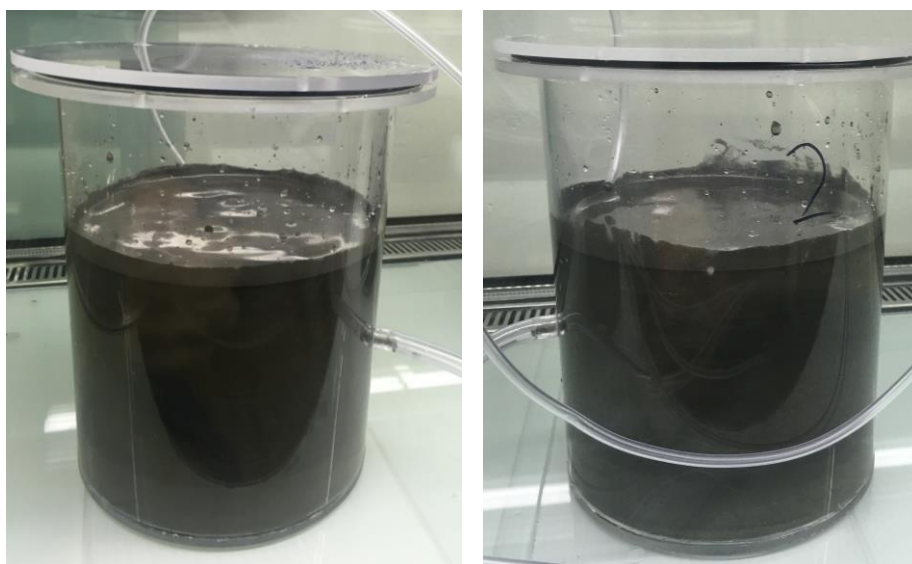
I dette avsnittet beskrives de eksperimentelle og analytiske metoder som er brukt i denne undersøkelsen.

3.1 Utlakingstester

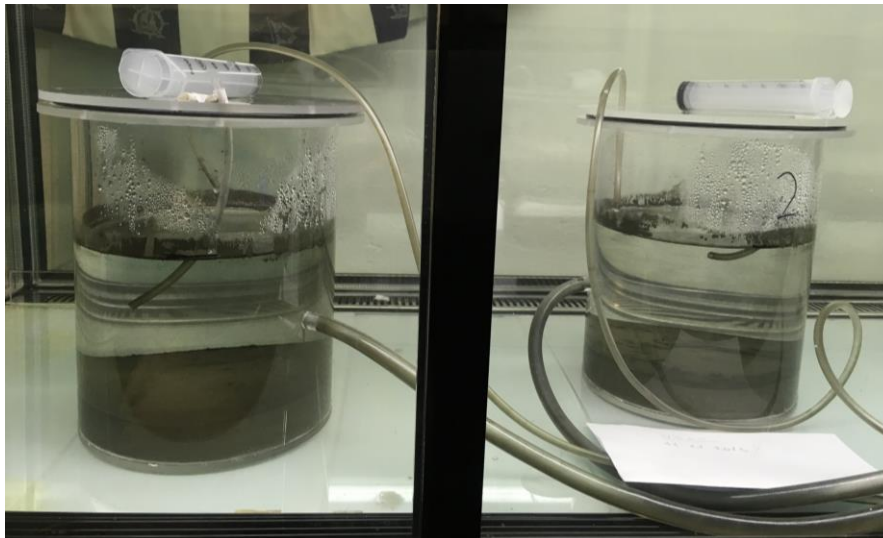
For å simulere forholdene av avgang deponert i Langvatnet ble avgang lagt i kolonner med vann fra Langvatnet. Dette testvannet ble tatt i to 25 liters kanner ved begynnelsen av testene. Avgangsprøvene ble tilsatt innsjøvann og helt i kolonnene som våt masse. Etter ca. 3 timer når det meste av finpartiklene har satt seg, starter resirkulering av innsjøvannet via en peristaltisk pumpe med en pumpehastighet på 15 mL/min. (Figur 7, 8 og 9). Dette resulterer i en strøm av innsjøvann over avgangen.



Figur 7. Oppsett for ferskvannsdeponeringstester.



Figur 8. To testkolonner i egen kjøledisk to timer etter deponering. Bildene viser finmateriale som flyter på toppen av kolonnene.



Figur 9. To testkolonner i egen kjøledisk etter 90 dager.

Kolonnene inneholder 4 L vann (hentet fra Langvatnet) og 1,6 kg prøvemateriale (Tabell 1). Eksperimentene ble utført i et eget rom for å redusere muligheten for forurensing fra annen aktivitet i laboratoriet. Vannet holdes kjølig i 5-7 °C i en egen kjøledisk. For å unngå forurensinger har kolonnene et lokk, men med lufttilgang. Det resirkulerende vannet dryppes ned i kolonnen for å opprettholde lufttilgang og oksiderende forhold.

KOLONNER		
PRØVE	VEKT (gr)	VANNMENGDE (L)
SUL-01	1600	4
SUL-02	1600	4

Tabell 1. Oversikt over mengdeavgang og innsjøvann i laktene.

Det ble tatt ut 200 ml vannprøve fra et eget prøvepunkt i kolonnene for hver prøvetaking. Prøvetagningen var med få timers mellomrom den første dagen og deretter utvidet tid mellom hver prøve. Eksperimentene ble kjørt i ca. 100 dager med totalt 13 vannprøver fra hver kolonne.

Rent innsjøvann fra Langvatnet tilsvarende mengde uttatt vannprøve (200 ml) ble tilsatt eksperimentene etter hver prøvetagningen. Dvs. en uttynning for mange av spormetallene, mens totalvolumet på 4L ble opprettholdt. Ved beregning av utlaking er effekten av denne uttynningen/blandingen medtatt.

Lakvannet ble tatt ut ved hjelp av en sprøyte som var forhåndsvasket i avionisert vann og salpetersyre. Et engangsfilter med 0.2 µm ble brukt for alle prøvene. Deretter ble prøvene satt på kjølerom inntil utsendelse til ALS laboratoriet i Oslo for ICP analyser.

De uttatte prøvene ble analysert for pH, salinitet, konduktivitet, totalt oppløst fast stoff (TDS) redox potensialet (Eh) og temperatur.

Følgende kjemiske analyser ble utført på lakvanns-prøvene

- Sporelementanalyser ved bruk av ICP-MS, (utført av ALS Norge),
- Anion-analyser ved bruk av ione-kromatograf (utført av KREC),
- Alkalinitet ved titrering (ISO 9963-1) (utført av KREC).

3.2 Metallanalyser i vann

Sporelementer ble analysert på syretilsatte prøver med bruk av konsentrert ultraren salpetersyre forhold prøve/syre på 99:1. Prøvene ble sendt til ALS i Oslo og loggført der og videresendt til analyselaboratoriet ved ALS i Luleå, Sverige. Analysepakken for ferskvann følger V-2 for 22 metaller. Deteksjonsgrense for analysene er gitt i (Tabell 2).

Analysene utføres i henhold til europeiske standarder: ICP-SFMS iht ISO 17294-1,2; ICP-AES iht ISO 11885; og Hg iht ISO 17852.

FERSKVANN			
Element	Detek.	Element	Detek.
Al, aluminium	0.2 µg/l	Mg, magnesium	90 µg/l
As, arsen	0.05 µg/l	Mn, mangan	0.03 µg/l
Ba, barium	0.01 µg/l	Mo, molybden	0.05 µg/l
Ca, kalsium	100 µg/l	Na, natrium	10 µg/l
Cd, kadmiium	0.002 µg/l	Ni, nikkel	0.05 µg/l
Co, kobolt	0.005 µg/l	P, fosfor	1 µg/l
Cr, krom	0.01 µg/l	Pb, bly	0.01 µg/l
Cu, kobber	0.1 µg/l	Si, silisium	30 µg/l
Fe, jern	0.4 µg/l	Sr, strontium	2 µg/l
Hg, kvikksølv	0.002 µg/l	Zn, sink	0.2 µg/l
K, kalium	400 µg/l	V, vanadium	0.005 µg/l

Tabell 2. Elementer og deteksjonsgrenser oppgitt av ALS. Usikkerheten ligger på 10-20 % høyere usikkerhet når konsentrasjonene nærmer seg deteksjonsgrensen.

3.3 Anionanalyser

Anioner ble analysert ved KREC laboratoriet ved bruk av ione-kromatograf (IC) Metrohm 760 og ASUP-5, 150 mm kolonne. Det ble analysert for fluorid, nitrat, fosfat, og sulfat. Kun sulfat var over deteksjonsgrensen på ca 0.1-0.3 mg/L.

3.4 Alkalinitet

Alkalinitet ble bestemt ved KREC laboratoriet ved bruk av Metrohm Titrando. 40 mL filtrert prøve ble titrert med 0.001 mol HCl til pH 5.4 og 4.5 ved bruk av kontinuerlig automatisk pH måling. Alkaliteten blir beregnet utifra hvor mye syre som må tilsettes

inntil pH nivåene 5.4 og 4.5 nås. Alkaliteten er i stor grad et mål på karbonatmengden (karbonat og bikarbonat) i vannet og er gitt i mille-mol/L.

3.5 Fysikalske Analyser

Elektrisk konduktivitet, pH, temperatur, redoks-potensialet (Eh) måles direkte ved bruk av diverse instrumenter i laboratoriet. Total oppløst fast stoff (TDS) og saltgehalt beregnes utifra den elektriske konduktiviteten/ledningsevnen. Instrumentene som brukes er Okaton 2100 for pH og Eh, og Hatch for TDS/EC. Kalibrering foregår hver dag instrumentene brukes.

I felt brukes et multianalyse system Aquatroll fra Insitu, Inc. AS som i tillegg til de overfor nevnte parametere, også måler oksygeninnhold og trykk sammen med GPS posisjonering. Kalibrering gjøres i felt før instrumentet brukes ved hjelp av en multi-standard kalibreringsløsning fra Insitu.

3.6 Fast stoff Analyser

Analyser av fast stoff (malm, konsentrat og avgang) ble utført av SGS, Vancouver, Canada i forbindelse med flotasjons-eksperimentene. Materialet ble oppløst i en fire syre oppløsning før analysert ved hjelp av ICP-scan.

4 Resultater

Materialet som ble brukt for flotasjonstesten besto vesentlig av massiv sulfidmalm, med noe bergarter som indikerer at det er mafiske og felsiske mineraler i tilknytning til malmen (Figur 10).



Figur 10. Bilde av materialet som ble brukt til å utføre flotasjonstestene. Dette består i hovedsak av sulfidmalm med noe innslag av sideberg. Bilde to viser avgang etter flotasjonstesten.

4.1 Flotasjon - malm- og avgangskjemi

Malmen som ble kjørt gjennom flotasjonen ble analysert ved fire syre oppløsning og ICP. Dette gir en kobberkonsentrasjon på ca 3,2 vekt% og 0,4 vekt% sink (Tabell 3). Svovel utgjør ca. 35 vekt%, hvilket tilsier ca. 65 vekt% sulfidinnhold. Dette materialet inneholder nærmere det dobbelte av kobber og sannsynligvis betydelig mer pyritt enn det som er forventet av malmen under drift.

PARAM.	ENHET	FEED	Cu Cln2	Cu Cln2	Zn Cln2	Zn Cln2	Zn Cln1	Zn Ro
		Malm	Kons.	Tail	Kons.	Tail	Tail	Tail
Mengde	gram	1890	224	19,2	9,7	5,8	22,2	1610
Cu	Vekt %	3,2	32,0	6,71	7,73	4,18	0,86	0,17
Zn	ppm	4110	1,6	3,37	45	2,19	0,46	0,08
Fe	Vekt %	33	29,6	29,4	11,4	29,2	32,8	30,8
Ca	Vekt %	1,15	0,12	0,52	0,12	1,19	1,41	1,44
K	Vekt %	0,44	0,26	0,27	0,36	0,37	0,72	0,57
Mg	Vekt %	1,34	0,20	3,06	0,40	2,62	1,84	1,53
Ni	ppm	<300	<300	<300	<300	401	<300	<300
SiO2	Vekt %	13,4						
Sr	ppm	40	<10	14	25	31	448	2635
As	ppm	<1200	<1200	<1200	<1200	<1200	<1200	<1200
Pb	ppm	<800	<800	903	1181	<800	<800	<800
Se	ppm	<2000	<2000	<2000	<2000	<2000	<2000	<2000
S	Vekt %	35,4						
Cd	ppm	<40	<40	133	1605	73	<40	<40
ZnSO4 til.	mg/kg	850						
CuSO4 til.	mg/kg	250						

CaO	mg/kg	1000						
-----	-------	------	--	--	--	--	--	--

Tabell 3. Konsentrasjoner av hoved- og sporelementer i malm (feed) konsentrat, og avgang (tail; hele listen av parametere finnes i vedlegg A). Siste tre radene viser hvor mye som ble tilført av kalk, kobbersulfat og sinksulfat per kg prøve i flotasjonstesten.

