



SINTEF

SINTEF Industri
Postadresse:
Postboks 4760 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 40005100
info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 919 303 808 MVA

Prosjektnotat

Mineralressurser i Indre Namdal 2

Joma Gruver AS: Oppredningsprosess og kjemikalier

VERSJON

1

DATO

2022-01-28

FORFATTER

Per Helge Høgaas

OPPDRAGSGIVER

Namdal regionråd

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

Narve Nordmelan

PROSJEKTNUMMER

102016113-2

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

13 + 0 bilag

Sammendrag

Malmen som skal prosesseres i anlegget ved Joma Gruver AS er en godt kjent sulfidmalm. Den vanligste separasjonsmetoden for slik malm er flotasjon.

Flotasjon er en våtkjemisk prosess med bruk av overflateaktive kjemikalier. De vanligst brukte kjemikaliene i denne sammenheng er i hovedsak forventet å følge faststoffet og ikke foreligge i vannfasen, men det bør etableres systematikk for oppfølging av vannkvalitet i flotasjonsprosess og avgangshåndtering.

Som en del av prosessutviklingsarbeidet før oppstart bør det vurderes hvilke muligheter som kan finnes for substitusjon av tradisjonelle flotasjonskjemikalier med grønnere alternativer.

UTARBEIDET AV

Per Helge Høgaas

SIGNATUR**GODKJENT AV**

Rannveig Kvande

SIGNATUR**PROSJEKTNOTAT NR**

1

GRADERING

Åpen

COMPANY WITH
MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001 • ISO 14001
ISO 45001



SINTEF

Historikk

VERSJON	DATO	Versjonsbeskrivelse
1	2022-01-28	Endelig



Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	4
2	Prosess ved Joma Gruver	4
	2.1.1 Flotasjon	5
3	Prosesskjemikalier.....	5
	3.1 Flotasjonskjemikalier	5
	3.2 Flokkuleringskjemikalier	6
4	Flotasjon av Joma type malm.....	7
	4.1.1 Flytskjema Joma Gruver	8
	4.2 Vurdering av ulike kjemikalier.....	9
5	Resirkulering av prosessvann.....	10
6	Grønne prosesskjemikalier	11
	6.1 Bakgrunn	11
	6.2 Krav etter forurensingsloven	11
	6.3 Substitusjonsplikten	11
	6.4 Grønne alternativer	12
7	Sammendrag.....	13



1 Innledning

Bluelake Mineral AB¹ er et svenskregistrert selskap med aktivitet innen prosjektutvikling av kobber- og sink malmer i Sverige og Norge.

Hovedprospektene består av svenske Stekenjokk, Levi og norske Joma. Bluelake Minerals mål er å starte gruvedrift på nytt i disse prospektene og anslår at de gjenværende ressursene vil muliggjøre drift i minst 15 år. Det er planlagt gjenoppbygging av det tidligere separasjonsanlegget etter Grong Gruber i Joma for framtidig prosessering av malm fra Joma og Stekenjokk/Levi.

I Norge er det datterselskapet Joma Gruver AS som eier mineralrettighetene i Joma-området. Selskapet er lokalisert i Røyrvik kommune, ca. 35 km øst for Brekkvasselv i Namdalen. Prospektet ligger ca. 60 km sørvest for Stekenjokk i Sverige.

Joma-feltet inneholder blant annet de tidligere forekomstene i Joma og Gjersvik, hvorfra selskapet Grong Gruber AS, i driftsperioden 1972 til 1998 produserte ca. 11,5 millioner tonn malm med et gjennomsnittlig innhold på 1,49 % kobber og 1,45 % sink.

Joma-feltet (ekskludert Gjersvik) er beregnet å inneholde en ytterligere indikert mineralressurs på ca. 5,7 millioner tonn malm med gehalt på 1,55 % kobber og 0,82 % sink. For Jomagruven og nærliggende områder har selskapet innehatt utvinningsrett siden 2017.

For forekomstene Stekenjokk og Levi er det indikert 7,4 millioner tonn malm med gehalt på 1,17 % kobber, 3,01 % sink og 47 gram per tonn sølv.

I tillegg til hovedprospektene er det flere mindre satellittforekomster i form av svenske Jormlien og Ankarvattnet og norske Gjersvik som evt. kan levere tilleggsmalm til anlegget i Joma. Det vil også være naturlig å vurdere om andre norske forekomster i regionen, eks. Skorovas, Skiftesmyr og Godejord kan levere malm til Joma Gruver etter oppstart.

Virksomheten er organisert via det svenske morselskapet Vilhelmina Mineral AB og det 75 % eide norske datterselskapet Joma Gruver AS.

2 Prosess ved Joma Gruver

Den planlagte gruvedriften i Røyrvik skal ta ut og foredle sulfidmalm med hovedsakelig kopper og sink som verdifulle metaller.