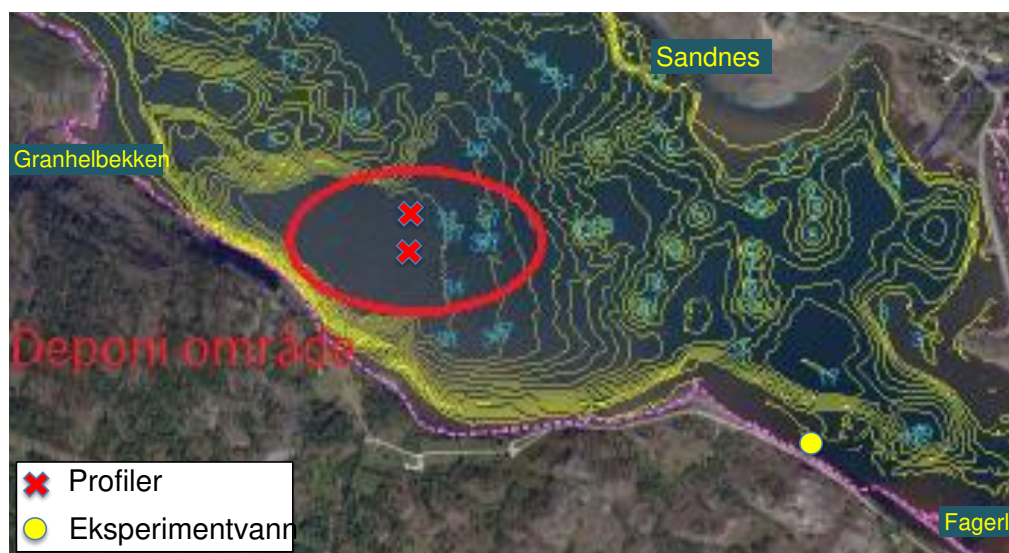
Etter flotasjonen ble avgang og konsentrat analysert for metallinnhold fra de forskjellige flotasjonsstegene (Tabell 3). Dette viser en sterk reduksjon av kobber og sink og en svak økning av elementene som er silikatbunnet: magnesium; kalium; og kalsium. Jern viser en svak reduksjon som skyldes at sink- og kobbersulfid er fjernet, mens svovelkis er gått til avgang.

Tabell 3 viser også den betydelige mengden av sinksulfat som tilsettes for å redusere absorpsjonseffekten for sinksulfid i forbindelse med kobbersulfidflotasjonen. Det er betydelig mindre mengde kobbersulfat som tilsettes enn sinksulfat for å igjen forbedre flotasjonen av sinksulfid i de senere stegene i flotasjonen.

I tidlige laktester ble det prøvd med et avgangsmateriale som var produsert under de siste årene av driften. Sulfidmineraler var separert fra silikatmineraler. Dette ga umiddelbart surt vann med pH på 2,5-3. Sulfidene var lagret tørt for å unngå oksidering, men tydeligvis ikke tørt nok. Sekundære mineraler var dannet (det var et relativt hardt materiale men som delte seg lett opp i vann) som ga surt vann straks det ble lagt i testvannet.

4.2 Vannkjemi

Det ble tatt en 50 liters prøve på sørbredden av Langvatnet for bruk i kolonneeksperimentene (Figur 11). Det ble også brukt en multisonde for å måle fysikalske parametere i to profiler i område for mulig deponering. Det ble også tatt fire vannprøver i et profil i deponeringsområdet. Disse vannanalysene er beskrevet i dette avsnittet sammen med vannprøvene fra flotasjonstesten og lakvannet fra testene.

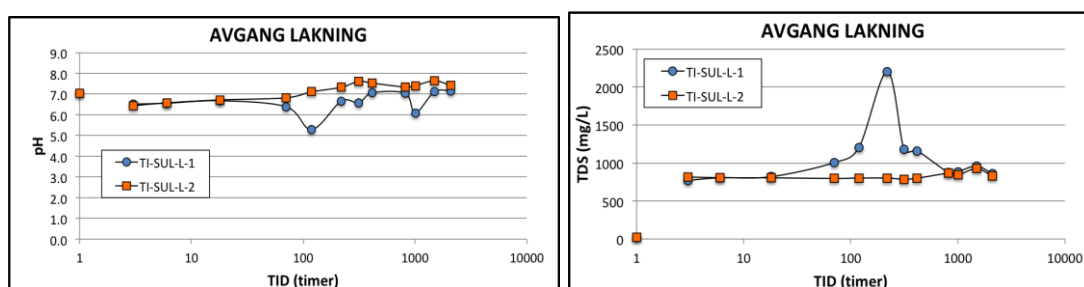


Figur 11. Prøvepunkt for vann brukt i utlekkingsstestene (gult punkt) og for to profiler målt i Langvatnet i området for planlagt deponering (rød eks).

4.2.1 Utlakingstester

Da utlaknings (kinetiske) testene var kjørt i ca. 15 uker hadde kjemien stabilisert seg, dvs. utlakningraten er stabilisert. Det ble tatt 13 prøver fra hver kolonne i denne perioden og resultatene av disse testene finnes i vedlegg 1.

pH har holdt seg nær nøytral gjennom hele testperioden (Figur 12). Det var mye finmateriale som ble liggende på toppen av vannet inntil dette stort sett sank ned til bunnen. Dette materiale bar tydelig preg av å inneholde flotasjonskjemikalier; skummdanner. Prøvene var ikke vasket før de ble tørket og dette kan ha medført at det var gjenværende skummdanner i avgangen.



Figur 12. pH og TDS utvikling relativt til tid for laktestene for duplikatkolonnene. Det første punktet ved tid 1 er innsjøvannet før tilsetting av avgang.

Resultatene viser et dropp fra pH 7 til 6.5 for innsjøvannet med deponering av avgang i kolonnen. Etter dette har det vært en svak økning av pH til ca 7.5, dvs høyere pH enn det vannet som tilsettes etter hver prøvetagning. Ca. 60% prosent av vannet er skiftet ut i løpet av analyseperioden.

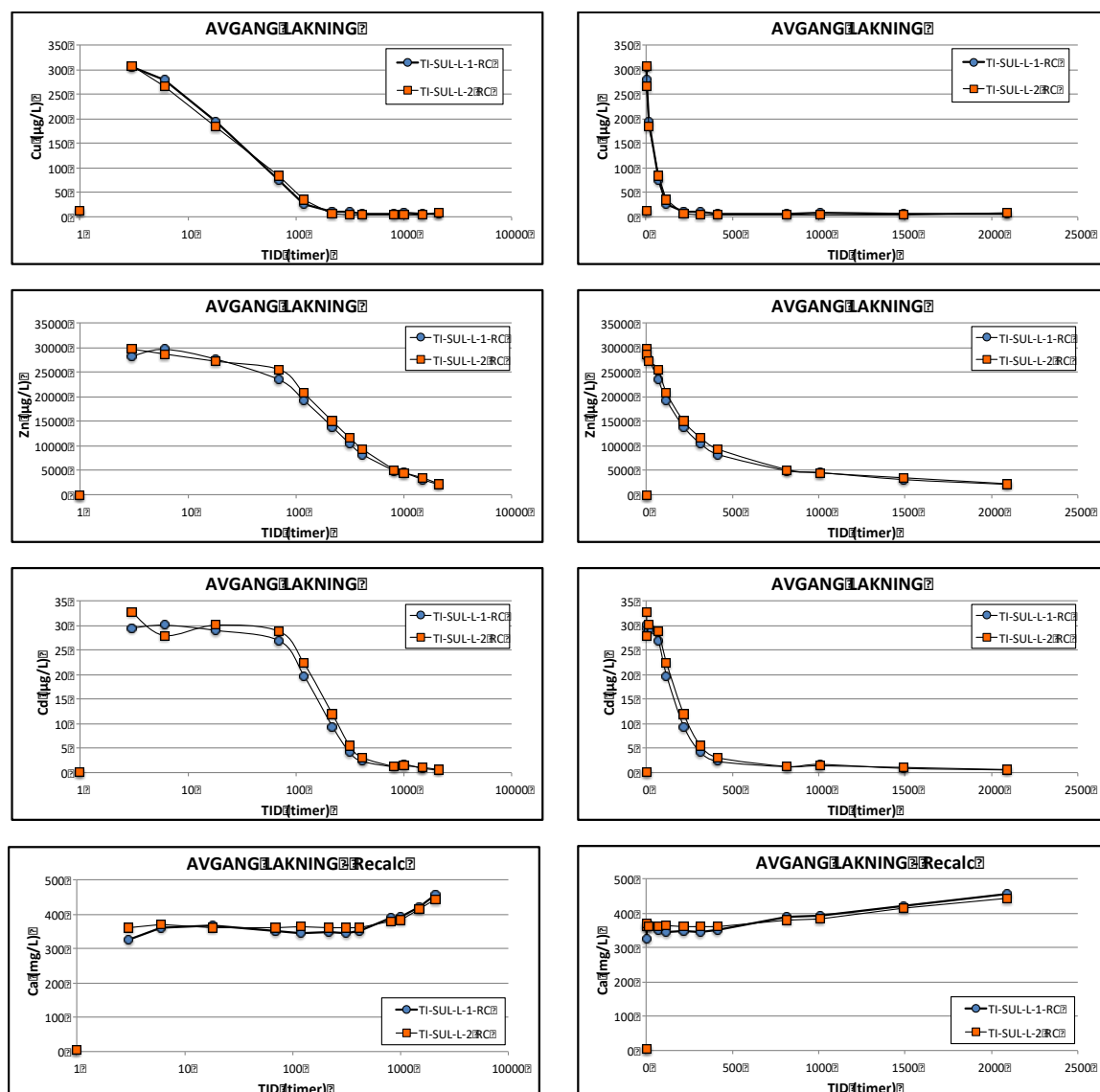
Totalt oppløste faste stoffer (TDS) har holdt seg relativt stabil i hele analyseperioden, dvs. det er en konstant tilgang på oppløsning av mineraler da TDS for vannet som skiftes ut etter hver prøvetagning har TDS på ca. 20 mg/L mens TDS for lakvannet ligger på 800-1000 mg/L. I mellomperioden av eksperimentene er det en divergens mellom eksperimentene.

Kobberkonsentrasjonene starter umiddelbart med ca. 300 µg/L og synker til omkring 5-8 µg/L over de neste 9 dagene (Figur 13). Kobber ligger stabilt på dette nivået for resten av testperioden.

Sinkkonsentrasjonene starter med ca. 29000 µg/L og synker til ca. 2200 µg/L etter 90 dager (Figur 13). Sinkkonsentrasjonen har vært synkende gjennom hele testperioden. Testing vil fortsette i en periode for å vurdere hvor mye lavere sinkkonsentrasjonen vil gå.

Kadmiumkonsentrasjonen starter på ca 30 µg/L og synker ned til 3 µg/L etter i underkant av 20 dager (Figur 13). Kadmium konsentrasjonen fortsetter å synke også etter dette og er på ca. 0,6 µg/L etter 90 dager.

Kalsium er relativt stabil de første 20 dagene, men har en jevn økning etter dette (Figur 13). Strontium følger kalsium i denne konsentrasjonsutviklingen (Vedlegg 2).