Den mest anvendte rensemetoden for slik malm er flotasjon hvor det er nødvendig med bruk av forskjellige typer kjemikalier. Noen av disse kjemikaliene kan følge med vannfasen og være skadelig for flora og fauna dersom de kommer ut i resipienten.

¹ <https://bluelakemineral.com/en/>



2.1.1 Flotasjon

Oppredning av sulfidmalmer ved bruk av flotasjon har tidligere vært gjennomført ved en rekke bergverk i Norge, som eks. ved Grong Gruber, Tverrfjell, Follidal, Orkla, Sulitjelma, Bleikvassli, Mofjell, Killingdal og Repparfjord.

Flotasjonsprosessen er vår mest anvendbare skilleprosess. Prinsipielt kan den benyttes for alle mineraler. Kornstørrelsesområdet for god separasjon er fra 3 til 300 μm for vanlige bergartsmineraler. Det er brukbarheten i dette fine området som er prosessens største fortrinn mens bruken av kjemikalier er dens største bakdel.

Alle mineraler har forskjellig kjemisk sammensetning eller struktur. Dette fører til at de fysikalsk-kjemiske egenskaper av mineralenes overflater også blir forskjellige. Ved flotasjonsprosessen prøver en systematisk å utnytte disse forskjeller for å skille mineralene fra hverandre. Flotasjonsprosessen utføres alltid i en væske (som regel vann) tilsatt kjemikalier og gjennomblåst av luft. Kjemikaliene har to hovedformål:

- 1) Noen skal adsorberes (feste seg) på en gruppe av mineralenes overflate slik at denne mineralgruppe blir aerofil (dvs. gi den affinitet til luft)
- 2) Andre skal adsorberes på overflaten av luftbobler som er brakt inn i væsken slik at disse blir i stand til å danne et stabilt skumlag på væskeoverflaten. De aerofile mineralene kan feste seg til bobleoverflatene og bli med disse opp i skumlaget som må strykes av. Mineraler en ikke ønsker flotert bør være hydrofile (ha affinitet til vann) eller aerofobe (frastøtes av luft) slik at de blir værende i vannfasen.

Summeres dette kan en si at flotasjon er en våt skilleprosess der en gruppe av mineralene gjøres aerofile og de øvrige holdes hydrofile ved tilsats av små mengder kjemikalier. Pulpen (vann + faststoff) tilsettes en skumdannende agens for å stabilisere bobler og gjennomblåses så med luft. De aerofile mineralene vil bli hengende ved boblene og følge dem til overflaten hvor de vil danne et skumlag. Dette skumlaget kan strykes av. De hydrofile mineralene vil forbli i suspensjon i vannfasen og følge denne.

3 Prosesskjemikalier

3.1 Flotasjonskjemikalier

Flotasjonskjemikalier er en forutsetning for effektiv drift av flotasjonsverk for oppredning av malmer og mineraler. Flotasjonsprosessen ble innført i Norge allerede i 1909. Flotasjonsprosessen benyttes for å skille mineraler, og på den måten oppnå en anrikning. Prinsipielt kan en skille alle mineraler hvor det er forskjeller i overflateegenskaper.

Ved flotasjon av sulfider anvendes en eller flere meget effektive kjemikalier (samlere), ofte xanthater, thiofosfater og andre som virker selektive på sulfidene.



Xanthater og thiofosfater er viktige fordi de spesifikt adsorberes på sulfider. Bindingen kan være både elektrovalent til tungmetalljoner og kovalent til svovel. De floterer ikke silikater og oksyder.

Xanthater kan derfor ha generell formel $-OCSSH$ og thiofosfater $-OPSSH$, hvor O er oksygenatom, C karbonatom, S svovelatom, P fosforatom og H hydrogenatom.

I tillegg til samlere brukes det ofte skummer ved sulfidflotasjon. Den mest vanlige er MIBC-metylisobutyl alkohol. Andre kjente skummere som pine oil og eucalyptus oil framstilles ved destillasjon av tretjære og består vesentlig av ringformede hydrokarboner med aktiv OH-gruppe.

Andre regulerende reagenser som ofte er brukt i forbindelse med sulfidflotasjon er kalk (CaO) som pH regulerende agens, kopparsulfat ($CuSO_4$), natriumsulfat (Na_2SO_4) som aktivatorer, stivelse som trykker og andre, avhengig av malmens mineralogi og struktur.

Alle de overflateaktive agensene er organiske. Karbonatomene har lettere for å danne kovalente forbindelser med hverandre enn andre atomer. De kan derved danne kjeder og ringer av forskjellige lengder og typer. Muligheten for antallet kombinasjoner blir meget stor. De enkleste samlerforbindelsene bygger på parafinserien hvor karbonatomene er bundet til hverandre med enkle bindinger og de frie valenser er tatt opp av hydrogenatomer.

Valg av kjemikalier vil i hovedsak styres av malmens karakteristiske trekk og type mineraler som skal skilles og floterer ut.