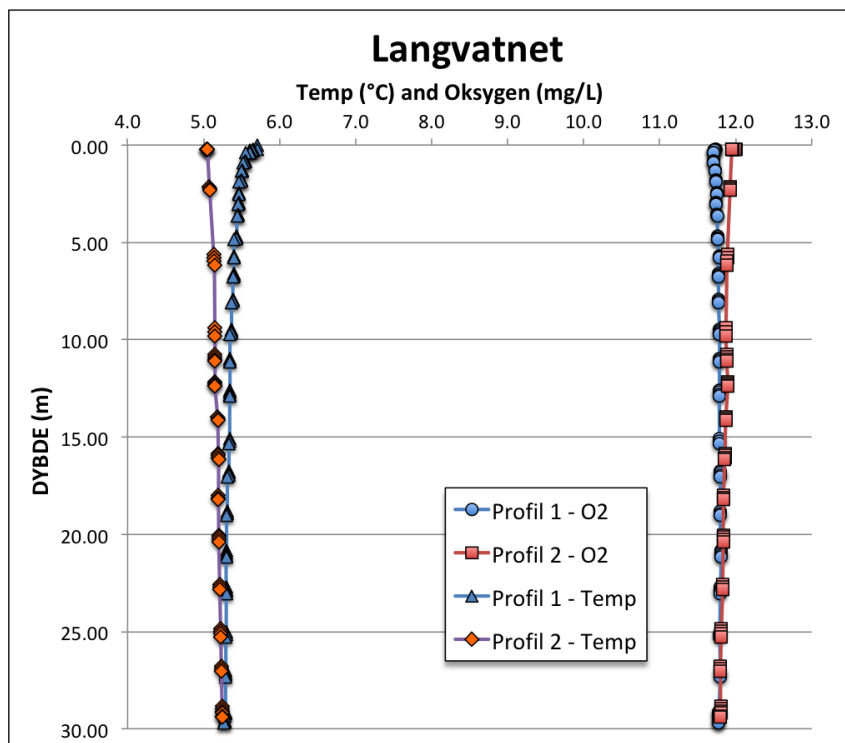
Figur 13. Konsentrasjoner av Cu, Zn, Cd og Ca i lakvannet over tid, hvor tid også er plottet på logaritmeskala for de to duplikatexperimentene.

4.2.2 Langvatnet

Det ble tatt profilvannprøver 16. oktober, 2019 i det området som er planlagt for avgangsdeponering. Sammen med profilprøvene ble det også tatt profilmålinger med elektrisk konduktivitet, redokspotensialet (Eh), temperatur, løst oksygen (DO), pH sammen med dybdemålinger (målt med Insitu Aquatroll).

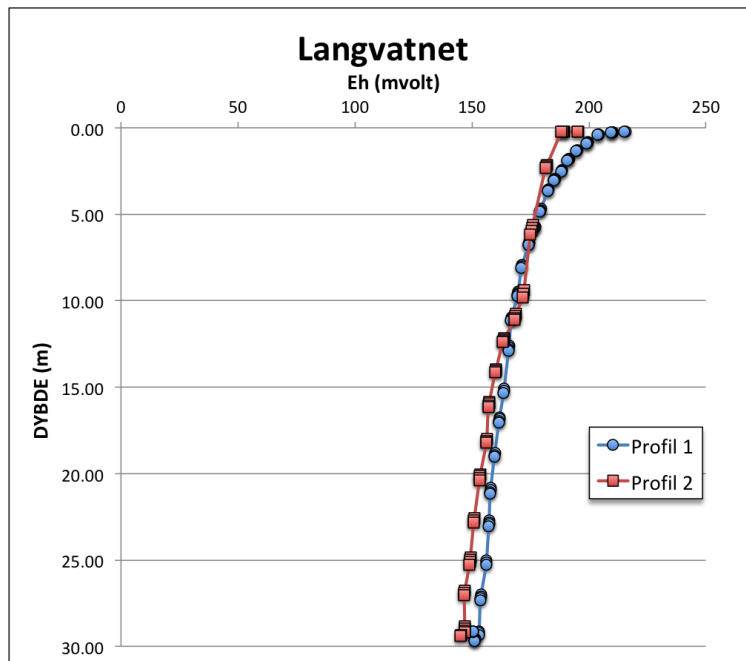
Disse målingene viser et konstant forhold fra topp til nære bunnen (Figur 14). Dybden i dette området er 32-33 meter. Temperaturen varierer mellom 5,0 °C og 5,6 °C, hvor

det ene profilet har ca 0,5 °C høyere temperatur nær overflaten, men som utlignes med dybden. Oksygen er $11,7 \pm 0.3$ mg/L uten signifikante forskjeller mellom profilene eller med dybde. Disse konsentrasjonene av oksygen tilsvarer nær oksygenmetning i hele profilet.



Figur 14. Dybdeprofil målinger for DO og temperatur i Langvatnet i det området som er planlagt brukt til avgangsdeponering.

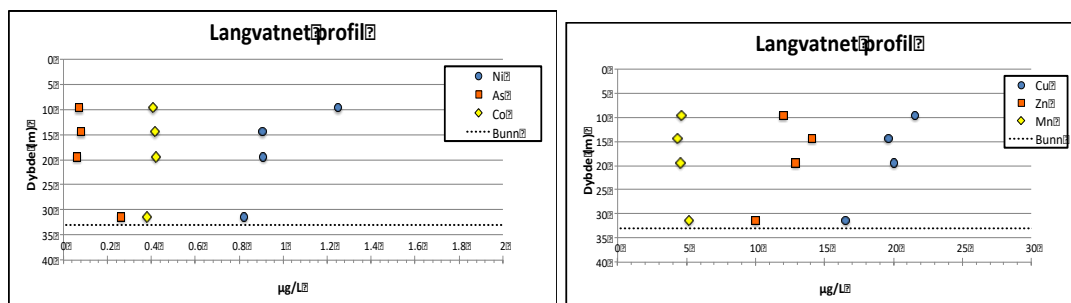
Redokspotensialet viser en svakt nedadgående trend for begge profilene hvor det nære overflaten er ca. 200 ± 25 mV med noe forskjell mellom profilene (Figur 15). Mot dybden har profilene stort sett sammenfallende redokspotensiale.



Figur 15. Dybdeprofil målinger for Eh (mV) i Langvatnet i det området som er planlagt brukt til avgangsdeponering.

Det ble tatt fire prøver i forskjellige dybder, 9,6, 14,5, 19,5 og 31,3 meter i Langvatnet 16. oktober 2019. Prøvene ble fylt i 1 liter PVC flasker og transportert til KREC laboratoriet. Her ble prøvene filtrert og målt, syresatt og sent til ALS, Oslo for metallanalyser. Den dypeste prøven hadde noe gromsete vann, hvilket tyder på at denne var tatt nær bunnen.

Kobber, sink, nikkel og kobolt viser noe lavere konsentrasjoner i den dypeste prøven, mens arsen har noe høyere konsentrasjon i den dypeste prøven (Figur 16). Også hovedkomponentene i vannet; sulfat, kalsium og karbonat, er betydelig lavere i innsjøvannet i forhold til konsentrasjonene i kolonnene.



Figur 16. Dybdeprofil analyser for Cu, Zn, Mn, Ni, As og Co i Langvatnet i det området som er planlagt brukt til avgangsdeponering.

Arsen, Cr og V er i samme størrelsesorden i lakvannet og innsjøvannet.

4.2.3 Flotasjon

Det ble foretatt en testflotasjon på malmen for optimalisering av kobber- og sink-flotasjonsprosessen og for å produsere avgang som ble brukt i lakttestene. pH var holdt til mellom 10,8 og 11,5 i flotasjonen, og vil være pH området i vannet som ledes ut med avgangen. Kalk (CaO) ble brukt for å justere pH hvor totalt ca. 1000 mg/kg var tilsatt i flotasjonsprosessen. I tillegg ble det tilsatt flotasjonskemikalier: kobbersulfat (250 mg/kg), sinksulfat (800 mg/kg), reagens 3418A (30 mg/kg), reagens 3894 (20 mg/kg) og MIBC (35 mg/kg). Tilførsel av sinksulfat var gjort i kobberflotasjonsdelen av prosesseringen for å deaktivere sinksulfid. Kobbersulfat derimot var tilsatt prosessen etter kobberrekstraksjonen for å reaktivere sinksulfid.

Fire vannprøver fra forskjellige deler av flotasjonen ble analysert for totalkjemi, samt alkalinitet, elektrisk konduktivitet og hardhet. Disse vannstrømmene (med avgang) vil under produksjon samles til et felles utslipp. Det ble tatt vannprøver av disse fire vannstrømmene sammen med prøver av avgangen.

Vannanalysene viser at det er svært lave kobber- og sinkkonsentrasjoner i disse vannstrømmene. Konsentrasjonene ligger på under 0,7 ug/L for kobber og 50 ug/L for sink (Tabell 4). Avgangsvannet fra Zn_Ro_Tail utgjør over 97% av den totale strømmen og vil derfor være mest avgjørende for kvaliteten av utslippsvannet.

Sink, arsen, kalsium og sulfat har de høyeste konsentrasjoner i Zn_Ro_Tail, hvor sulfat er ca. 40% lavere i flotasjonsvannet relativt til lakttestene, mens kalsium er ca. halvparten av lakttestvannet (Tabell 4). Konsentrasjonene relativt til brukt vannmengde er dog ikke tatt med i disse vurderingen i de siste to avsnitt.

PARAMETERE	ENHET	Cu Cln2	Zn Cln2	Zn Cln1	Zn Ro	AVG
Konduktivitet	µS/cm	301	650	862	1233	
Alkalinitet	mg (CaCO ₃)/L	10,8	95,1	82,6	116	103
TDS	mg/L	116	215	637	877	781
Arsen	µg/L	0,5	0,9	1,7	4,1	3,6
Kadmium	µg/L	0,004	0,003	0,004	0,007	0,007
Kalsium	mg/L	45,8	85,8	140	212	191
Kobber	µg/L	3,8	3,5	5,9	0,2	0,71
Nikkel	µg/L	0,2	<0,1	0,1	0,1	0,11
Sink	µg/L	3	2	56	57	50
Sulfat	mg/L	143	149	343	646	580

Tabell 4. Analyser av flotasjonsvannet fra prosesseringen foretatt ved SGS Canada. Sulfat er omregnet fra ICP analyser for svovel. Siste kolonne AVG er et veiet gjennomsnitt av de fire avgangsstrømmene basert på vekt-forholdene av avgangssand (se vedlegg 1 for alle komponenter).

5 Diskusjon og Konklusjoner

Det er relativt høye konsentrasjoner av sporelementer som lages ut umiddelbart ved utslipp av avgangen i innsjøvannet i eksperimentene (Cu - 300 µg/L; Zink - 30000 µg/L). pH går noe ned (6,5) i forhold til innsjøvannet (7,0) mens det med tid øker og blir høyere (7,5) enn utgangspunktet for innsjøvannet. I denne perioden synker også konsentrasjonene av sporelementene kraftig (Cu - 5 µg/L; Zink - 2000 µg/L). Kobber synker mer drastisk og raskere enn sink og har stabilisert seg på konsentrasjoner mellom 3 og 8 µg/L, mens sink har hatt konsentrasjonsreduksjon i hele periode. Kobberkonsentrasjonen i lakvannet er en størrelsesorden høyere sammenlignet prosessvannet fra flotasjonen for kobber og 2 ½ gang høyere for sink.

5.1 Utlaking

Ved siden av kobber og sink er malmen også anrikt i blant annet nikkel, kobolt, kadmium og mangan. Disse elementene vil derfor være høyere i avgangen enn i naturlige bergarter og sedimenter i Sulitjelma området. Da Sulitjelmadistriktet har mange mineraliseringer i dagen er også sedimenter og jord anrikt i disse elementer relativt til områder som ikke har mineraliseringer. Pga den lange gruvehistorien i Sulitjelma kan det være vanskelig å bedømme hva som er naturlig bakgrunnsverdier og hva som er forurensing.

Lakvannet fra langtidsutlakingstesting viser at det er kun kobber som har lavere konsentrasjoner etter 2-3 måneder enn vannprøver fra Langvatnet. De andre elementene har 1-3 størrelsesordener høyere konsentrasjoner i lakvannet fra testene enn i innsjøvannet. Prosessvannet fra flotasjonstestene har dog like lave konsentrasjoner som prøver fra Langvatnet.

Dette gir en mulighet for å beregne utlaking fra materialet ved deponering. Tabell 5 viser omtrentlige tall for planlagt produksjon. Dette inngår for beregning av en årlig utlaking ved deponering (Tabell 6). Tabell 6 viser at så lenge pH holder seg høyt, dvs 10-11 er det årlige tilskuddet til vannfasen for kobber og sink svært lav henholdsvis 0,5 kg og 38 kg.

Deponering		
År deponering		20
Areale etter 20 år	m ²	190.000
Dybde	m	20
Egenvekt		4
Porøsitet	Fraksjon	0,3
Årlig deponering sand	ton	375.000
Årlig deponering sand	m ³	122.000
Årlig deponering prosessvann	m ³	300.000

Tabell 5. Oversikt over deponeringsmengder ifølge driftsplanene og et estimat fra NSG for arealet ved avslutning etter ca. 20 års drift.

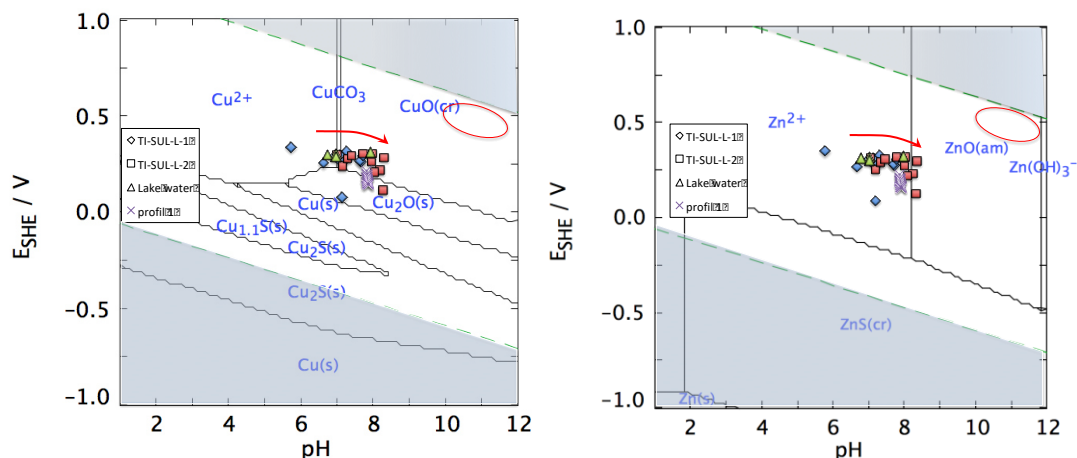
	ENHET	PROSESS- VANN	LAKVANN- SLUTT	LAKVANN- START	Deponert Avgang
Tørr mengde avgang eksp.	kg		1,6	1,6	
Vann tilført eksperimentene	L		4	4	
Cu konsentrasjon	ug/L	0,7	6,5	307	
Zn konsentrasjon	ug/L	50	2.060	28.950	
Cu utlekking pr kg avgang	ug/kg	1,8	16	768	
Zn utlekking pr kg avgang	ug/kg	125	5.150	72.375	
Årlig utlekking Cu	tonn	0,00053	0,006	0,29	
Årlig utlekking Zn	tonn	0,038	1,9	27	
Årlig deponering Cu	tonn				225
Årlig deponering Zn	tonn				266

Tabell 6. Estimert utlekking fra prosessvann og fra kolonnetestene både for slutt etter utfelling/absorpsjon i kolonnene (START) og rette etter fylling av kolonnene (SLUTT). Årlig utlekking og metallmengde deponert er basert på deponering av 375.000 tonn avgang/lår. Årlig deponering i fast fase er basert på analyser av avgang fra flotasjonsekspeimentene (SGS. 2019) Cu-0,06 vekt%, Zn 0,07 vekt%

Utlekking til vannfasen kan også beregnes utifra det som er i lakvannet etter tre måneder med vannsirkulering. Ved denne beregningen vil det årlige bidraget for kobber og sink være henholdsvis ca. 6 kg og 2000 kg. Hvis derimot alt tilgjengelig kobber og sink løses opp tilsvarende starten av eksperimentene vil det årlige tilskuddet være 300 kg kobber og 27 ton sink. De store forskjellene fra de forskjellige beregningsmåtene trenger derfor en videre vurdering.

5.2 Kilder og prosesser for utlaking

Sinksulfat tilsettes i flotasjonen for å redusere flotasjonen av sinksulfid under kobbersulfidflotasjonen, mens kobbersulfat tilsettes for å aktivere sinksulfidflotasjonen. I flotasjonen holdes pH mellom 10,8 og 11,5. Under disse forhold vil både sink og kobber være stabile som metalloksider, karbonat- eller sulfat-mineraler (Figur 17). Hvilke faser er avhengig av sulfat og karbonatkonsentrasjonene i tillegg til kobber og sink. Det analyserte flotasjonsvannet har lave kobber- og sink konsentrasjoner (henholdsvis 0,2 µg/L og 60 µg/L) og viser at disse to elementene er bundet i fast form selv etter at det ble tilført store mengder kobbersulfat og sinksulfat i prosessvannet.



Figur 17. Eh-pH diagram for kobber- og sinkfaser i vann med karbonat og sulfat. De røde pilene viser utvikling med tid i kolonneeksperimentene. De røde sirklene viser sansynligvis hvor flotasjonsvannet ligger (ingen redokspotensial måling) (diagrammene er konstruert med Medusa programvare og er basert på $Zn_{tot} = 0.01$ mmol; $Cu_{tot} = 0.03$ mmol/L; $S_{tot} = 1$ mmol/L; $C_{tot} = 0.5$ mmol/L; $T = 25$ dC).

Avgangen fra flotasjonseksperimentene ble tørket inn over en kortere periode (24-48 timer) ved SGS laboratoriet, Canada og sendt til KREC laboratoriet i Norge. Inntørking av vannfasen resulterer i dannelselse av salter. Tørkingen og perioden for transport kan ha resultert i noe oksidering av sulfider som utgjør over 50 vekt% av avgangen. Når dette materiale legges i innsjøvannet med lavere pH (7) enn prosessvannet løses de sekundære mineralfasene. Den noe reduserte pH kan skyldes at en sekundær oksideringsprosess av sulfider kan ha gitt noen mineraler som er syredannende. Små mengder sammen med et svakt nøytraliserende potensiale i innsjøvannet gir en svak pH reduksjon. Dette pH-nivået destabiliserer de faste faser og medfører økte konsentrasjoner i det sirkulerende vannet i eksperimentene.

En økende pH gjennom reaksjon med silikatmineralene i avgangen resulterer i en felling av metalloksider, som kan være jern- og aluminiumhydroksider med absorpsjon av kobber, sink, kobolt, nikkel, samt direkte felling av metall oksider/hydroksider av disse metallene. Sinkkonsentrasjonen er fortsatt på vei nedover etter 3 måneder, mens kobberkonsentrasjonen er stabilisert etter ca 10 dager (Figur 13).

Geokjemisk modellering med PhreeqC (Pankhurst and Apallo, 2016) gir undermetning for manganoksid, kobberoksid og sinkoksid ved de målte pH verdiene, mens jernhydroksid og gips er mettet. Dette kan tyde på fjerning av metallene pga sorpsjonsprosesser mer enn kobber/sinkoksid felling.

Testoppsettet for utlaking av avgang ved deponering i vann simulerer ikke særlig godt selve deponeringen, men viser heller geokjemiske prosesser etter deponeringen. Ved flotasjonsdrift vil avgang deponeres fortløpende sammen med prosessvannet hvor størstedelen av avgangssanden ikke blandes med det vannet den deponeres i. I disse testene var avgang først tørket så tilført innsjøvann ved deponering i kolonnene.

En resirkulering av prosessvannet som en del av prosesseringen med tilførsel av ferskt vann (ev. fra Langvatnet) vil resultere i en lavere pH enn det som er avgangs pH og dermed destabilisere mineralfaser som var stabile under prosesseringen. Ved deponering av avgangen er det derfor viktig at pH holdes relativt høy med lav innblanding under deponeringen.

Vannet i kolonnene er oksiderende relativt til sulfidmineraler, men det er allikevel ingen synlig effekt av denne oksideringen dvs reduksjon i pH, økende sulfatinnhold etc. Det er derimot det motsatte som skjer i testene hvor pH er svakt økende, sulfat konsentrasjonen er stabil (med noe variasjoner gjennom perioden), og sterk reduksjon i kobber, sink, kobolt, nikkel etc.

Alkalinitet, kalsium og kaliumkonsentrasjonen er økende, hvilket kan tyde på at silikatminerale reagerer og dermed gir en svakt økende pH. Dette gir økt stabilitet av metallene (felling – absorpsjon) med synkende konsentrasjoner. Arsen, krom, molybden og vanadium er potensielt noe økende i testvannet og er ikke påvirket av denne pH og alkalinitet-forandringen da de som anioner har lavt potensiale for absorpsjon (Maurice, 2009).

Hvis tilsvarende mengde sink og kobber løses opp fra deponering av flotasjonen som var løst i eksperimentene vil dette tilsvare et årlig tilskudd på 288 kg kobber og 27 tonn sink ved 375.000 tonn deponering i året. Dette vil være et ubetydelig tilskudd av kobber sammenlignet med dagens årlige tilskudd på 20 tonn kobber, men et betydelig tilskudd for sink, en dobling. Dette tilsvarer at all sink og kobber som er relativt lett løselig i svakt surt vann, blandes med vannet i deponeringen og at innsjøvannet har en pH rundt 6.5. pH i Langvatnet ble målt til 7.2 i oktober hvilket forandrer løseligheten for kobber og sink betraktelig. I tillegg er det kun mindre mengder av avgangen som vil blande seg og derfor vil det være betydelig mindre sink som er tilgjengelig for vannmassene under deponeringen.

Det høye sulfidinnholdet resulterer i en rask reduksjon av porevannet som kan resultere i en oppløsning av jernhydroksid og en økt tilgang på kobber i porevannet. Kobber vil da ha en galvanisk reaksjon med svovelkis og ny utfelling av kobber, mens jern går i løsning. Når jernet når overflaten av avgangen vil den oksidere og igjen felles ut som jernhydroksid. Dette vil derfor redusere migreringen av kobber, men ha noe mindre effekt på sink. Hvis sink stiger i avgangssedimentene, vil det igjen absorberes i nydannet jernhydroksid i overflaten og derved ikke bli tilgjengelig for vannfasen.

5.3 Konklusjoner

Utlekkingsproblematikken ved ny deponering av avgang i Langvatnet er håndterbar, men det er noen viktige forutsetninger som må følges for å redusere potensialet for forurensing av spesielt kobber og sink:

- Det er viktig å holde pH høyt under utslippet og ha minst mulig blanding av avgang med innsjøvannet.
- Tilførsel av flokkuleringsmiddel kan sannsynligvis redusere utlakingen ved deponeringen.
- Det er også viktig at deponeringen foregår slik at det blir minst mulig spredning og en rask overdekning.
- Tidligere utførte kinetiske tester av avgangen fra Sandnes (hvor det har vært lagt et jordlag) viser hvor viktig det er at avgangen holdes i basisk/alkalisk vann med begrenset tilgang på oksygen og at risikoen for sur avrenning fra et landdeponi med Sulitjelmaavgang er høy.

6 Referanser

- Parkhurst, D. and Apello, C.A.J. 2016, Description of input and examples for PHREEQC version 3: a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. Techniques and methods 6-A43. www.pubs.er.usgs.gov/ <https://doi.org/10.3133/tm6A43>
- Cowi (2016a) Prøvetaking Øvervatnet og Nervatnet i Sulitjelma juni 2016 Prosjektnr: A079346
- Cook, N, Halls, C., and Kaspersen, P., 1990, The Geology of the Sulitjelma Ore Field, Northern Norway - Some New Interpretations. *Economic Geology*, 85(1988), pp.1720–1737.
- M-608 – 2016, Miljødirektoratet. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota.
- Maurice, P. A., 2009: Environmental surfaces, and interface from nanoscale to global scale, Wiley,
- Norconsult AS, 2015: Områderegulering med konsekvensutredning for ny drift i Sulitjelma gruver. Utslipp til vann. Rapport 5134749 fra 16.3.2015. 100 pp
- Nilsen, Kjell. 2018: Tunnel vurdering Rupsi. Promin AS rapport laget for Nye Sulitjelma Gruver. 6pp.TA2715, 2010: Bergverk og avgangsdeponering, status, miljøutfordringer og kunnskapsbehov. Miljødirektoratet – Klif rapportserie. 109 pp.
- SGS, 2019: The flotation of a sample from Sulitjelma mine, Rapport laget for SARB Consulting. 14 pp
- Stopa, R., Tinsley, M., Embile, R., and Walder, I.F., Characterization of waste rocks in the Sulitjelma VMS mining district, Norway. Abstract for poster at the SME Annual, meeting Minneapolis, MN. Feb. 2018
- Stopa, F. 2018: Characterisation of waste rocks in the Sulitjelma mining district, Northern Norway. MSc thesis, New Mexico Tech. Socorro NM, USA. 123 pp.
- Walder, I.F. 2014: Sub-sea tailings deposition evaluation guideline – prSN/TR-9432. Norsk Bergindustri, Report No 2. 110 pp.
- Walder, I.F., Stopa, F, Clark, A., Tinsley, M., Embile, R.F., and Donatelli, J., 2017: Metal leaching from the Sulitjelma VMS mining district, Norway, 2017: Abstract for Norwegian Geol. Soc. Winter meeting, January 2017
- Stopa, F. 2018: Characterization of waste rock in the Sulitjelma mining district, Northern Norway. MSc thesis, New Mexico Institute of Mining and Technology, Socorro, NM, USA. 209 pp.

VEDLEGG 1: KJEMISKE DATA AV INNGÅENDE MALM

Analyte	Scheme	Detection Limit	Unit	Assays
Cu	GO_ICP90Q	0.01	%	3.22
Cu	GC_ICP93A	40	g/t	34387
Zn	GO_ICP95A	5	ppm	4110
Zn	GC_ICP93A	300	g/t	4987
Fe	GO_ICP90Q	0.05	%	33
S	GC_CSA06V	0.01	%	35.4
Ag	GC_ICP93A	200	g/t	<200
Al	GC_ICP93A	400	g/t	22915
As	GC_ICP93A	1200	g/t	<1200
Ba	GC_ICP93A	3	g/t	69
Be	GC_ICP93A	0.8	g/t	<0.8
Bi	GC_ICP93A	400	g/t	<400
Ca	GC_ICP93A	800	g/t	11499
Cd	GC_ICP93A	40	g/t	<40
Co	GC_ICP93A	200	g/t	<200
Cr	GC_ICP93A	40	g/t	148
Fe	GC_ICP93A	500	g/t	317994
K	GC_ICP93A	400	g/t	4414
Li	GC_ICP93A	800	g/t	<800
Mg	GC_ICP93A	30	g/t	13419
Mn	GC_ICP93A	20	g/t	324
Mo	GC_ICP93A	300	g/t	<300
Ni	GC_ICP93A	300	g/t	<300
Pb	GC_ICP93A	800	g/t	<800
Sb	GC_ICP93A	400	g/t	<400
Se	GC_ICP93A	2000	g/t	<2000
Sn	GC_ICP93A	800	g/t	<800
Sr	GC_ICP93A	10	g/t	40
Ti	GC_ICP93A	8	g/t	2244
Tl	GC_ICP93A	2000	g/t	<2000
V	GC_ICP93A	80	g/t	<80
Y	GC_ICP93A	8	g/t	<8
Al ₂ O ₃	GO_ICP95A	0.01	%	4.85
Ba	GO_ICP95A	0.001	%	0.006
CaO	GO_ICP95A	0.01	%	1.78
Cr ₂ O ₃	GO_ICP95A	0.01	%	0.03
Fe ₂ O ₃	GO_ICP95A	0.01	%	21.7
K ₂ O	GO_ICP95A	0.01	%	0.55
MgO	GO_ICP95A	0.01	%	2.48
MnO	GO_ICP95A	0.01	%	0.04
Na ₂ O	GO_ICP95A	0.01	%	1.13
Nb	GO_ICP95A	0.001	%	<0.001
P ₂ O ₅	GO_ICP95A	0.01	%	0.37
SiO ₂	GO_ICP95A	0.01	%	13.4
Sr	GO_ICP95A	0.001	%	0.005
TiO ₂	GO_ICP95A	0.01	%	0.39
Y	GO_ICP95A	0.001	%	0.002
Zr	GO_ICP95A	0.001	%	0.007

VEDLEGG 2, KREC ANALYSEDATA FRA LAKINGS-EKSPERIMENTER

Page 2

Report Data

KJØYRESEARCH & EDUCATION CENTER, OFFERSØYVN. 12, 3412 ESTBYGD

SULITJELMA TEACHING

SAMPLE NAME	KREC LAB#	DATE	TIME	PH	EH	TDS	Conduc.	Alk 4	Alk 5	Sulfate
Ti-Sul-L-1-01	11897	19.07.2019	19:00	6.52	302	770	1539	0.5	0.5	890
Ti-Sul-L-2-01	11898	19.07.2019	19:20	6.44	298	816	1632	0.35	0.4	1019
Ti-Sul-L-1-02	11899	19.07.2019	22:00	6.56	262	805	1611	0.53	0.53	979
Ti-Sul-L-2-02	11900	19.07.2019	22:00	6.58	246	806	1613	0.39	0.43	1002
Ti-Sul-L-1-03	11901	21.07.2019	10:00	6.68	317	819	1639	0.75	0.75	940
Ti-Sul-L-2-03	11902	21.07.2019	10:00	6.72	280	804	1607	0.43	0.43	1006
Ti-Sul-L-1-04	11909	22.07.2019	18:00	6.39	297	1004	2000	0.57	0.64	907
Ti-Sul-L-2-04	11910	22.07.2019	18:00	6.82	295	796	1592	0.51	0.56	984
Ti-Sul-L-1-05	11920	24.07.2019	12:00	5.29	335	1205	2410	0.37	0.46	1167
Ti-Sul-L-2-05	11921	24.07.2019	12:15	7.11	305	801	1603	0.79	0.89	2273
Ti-Sul-L-1-06	11946	28.07.2019	16:00	6.66	276	2200	4400	0.72	0.89	2021
Ti-Sul-L-2-06	11947	28.07.2019	16:15	7.33	263	801	1601	1.03	1.19	1913
Ti-Sul-L-1-07	11960	01.08.2019	15:00	6.58	91	1177	2350	1.13	1.21	1795
Ti-Sul-L-2-07	11961	01.08.2019	15:15	7.62	126	785	1570	1.21	1.29	2052
Ti-Sul-L-1-08	11967	05.08.2019	20:15	7.06	265	1159	2320	1.41	1.41	1984
Ti-Sul-L-2-08	11968	05.08.2019	20:30	7.53	222	799	1597	1.14	1.31	1922
Ti-Sul-L-1-09	11969	22.08.2019	15:55	7.03	267	874	1749	1.13	1.24	2046
Ti-Sul-L-2-09	11970	22.08.2019	16:00	7.34	307	864	1728	1.11	1.28	2003
Ti-Sul-L-1-10	11971	30.08.2019	8:15	6.09	258	886	1773	0.87	0.87	1063
Ti-Sul-L-2-10	11972	30.08.2019	8:30	7.41	215	842	1685	0.98	1.06	1026
Ti-Sul-L-1-11	11986	19.09.2019	15:55	7.11	296	959	1919	0.88	0.88	
Ti-Sul-L-2-11	11987	19.09.2019	16:00	7.64	286	925	1850	0.75	0.88	
Ti-Sul-L-1-12	12031	14.10.2019		7.16	248	860	1724	0.61	0.73	
Ti-Sul-L-2-12	12032	14.10.2019		7.42	245	830	1661	0.71	0.85	
Ti-Sul-L-1-13	12261	11.11.2019	16:00	6.82	312	975	1950	0.46	0.57	

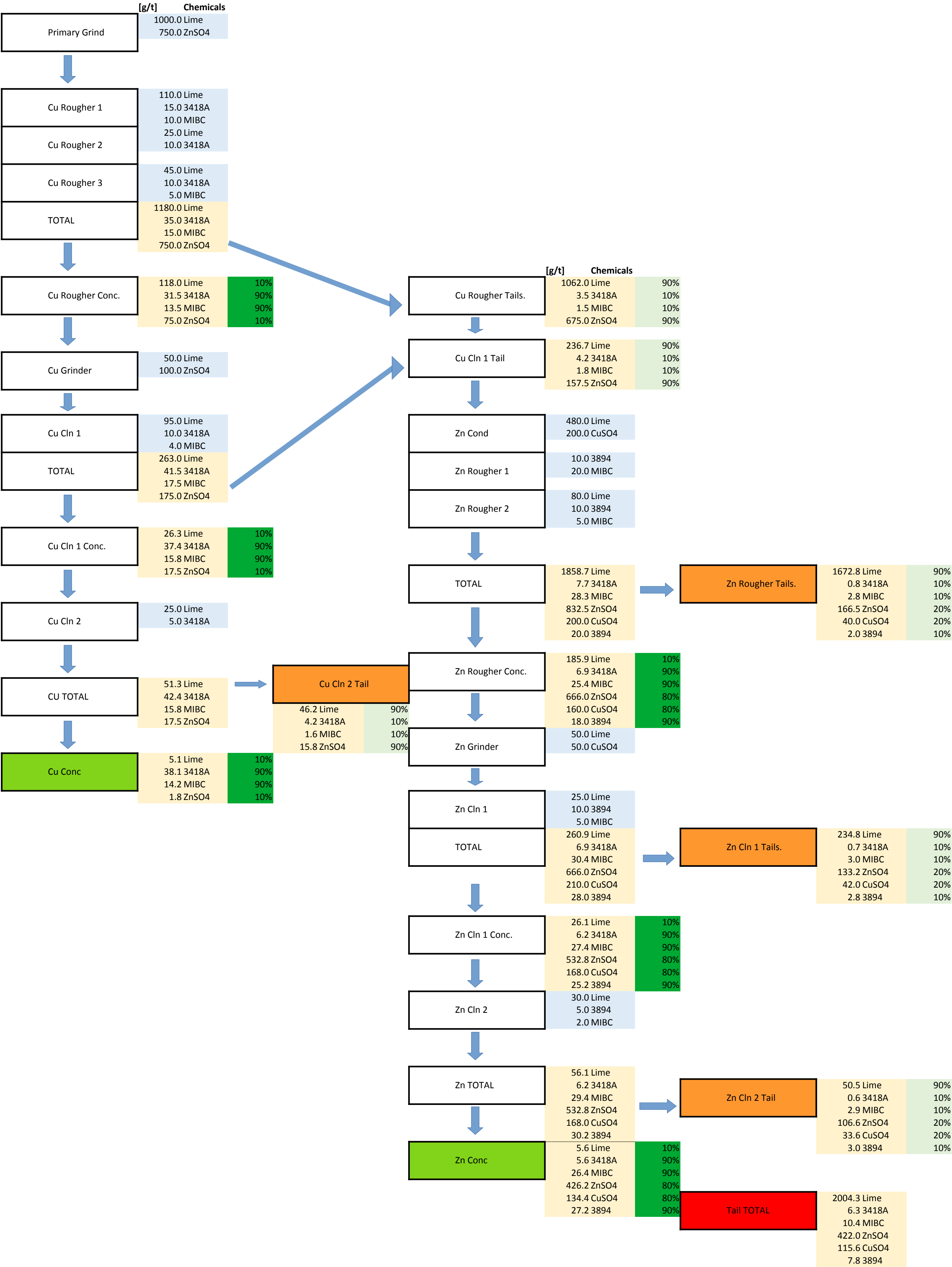
Ti-Sul-L-2-13	12262	11.11.2019	16:00	6.62	249	987	1973	0.32	0.41
Ti-Sul-L-1-14	12360	09.12.2019	16:00	7.7	310	851	1703	0.51	0.67
Ti-Sul-L-2-14	12361	09.12.2019	16:00	6.85	248	806	1612	0.43	0.57
Wa-Sul-01-19	11896	19.07.2019	16:00	7.22	221	19.9	39.8	0.63	0.63
Wa-Sul-01-19	11973	30.08.2019	11:00	7.05	229	22.5	44.9	0.25	0.29
Ti-SUL-WaterInput	12263	11.11.2019	16:00	7.84	289	75.1	150	0.22	0.28
WL-Sul-01-D-9.6	12126	15.10.2019	9:30	6.91	308	48	96.1	0.17	0.21
WL-Sul-02-D-19.45	12127	15.10.2019	9:50	7.19	300	19.7	39.4	0.17	0.2
WL-Sul-03-D-14.5	12128	15.10.2019	10:10	6.92	313	17.1	34.3	0.2	0.21
WL-Sul-04-D-31.35	12129	15.10.2019	10:30	6.96	289	16.8	33.6	0.17	0.21

VEDLEGG 3, KREC LANGAVATN PROFILDATA

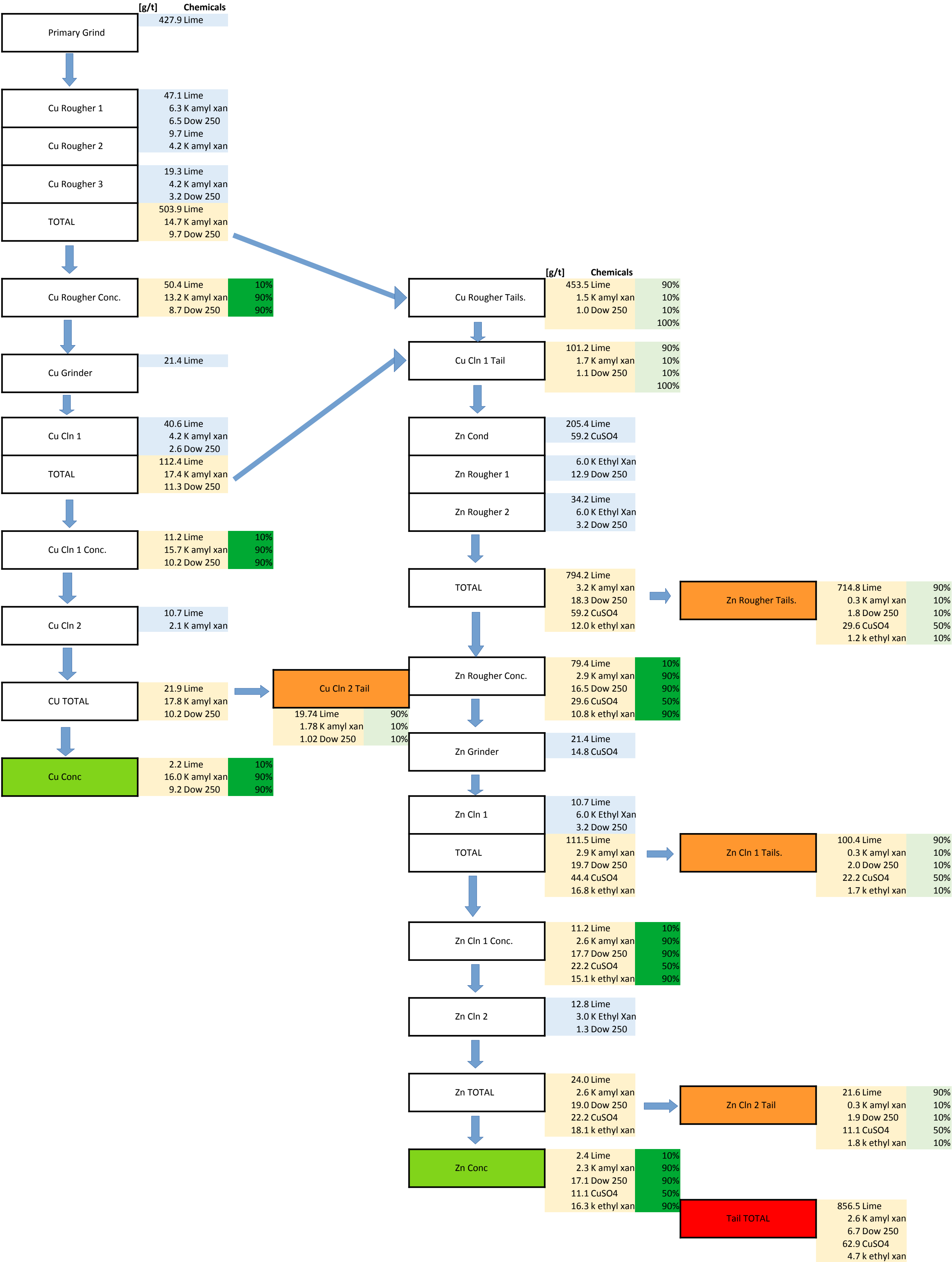
VEDLEGG 4, ALS ANALYSEDATA FRA LAKINGS-EKSPERIMENTER

Vedlegg B - Calculation Flowcharts

Calculation flowchart for SGS flotation Test



Calculation flowchart



Vedlegg C – MSDS Dow 250

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Page 1 of 4

PRINT DATE: 27.04.2006

REVISION DATE: October 98

1. IDENTIFICATION OF THE PRODUCT AND COMPANY

Product Name: DOWFROTH* 250 FLOTATION FROTHER

Manufacturer: Dow Deutschland Inc.

Company: Nasaco International LLC
Petite Rue 3
1304 Cossonay
Switzerland

Emergency telephone No.: + 41 21 863 0310 **Fax:** + 41 21 863 0311
+ 49 7244 706094 + 49 7244 5038
Dow: + 31 115 694 982 (Ask for medical department)

2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Identification of the preparation:

	Symbol	CAS #	EINECS #
Polypropylene glycol methyl ether	Xn; R22-36	037286-64-9	Polymer

3. HAZARDS IDENTIFICATION

Harmful if swallowed. Irritating to eyes. This product is not hazardous to the environment according to EU criteria.

4. FIRST AID MEASURES

Never give fluids or induce vomiting if patient is unconscious or is having convulsions

Inhalation: Remove to fresh air. If not breathing, give artificial respiration. If breathing is difficult, oxygen should be administered by qualified personnel. Call a physician or transport to medical facility

Skin Contact: Wash off in flowing water or shower

Eye Contact: Irrigate with flowing water immediately and continuously for 15 minutes. Consult medical personnel.

Ingestion: Induce vomiting if large amounts are ingested. Consult medical personnel

Note to Physician: No specific antidote. Supportive care. Treatment based on judgement of the physician in response to reactions of the patient.

5. FIRE FIGHTING MEASURES

Suitable extinguishing media: Water fog, carbon dioxide, alcohol resistant foam, dry chemical

Hazardous Combustion Products: None known. Complete combustion will give carbon dioxide and water

Special protective equipment: Wear positive pressure self-contained breathing apparatus and protective fire-fighting clothing (includes fire-fighting helmet, coat, trousers, boots and gloves)

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

- Personal precautions:** Wear appropriate safety clothing (see Section 8)
- Environmental precautions:** Prevent contamination of surface and groundwater
- Methods for cleaning up:** Small spills: Soak up with absorbent material and place in container for disposal
Large spills: Dike and pump into appropriate containers

7. HANDLING AND STORAGE

- Handling:** Avoid eye and skin contact
- Storage:** Do not store in full sunlight. Keep unused containers sealed

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

- Exposure guidelines:** None established
- Engineering measures to Reduce exposure:** Good general ventilation should be sufficient. Local exhaust may be necessary for some operations
- Personal protection equipment:**
- Respiratory protection:** For most conditions, no respiratory protection should be needed; however, in misty atmospheres use an approved mist respirator. If respiratory irritation is experienced, use an approved air-purifying respirator.
 - Skin protection:** When prolonged or frequently repeated contact could occur, use protective clothing impervious to this material. Selection of specific items, such as: gloves, boots, apron or full body suit will depend on operation
 - Eye/Face Protection:** Use chemical goggles
- Hygiene measures:** Wash contaminated clothing before reuse. Wash before eating

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Form:	Clear liquid
Colour:	Amber to brown
Odour:	Ethereal
pH:	not determined
Boiling point/range (°C):	282
Freezing point/range (°C):	-50
Flash point (°C):	143 (PMCC)
Autoignition temperature (°C):	not determined
Flammability:	not determined
Vapour pressure (mbar):	<0.01
Density (g/cm³ @25°C):	0.97
Water solubility:	miscible in all proportions
LogP (octanol/water)	see Section 12

10. STABILITY AND REACTIVITY

Conditions to avoid:	Stable under normal handling and storage conditions
Materials to avoid:	Oxidising agents

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION**Acute toxicity**

- **Oral:** Single dose oral toxicity is low. The oral LD₅₀ female rat is between 1260 and 2520mg/kg. Small amounts swallowed incidental to normal handling operations are not likely to cause injury; swallowing large amounts may cause injury.
- **Dermal:** A single prolonged exposure is not likely to result in material being absorbed through the skin in harmful amounts. Prolonged exposure to very large amounts of the component(s) in this mixture may cause drowsiness.
- **Inhalation:** Signs and symptoms of excessive exposure may be anaesthetic or narcotic effects

Irritation

- **Skin:** Prolonged or repeated exposure is not likely to cause significant skin irritation
- **Eyes:** May cause moderate eye irritation. May cause moderate corneal injury
- **Inhalation** Excessive exposure may cause irritation to upper respiratory tract and lungs

Developmental/Reproductive Effects Birth defects are unlikely. Exposures having no effect on the mother should have no effects on the foetus

Other Information Repeated excessive exposure may cause liver and possibly kidney effects

12. ECOLOGICAL INFORMATION

- Mobility and bioaccumulation potential:** Log octanol/water partition coefficient (log Pow) is estimated to be <3. Based on actual testing and data for similar material
- Degradation:** Biodegradation reached in Closed Bottle test after 20 days: 8.5%. Material is not readily biodegradable according to OECD/EU guidelines
- Aquatic toxicity:** Acute LC₅₀ for fathead minnow (*Pimephales promelas*) is > 100mg/l. Material is expected not to be harmful to aquatic organisms (LC₅₀/EC₅₀/IC₅₀ greater than 100mg/l)

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

- Waste from residues/unused products:** Incinerate under controlled conditions according to local and national regulations
- Contaminated packaging:** Remove remaining waste products adhering to the container walls. Remove hazard labelling. Dispose of in accordance with local and national regulations

14. TRANSPORT INFORMATION

- Remarks:** The product is not classified for any mode of transport

15. REGULATORY INFORMATION**Inventory Status:**

EINECS (Europe): Existing polymer according to the definition in the 7th Amendment to Directive 67/548/EEC and all starting materials and additives are listed in EINECS

Hazard Symbol: Xn – Harmful

Risk Phrases: R(22) Harmful if swallowed
R(36) Irritating to eyes

Safety Phrases S(24) Avoid contact with skin
S(25) Avoid contact with eyes

Chemical name: Polypropylene glycol methyl ether

16. OTHER INFORMATION

No other information

The information provided in this Safety Data Sheet is correct to the best of our knowledge, information and belief at the date of its publication. The information given is designed only as a guidance for safe handling, use, processing, storage, transportation, disposal and release, and is not to be considered a warranty or quality specification. The information relates only to the specific material designated and may not be valid for such material used in combination with any other materials or in any process unless specified in the text.

Vedlegg D – MSDS 3418A



SDS: 0001787
Date Prepared: 10/25/2016

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

1. CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

Product Name: AEROPHINE® 3418A Promoter
Synonyms: None
Product Description: Modified dithiophosphinate
Intended/Recommended Use: Mining chemical

Supplied By: CYTEC CANADA INC., 9061 GARNER ROAD
NIAGARA FALLS, ONTARIO, CANADA L2H 0Y2 1-905/356-9000

Manufactured By: CYTEC CANADA INC., GARNER ROAD, NIAGARA FALLS, ONTARIO, CANADA L2H 0Y2
PHONE: 905/356-9000

EMERGENCY PHONE (24 hours/day) - For emergency only involving spill, leak, fire, exposure or accident call:

Asia Pacific:

Australia - +61-3-9663-2130 or 1800-033-111 (IXOM)
China (PRC) - +86 0532 83889090 (NRCC)
New Guinea - +61-3-9663-2130 or 1800-033-111
New Zealand - +61-3-9663-2130 or 0800-734-607 (IXOM)
India, Japan, Korea, Malaysia, Thailand - +65 3158 1074 (Carechem24 Singapore)
India (Hindi Speaking Only) - +65 3158 1198 or 000800 100 7479 (Carechem24 Singapore)

Canada: +1-905-356-8310 (Cytec Welland, Canada plant)

Europe/Africa/Middle East (Carechem24 UK):

Europe, Middle East, Africa, Israel - +44 (0) 1235 239 670
(Arabic speaking countries) - +44 (0) 1235 239 671

Latin America:

Brazil - 0800 7077 022 (SUATRANS)
Chile - +56-2-2-247-3600 (CITUC QUIMICO)
All Others - +52-376-73 74122 (Cytec Atequiza, Mexico plant)

USA: +1-703-527-3887 or 1-800-424-9300 (CHEMTREC #CCN6083)

The ® indicates a Registered Trademark in the United States and the ™ indicates a trademark in the United States. The mark may also be registered, subject of an application for registration, or a trademark in other countries.

2. HAZARDS IDENTIFICATION

EMERGENCY OVERVIEW

APPEARANCE AND ODOR:

Color: colorless to light yellow
Appearance: liquid
Odor: odorless

STATEMENTS OF HAZARD:

DANGER! CAUSES EYE BURNS
MAY CAUSE ALLERGIC SKIN REACTION

POTENTIAL HEALTH EFFECTS

EFFECTS OF EXPOSURE:

The acute oral (rat) LD50 and dermal (rabbit) LD50 values are >2000 mg/kg and >2000, respectively. Direct contact with this material may cause severe eye and minimal skin irritation. Repeated or prolonged dermal contact may cause allergic skin reactions. Treatment with this product, by oral gavage, to male and female rats in a 28-day repeated dose toxicity study with a reproductive/developmental toxicity screening assay at doses levels of 30, 100 and 300 mg/kg of body weight/day resulted in parental and developmental toxicity at 300 mg/kg/day. Therefore, the Parental/Developmental NOAEL is 100 mg/kg/day and the Reproduction NOAEL is >300 mg/kg/day. This material was not mutagenic in the Ames assay or the Mouse Lymphoma assay and not clastogenic in the Human Lymphocyte Metaphase assay. Contact with acid may cause liberation of hydrogen sulfide. Hydrogen sulfide has a strong rotten-egg odor, however, some people are unable to smell the gas and exposure will deaden the sense of smell. Therefore, odor is an unreliable indicator of exposure. Overexposure to hydrogen sulfide gas may cause severe eye or respiratory tract irritation, rapid development of coma and respiratory failure. Low levels of hydrogen sulfide may cause headache, dizziness, staggering gait, neurological damage and gastritis. Refer to Section 11 for toxicology information on the regulated components of this product.

3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

WHMIS REGULATED COMPONENTS

Component / CAS No.	%	Carcinogen
Sodium diisobutyl-dithiophosphate 13360-78-6	50 - 52	Not applicable
Triisobutylphosphine sulphide 3982-87-4	0 - 1.6	Not applicable

Concentrations are expressed as % wt/wt.

4. FIRST AID MEASURES

Inhalation:

Remove to fresh air. If breathing is difficult, give oxygen. Obtain medical advice if there are persistent symptoms.

Skin Contact:

Wash immediately with plenty of water and soap. Remove contaminated clothing and shoes without delay. Obtain medical attention. Do not reuse contaminated clothing without laundering. Destroy or thoroughly clean shoes before reuse.

Eye Contact:

Rinse immediately with plenty of water for at least 15 minutes. Obtain medical attention immediately.

Ingestion:

If swallowed, call a physician immediately. Only induce vomiting at the instruction of a physician. Never give anything by mouth to an unconscious person.

MOST IMPORTANT SYMPTOMS AND EFFECTS, BOTH ACUTE AND DELAYED

None known

Notes To Physician:

No specific measures have been identified.

5. FIRE-FIGHTING MEASURES

Suitable Extinguishing Media:

Use water spray, alcohol foam, carbon dioxide or dry chemical to extinguish fires.

Protective Equipment:

Firefighters, and others exposed, wear self-contained breathing apparatus. Wear full firefighting protective clothing. Use approved air-supplied full face respirator. See MSDS Section 8 (Exposure Controls/Personal Protection).

Special Hazards:

Sulfur dioxide or hydrogen sulfide may be formed under fire conditions. Do not flush to sewer which may contain acid. This could result in generation of toxic and flammable hydrogen sulfide.

Mechanical/Static Sensitivity Statements:

None

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal precautions:

Where exposure level is not known, wear approved, positive pressure, self-contained respirator. Where exposure level is known, wear approved respirator suitable for level of exposure. In addition to the protective clothing/equipment in Section 8 (Exposure Controls/Personal Protection), wear impermeable boots.

Methods For Cleaning Up:

Cover spills with some inert absorbent material; sweep up and place in a waste disposal container. Flush spill area with water.

Environmental Precautions:

Use appropriate containment to avoid environmental contamination.

Precautionary measures to prevent the occurrence of secondary hazards:

In the case of secondary disasters, eliminate all the ignition sources, prevent spills from entering sewers.

7. HANDLING AND STORAGE

HANDLING

Precautionary Measures: Do not get in eyes, on skin or on clothing. Wash thoroughly after handling.

Special Handling Statements: To avoid product degradation and equipment corrosion, do not use iron, copper or aluminum containers or equipment. Large quantities of undiluted product should not be mixed with acids, since evolution of toxic and flammable hydrogen sulfide could result. In particular, precautions must be taken to avoid the accidental discharge of large volumes of the product in acid storage tanks or any tank or containment containing acidic materials. This precaution does not, of course, apply to addition of this reagent to flotation pulps in amounts customarily used in flotation, where the reagent amounts are small and instantly diluted to concentrations well below the solubility limits.

STORAGE

Store in accordance with local, state, and federal regulations.

Storage Temperature: Room temperature

Reason: Quality.

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

Engineering Measures:

Utilize a closed system process where feasible. Where this material is not used in a closed system, good enclosure and local exhaust ventilation should be provided to control exposure when spraying or curing at elevated temperatures.

Respiratory Protection:

Where exposures are below the established exposure limit, no respiratory protection is required. Where exposures exceed the established exposure limit, use respiratory protection recommended for the material and level of exposure.

Eye Protection:

Prevent eye and skin contact. Provide eye wash fountain and safety shower in close proximity to points of potential exposure. Wear eye/face protection such as chemical splash proof goggles or face shield.

Skin Protection:

Prevent contamination of skin or clothing when removing protective equipment. Barrier creams may be used in conjunction with the gloves to provide additional skin protection. Wear impermeable gloves and suitable protective clothing.

Hand Protection:

Wear impermeable gloves. Replace gloves immediately when torn or any change in appearance (dimension, colour, flexibility etc) is noticed. Barrier creams may help to protect the exposed areas of the skin, they should however not be applied once exposure has occurred.

Additional Advice:

Food, beverages, and tobacco products should not be carried, stored, or consumed where this material is in use. Before eating, drinking, or smoking, wash face and hands thoroughly with soap and water.

Exposure Limit(s)

No values have been established.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Color:	colorless to light yellow
Appearance:	liquid
Odor:	odorless
Odor Threshold:	Not available
Boiling Point:	106 °C 223 °F
Melting Point:	~-12 °C 10.4 °F (freezing point)
Vapor Pressure:	17.5mm Hg @ 20 °C (value for water)
Specific Gravity/Density:	1.07@ 25°C
Vapor Density:	Not applicable
Percent Volatile (% by wt.):	~50(water)
pH:	9.0 - 11.0
Saturation In Air (% By Vol.):	Not applicable
Evaporation Rate:	Not applicable
Solubility In Water:	Complete
Volatile Organic Content:	Not available
Flash Point:	>93 °C 200 °F Pensky-Martens Closed Cup
Flammability (solid, gas):	Not available
Flammable Limits (% By Vol):	Not applicable
Autoignition (Self) Temperature:	437 °C 819 °F
Decomposition Temperature:	>350 °C 662 °F
Partition coefficient (n-octanol/water):	Not applicable
Viscosity (Kinematic):	Not available
Viscosity (Dynamic):	16.6 @ 25 °C

DUST HAZARD INFORMATION

Particle Size (microns):	Not applicable
Kst (bar-m/sec):	Not applicable
Maximum Explosion Pressure (Pmax):	Not applicable
Dust Class:	Not applicable
Minimum Ignition Energy (MIE) (mJ):	Not applicable
Minimum Ignition Temperature (MIT) (°C):	Not applicable
Minimum Explosive Concentration (MEC) (g/m³):	Not applicable
Limiting Oxygen Concentration (LOC) (%):	Not applicable

10. STABILITY AND REACTIVITY

Reactivity:	No information available
Stability:	Stable
Conditions To Avoid:	Contact with strong acids may generate toxic and flammable sulfur gases.
Polymerization:	Will not occur
Conditions To Avoid:	None known
Materials To Avoid:	Strong mineral acids and strong oxidizing agents.
Hazardous Decomposition Products:	Carbon dioxide Thermal decomposition or combustion may produce: Carbon monoxide (CO) Oxides of sulfur (includes sulfur di and tri oxides)

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Toxicological information for the product is found under Section 2. HAZARDS IDENTIFICATION.
Toxicological information on the regulated components of this product is as follows:

Sodium diisobutyl-dithiophosphinate has an acute oral and dermal LD50 values of >2,000 mg/kg. Direct contact may cause severe eye and minimal skin irritation. This substance was a moderate sensitizer in a LLNA study in mice. Treatment with this substance, by oral gavage, to male and female rats in a 28-day repeated dose toxicity study with a reproductive/developmental toxicity screening assay at dose levels of 30, 100 and 300 mg/kg of body weight/day resulted in parental and developmental toxicity at 300 mg/kg/day. Therefore, the Parental/Developmental NOAEL is 100 mg/kg/day and the Reproduction NOAEL is >300 mg/kg/day. Sodium diisobutyl-dithiophosphinate has was not mutagenic in the Ames assay or the Mouse Lymphoma assay and not clastogenic in the vitro Chromosomal Aberrations Assay.

Triisbutylphosphine sulfide has acute oral (rat), acute dermal (rabbit) and an estimated 4-hour inhalation (dust/mist) LD/LC50 value of >2000 mg/kg, >2000 mg/kg and > 5 mg/L, respectively. Direct contact with this material may cause moderate eye and moderate skin irritation. Contact with this substance is not expected to produce dermal sensitization. Triisbutylphosphine sulfide was not mutagenic in the Ames assay.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

This material is readily biodegradable. The ecological assessment for this product is based on actual test data derived on the formulation.

ECOTOXICITY

ALGAE TEST RESULTS

Test: Growth Inhibition (OECD 201)

Duration: 96 hr

Species: Green Algae (*Selenastrum capricornutum*)

NOEC: 20 mg/L

35.1 mg/l EbC50

115 mg/l ErC50

FISH TEST RESULTS

Test: Acute toxicity, freshwater (OECD 203)

Duration: 96 hr.

Species: Bluegill Sunfish (*Lepomis macrochirus*)
375 mg/l LC50

INVERTEBRATE TEST RESULTS

Test: Acute Immobilization (OECD 202)

Duration: 48 hr

Species: Water Flea (*Daphnia magna*)
149 mg/l EC50

BIOACCUMULATIVE POTENTIAL

Not available

PERSISTENCE AND DEGRADABILITY

DEGRADATION

Test: Closed Bottle (OECD 301D)

Duration: 28 day **Procedure:** Ready biodegradability
78.8 %

MOBILITY IN SOIL

Not available

OTHER ADVERSE EFFECTS

HAZARD TO THE OZONE LAYER

Not available

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

The Company encourages the recycle, recovery and reuse of materials, where permitted, as an alternative to disposal as a waste. The Company recommends that organic materials classified as hazardous waste according to the relevant local or national regulations be disposed of by thermal treatment or incineration at approved facilities. All local and national regulations should be followed.

14. TRANSPORT INFORMATION

This section provides basic shipping classification information. Refer to appropriate transportation regulations for specific requirements.

US DOT

Dangerous Goods? Not applicable/Not regulated

TRANSPORT CANADA

Dangerous Goods? Not applicable/Not regulated

ICAO / IATA

Dangerous Goods? Not applicable/Not regulated

IMO

Dangerous Goods? Not applicable/Not regulated

15. REGULATORY INFORMATION

This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the Controlled products Regulations and this Material Safety Data Sheet contains all the information required by the Controlled Products Regulations.

WHMIS CLASSIFICATION:

Class D2B Toxic

Inventory Information

United States (USA): All components of this product are included on the TSCA Chemical Inventory or are not required to be listed on the TSCA Chemical Inventory.

Canada: All components of this product are included on the Domestic Substances List (DSL) or are not required to be listed on the DSL.

European Economic Area (including EU): When purchased from a Cytec legal entity based in the EU, this product is compliant with the registration of the REACH Regulation (EC) No. 1907/2006 as all its components are either excluded, exempt, pre-registered and/or registered.

Australia: All components of this product are included in the Australian Inventory of Chemical Substances (AICS) or are not required to be listed on AICS.

China: All components of this product are included on the Chinese inventory or are not required to be listed on the Chinese inventory.

Japan: One or more components of this product are NOT included on the Japanese (ENCS) inventory.

Korea: All components of this product are included on the Korean (ECL) inventory or are not required to be listed on the Korean inventory.

Philippines: All components of this product are included on the Philippine (PICCS) inventory or are not required to be listed on the Philippine inventory.

Taiwan: One or more components of this product are NOT included on the Taiwan Chemical Substance Inventory (TCSI).

16. OTHER INFORMATION

NFPA Hazard Rating (National Fire Protection Association)

Health: 3 - Materials that, under emergency conditions, can cause serious or permanent injury.

Fire: 1 - Materials that must be preheated before ignition can occur.

Instability: 0 - Materials that in themselves are normally stable, even under fire exposure conditions.

Reasons For Issue:

Revised Section 1

Date Prepared: 10/25/2016

Date of last significant revision: 09/12/2016

Prepared By: Legal & Compliance Services; E-mail: custinfo@cytec.com; Phone: 973-357-3100
10/25/2016

This information is given without any warranty or representation. We do not assume any legal responsibility for same, nor do we give permission, inducement, or recommendation to practice any patented invention without a license. It is offered solely for your consideration, investigation, and verification. Before using any product, read its label.

Vedlegg E – MSDS 3894



Technology ahead of its time™

MSDS: 0003480
Date: 06/29/2005
Supersedes: 06/24/2005

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

1. CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

Product Name: **AERO® 3894 Promoter**
Synonyms: None
Chemical Family: Thionocarbamate
Molecular Formula: Mixture
Molecular Weight: Mixture

CYTEC INDUSTRIES INC., FIVE GARRET MOUNTAIN PLAZA, WEST PATERSON, NEW JERSEY 07424, USA
For Product Information call 1-800/652-6013. Outside the USA and Canada call 1-973/357-3193.
EMERGENCY PHONE: For emergency involving spill, leak, fire, exposure or accident call CHEMTREC: 1-800/424-9300. Outside the USA and Canada call 1-703/527-3887.

® indicates trademark registered in the U.S. Outside the U.S., mark may be registered, pending or a trademark. Mark is or may be used under license.

2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

OSHA REGULATED COMPONENTS

Component / CAS No.	% (w/w)	OSHA (PEL):	ACGIH (TLV)	Carcinogen
Isopropylethyl thionocarbamate 141-98-0	88 - 94	Not established	Not established	-
Isopropanol 67-63-0	2 - 5	400 ppm (TWA) 980 mg/m ³ (TWA)	200 ppm (TWA) 400 ppm (STEL)	-

3. HAZARDS IDENTIFICATION

EMERGENCY OVERVIEW

APPEARANCE AND ODOR:

Color: colorless to straw
Appearance: liquid
Odor: characteristic

STATEMENTS OF HAZARD:

CAUTION! COMBUSTIBLE LIQUID AND VAPOR
MAY CAUSE ALLERGIC SKIN REACTION

POTENTIAL HEALTH EFFECTS

EFFECTS OF EXPOSURE:

The estimated acute oral (rat) LD50, acute dermal (rabbit) LD50 and 4-hour inhalation (rat) LC50 values for this material are 2,324 mg/kg, >2,000 mg/kg and 20 mg/l, respectively. Direct contact with this material may cause mild eye and skin irritation. This material was weakly sensitizing to the skin of guinea pigs. Refer to Section 11 for toxicology information on the regulated components of this product.

4. FIRST AID MEASURES

Ingestion:

If swallowed, call a physician immediately. Only induce vomiting at the instruction of a physician. Never give anything by mouth to an unconscious person.

Skin Contact:

Wash immediately with plenty of water and soap. Remove contaminated clothing and shoes without delay. Obtain medical attention. Do not reuse contaminated clothing without laundering. Destroy or thoroughly clean shoes before reuse.

Eye Contact:

Rinse immediately with plenty of water for at least 15 minutes.

Inhalation:

Remove to fresh air. If breathing is difficult, give oxygen. Obtain medical advice if there are persistent symptoms.

5. FIRE-FIGHTING MEASURES

Extinguishing Media:

Use water spray, alcohol foam, carbon dioxide or dry chemical to extinguish fires. Water stream may be ineffective.

Protective Equipment:

Firefighters, and others exposed, wear self-contained breathing apparatus.

Special Hazards:

Keep containers cool by spraying with water if exposed to fire.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal precautions:

Where exposure level is known, wear approved respirator suitable for level of exposure. Where exposure level is not known, wear approved, positive pressure, self-contained respirator. In addition to the protective clothing/equipment in Section 8 (Exposure Controls/Personal Protection), wear impermeable boots.

Methods For Cleaning Up:

Remove sources of ignition. Cover spills with some inert absorbent material; sweep up and place in a waste disposal container. Flush spill area with water.

7. HANDLING AND STORAGE

HANDLING

Precautionary Measures: Keep away from heat and flame. Avoid contact with eyes, skin and clothing. Wash thoroughly after handling.

Special Handling Statements: None

STORAGE

Avoid contact with brass or copper, explosive amides may be formed.

Storage Temperature: Room temperature

Reason: Safety.

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION**Engineering Measures:**

Engineering controls are not usually necessary if good hygiene practices are followed.

Respiratory Protection:

Where exposures are below the established exposure limit, no respiratory protection is required. Where exposures exceed the established exposure limit, use respiratory protection recommended for the material and level of exposure.

Eye Protection:

Wear eye/face protection such as chemical splash proof goggles or face shield.

Skin Protection:

Avoid skin contact. Wear impermeable gloves and suitable protective clothing.

Additional Advice:

Before eating, drinking, or smoking, wash face and hands thoroughly with soap and water.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Color:	colorless to straw
Appearance:	liquid
Odor:	characteristic
Boiling Point:	200 °C 392 °F (decomposes)
Melting Point:	<-4 - °C 24.8 - 32 °F (freezing point)
Vapor Pressure:	Not available
Specific Gravity:	>0.97 - 0.99@ 25 C
Vapor Density:	>1(air = 1)
Percent Volatile (% by wt.):	<8 - 100Includes isopropanol and water
pH:	Not applicable
Saturation In Air (% By Vol.):	Not available
Evaporation Rate:	Negligible
Solubility In Water:	Negligible
Volatile Organic Content:	Not available
Flash Point:	50 °C 122 °F Pensky-Martens Closed Cup
Flammable Limits (% By Vol):	Not available
Autoignition Temperature:	Not available
Decomposition Temperature:	Greater than 150 C (302 F)
Partition coefficient (n-octanol/water):	~2 (Log Pow)
Odor Threshold:	Not available

10. STABILITY AND REACTIVITY

Stability: Stable

Conditions To Avoid: Oxidizing agents, sparks, open flames, heat and acids

Polymerization:	Will not occur
Conditions To Avoid:	Avoid contact with acids, oxidizing agents and heat.
Materials To Avoid:	Strong oxidizers, strong acids, aluminum and copper.
Hazardous Decomposition Products:	carbon monoxide carbon dioxide oxides of sulfur (includes sulfur di and tri oxides) oxides of nitrogen carbonyl sulfide

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Toxicological information for the product is found under Section 3. HAZARDS IDENTIFICATION.
Toxicological information on the regulated components of this product is as follows:

Isopropylethyl thionocarbamate (IPETC) has acute oral (rat) and dermal (rabbit) LD50 values of 2324 mg/kg and >2000 mg/kg, respectively. This material causes mild eye and minimal skin irritation in studies with rabbits. Material tested positive (Guinea pig) for skin sensitization. This material is not expected to be an Ames mutagen based on SAR analysis.

Isopropanol has acute oral (rat) and dermal (rabbit) LD50 values of 5.0 g/kg and 12.8 g/kg, respectively. The 4-hour inhalation LC50 (rat) for isopropanol is >16,000 ppm (40.86 mg/L). Acute overexposure to isopropanol vapor may cause mild irritation of the eyes and respiratory tract. Chronic overexposure to isopropanol vapors may cause central nervous system depression, headaches, dizziness, nausea, and staggered gait. Liquid isopropanol may cause moderate to severe eye irritation. In laboratory animals studies, isopropanol has produced fetotoxic effects at levels that were maternally toxic and developmental effects at levels that were maternally non-toxic, and inhalation exposures that produced reduced fetal weight at non-maternally toxic levels.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Harmful to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.
This material is not readily biodegradable.

ALGAE TEST RESULTS

Test: The Selenastrum capricornutum (Prinz) algal assay bottle test

Duration: 96 hr

Species: Green Algae (Selenastrum capricornutum)
21 mg/l EC50

FISH TEST RESULTS

Test: Acute toxicity, freshwater (OECD 203)

Duration: 96 hr. **Procedure:** Static renewal.

Species: Rainbow Trout (Salmo gairdneri)
50 mg/l LC50

INVERTEBRATE TEST RESULTS

Test: Acute Immobilization (OECD 202)
Duration: 48 hr **Procedure:** Static
Species: Water Flea (*Daphnia magna*)
17 mg/l EC50

DEGRADATION

Test: Biodegradability
Duration: 28 day
<70 % Information based on a structurally
 similar material

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

The information on RCRA waste classification and disposal methodology provided below applies only to the Cytec product, as supplied. If the material has been altered or contaminated, or it has exceeded its recommended shelf life, the guidance may be inapplicable. Hazardous waste classification under federal regulations (40 CFR Part 261 et seq) is dependent upon whether a material is a RCRA 'listed hazardous waste' or has any of the four RCRA 'hazardous waste characteristics.' Refer to 40 CFR Part 261.33 to determine if a given material to be disposed of is a RCRA 'listed hazardous waste'; information contained in Section 15 of this MSDS is not intended to indicate if the product is a 'listed hazardous waste.' RCRA Hazardous Waste Characteristics: There are four characteristics defined in 40 CFR Section 261.21-61.24: Ignitability, Corrosivity, Reactivity, and Toxicity. To determine Ignitability, see Section 9 of this MSDS (flash point). For Corrosivity, see Sections 9 and 14 (pH and DOT corrosivity). For Reactivity, see Section 10 (incompatible materials). For Toxicity, see Section 2 (composition). Federal regulations are subject to change. State and local requirements, which may differ from or be more stringent than the federal regulations, may also apply to the classification of the material if it is to be disposed. Cytec encourages the recycle, recovery and reuse of materials, where permitted, as an alternate to disposal as a waste. Cytec recommends that organic materials classified as RCRA hazardous wastes be disposed of by thermal treatment or incineration at EPA approved facilities. Cytec has provided the foregoing for information only; the person generating the waste is responsible for determining the waste classification and disposal method.

14. TRANSPORT INFORMATION

This section provides basic shipping classification information. Refer to appropriate transportation regulations for specific requirements.

US DOT

Proper Shipping Name: Flammable liquid, n.o.s.
Hazard Class: 3
Packing Group: III
UN/ID Number: UN1993
Transport Label Required: Flammable Liquid
Technical Name (N.O.S.): Contains isopropanol, ethylamine
Hazardous Substances:

<u>Component / CAS No.</u>	<u>Reportable Quantity of Product (lbs)</u>
Ethylamine	16666.67

Comments: Hazardous Substances/Reportable Quantities - DOT requirements specific to Hazardous Substances only apply if the quantity in one package equals or exceeds the product reportable quantity.

TRANSPORT CANADA

Proper Shipping Name: Flammable liquid, n.o.s.
Hazard Class: 3
Packing Group: III
UN Number: 1993
Transport Label Required: Flammable Liquid
Technical Name (N.O.S.): Contains isopropanol

ICAO / IATA

Proper Shipping Name: Flammable liquid, n.o.s.
Hazard Class: 3
Packing Group: III
UN Number: 1993
Transport Label Required: Flammable Liquid
Packing Instructions/Maximum Net Quantity Per Package:
Passenger Aircraft: 309; 60L
Cargo Aircraft: 310; 220L
Technical Name (N.O.S.): Contains isopropanol

IMO

Proper Shipping Name: Flammable liquid, n.o.s.
Hazard Class: 3
UN Number: 1993
Packing Group: III
Transport Label Required: Flammable Liquid
Technical Name (N.O.S.): Contains isopropanol

15. REGULATORY INFORMATION

INVENTORY INFORMATION

United States (USA): All components of this product are included on the TSCA Chemical Inventory or are not required to be listed on the TSCA Chemical Inventory.

Canada: All components of this product are included on the Domestic Substances List (DSL) or are not required to be listed on the DSL.

European Union (EU): All components of this product are included on the European Inventory of Existing Chemical Substances (EINECS) or are not required to be listed on EINECS.

Australia: All components of this product are included in the Australian Inventory of Chemical Substances (AICS) or are not required to be listed on AICS.

China: All components of this product are included on the Chinese inventory or are not required to be listed on the Chinese inventory.

Japan: All components of this product are included on the Japanese (ENCS) inventory or are not required to be listed on the Japanese inventory.

Korea: All components of this product are NOT included on the Korean (ECL) inventory.

Philippines: All components of this product are included on the Philippine (PICCS) inventory or are not required to be listed on the Philippine inventory.

OTHER ENVIRONMENTAL INFORMATION

The following components of this product may be subject to reporting requirements pursuant to Section 313 of CERCLA (40 CFR 372), Section 12(b) of TSCA, or may be subject to release reporting requirements (40 CFR 307, 40 CFR 311, etc.) See Section 13 for information on waste classification and waste disposal of this product.

Component / CAS No.	%	TPQ (lbs)	RQ(lbs)	S313	TSCA 12B
Ethylamine 75-04-7	0 - 0.6	None	100	No	No

PRODUCT HAZARD CLASSIFICATION UNDER SECTION 311 OF SARA

- Acute
- Fire

16. OTHER INFORMATION

NFPA Hazard Rating (National Fire Protection Association)

Health: 2 - Materials that, under emergency conditions, can cause temporary incapacitation or residual injury.

Fire: 2 - Materials that must be moderately heated or exposed to relatively high ambient temperatures before ignition can occur.

Reactivity: 0 - Materials that in themselves are normally stable, even under fire exposure conditions.

Reasons For Issue:	Revised Section 2
	Revised Section 9
	Revised Section 10
	Revised Section 14
	Revised Section 15

Randy Deskin, Ph.D., DABT +1-973-357-3100

This information is given without any warranty or representation. We do not assume any legal responsibility for same, nor do we give permission, inducement, or recommendation to practice any patented invention without a license. It is offered solely for your consideration, investigation, and verification. Before using any product, read its label.