3.2 Flokkuleringskjemikalier

Flokkuleringskjemikalier brukes av gruveindustrien for å øke sedimentasjonen av finpartikulært materiale. De er spesielt anvendt ved filtrering og i fortykkere for avgang for å kunne gjenvinne ferskvann fra oppredningsprosessen.

Flokkulert finstoff sedimenterer mye raskere enn enkeltpartikler på grunn av at Van der Waalske krefter mellom enkeltpartikler bidrar til at det dannes store fnokker med høy sedimentasjonshastighet (Syvitski et al., 1987²).

Det finnes en rekke typer kjemiske flokkuleringsmidler. De som har vært mest i bruk er av typen Magnafloc³ hvor den virksomme substansen er polyakrylamid. Det finnes en rekke ulike typer Magnafloc, men Magnafloc 155 er kanskje det produktet som har vært mest brukt.

I og med at det er et så stort utvalg av kjemikalier i bruk er det viktig å innhente opplysninger om hvert enkelt stoff og hva som er kjent om miljøeffekter. Spesielt gjelder det testing på organismer som er relevant for

² Syvitski, J.P.M. Burrell, D.C. and Skei, J.M. (1987). Fjords: Processes and Products. Springer – Verlag, 379 p.

³ https://energy-resources.basf.com/global/en/mining_solutions/flocculants/magnafloc_standard_flocculants.html



norske forhold og som omfatter tester av organismer på ulike nivå i vann-økosystemet. Dette gjelder ikke bare toksisitetstesting, men også tester som går på nedbrytning av kjemikalier under relevante forhold.

4 Flotasjon av Joma type malm

Malmen i Joma inneholder kopperkis (CuFeS_2), sinkblende (ZnS) og svovelkis (FeS_2) som verdifulle mineraler. I tillegg vil det ofte finnes små mengder gull og sølv som kan floterer til konsentratet og gi økonomisk bidrag.

Skillet mellom de ovennevnte sulfidmineralene ved selektiv flotasjon var den vanligste oppredningsprosess i Norge, ref. nevnte oversikt i forrige avsnitt over tidligere sulfidmalmgruver i drift.

Etter brytning og knusing males malmen ned i kulemølle(r) med tilsatt vann og kalk (CaO) for regulering av pH over 11. Det tilsettes videre kaliumamylxanthat (KAX) og skummer (MIBC) før flotasjon. Sinkblende og svovelkis vil adsorbere lite xanthat og flotere dårlig ved denne pH. Kobberflotasjon gjennomføres vanligvis i en tre-trinns prosess med råflotasjon, skrapflotasjon og renseflotasjon. Kopperkretsen produserer et kopperkonsentrat og et avgangsprodukt som bearbeides videre i sinkkretsen. Kopperkonsentratet holder vanligvis 20-25 % Cu.

Før sinktrinnet settes det først til mer kalk for å trykke (holde nede) svovelkis. Sinkblende er et mineral som floterer dårlig med xanthat på grunn av stor løselighet. Det tilsettes derfor koppersulfat (CuSO_4) til pulpen (gods+vann) som aktivator. Kopperionene vil byttes ut med sinkioner i mineralenes overflate og kaliumetyl xanthaten (KEX) som tilsettes etter dette adsorberes lett på sinkblendens kobberoverflate. Flotasjonen skjer deretter på samme måte som i kopperkretsen, med råflotasjon, skrapflotasjon og renseflotasjon. Sinkkretsen produserer et sinkkonsentrat med ca. 50-53 % Zn og et avgangsmateriale for svovelkisflotasjon eller deponering.

Proessen for fremstilling av sinkmetall fra konsentrat krever et svært rent konsentrat, helst 55 % Zn eller mer. Hvor godt dette kravet oppfylles er viktig for prisen som oppnås. Forurensninger i sinkkonsentratet en oppnår ved selektiv flotasjon vil være svovelkis og kopperkis. Ved å varme opp konsentratet og sette til SO_2 (NaSO_2) oppnår en at kopperaktivering opphører og sinkblendens trykkes. Forurensende svovelkis og kopperkis kan så floterer vekk.

Avgangsmaterialet fra sinkkretsen vil inneholde betydelige mengder svovelkis og bergartsmineraler. Det bør undersøkes om det kan være muligheter for framtidige anvendelser av avgangsmaterialet. I motsatt fall vil avgangsmaterialet inklusive svovelkis fortykkes i et anlegg tilsatt flokkuleringskjemikalie for gjenvinning av prosessvann og videre deponering av faststoff.

I Joma er det planlagt deponering av avgangsmasse under jord i utdrevne bergrom fra tidligere drift.

Hvilke typer flokkuleringskjemikalier som er mest virkningsfulle for avgangen fra Joma må undersøkes nærmere. Sammenlignet med andre virksomheter som fortykker avgang for vanngjenvinning er ofte akrylamidbaserte (eks. Magnafloc) produkter anvendt.



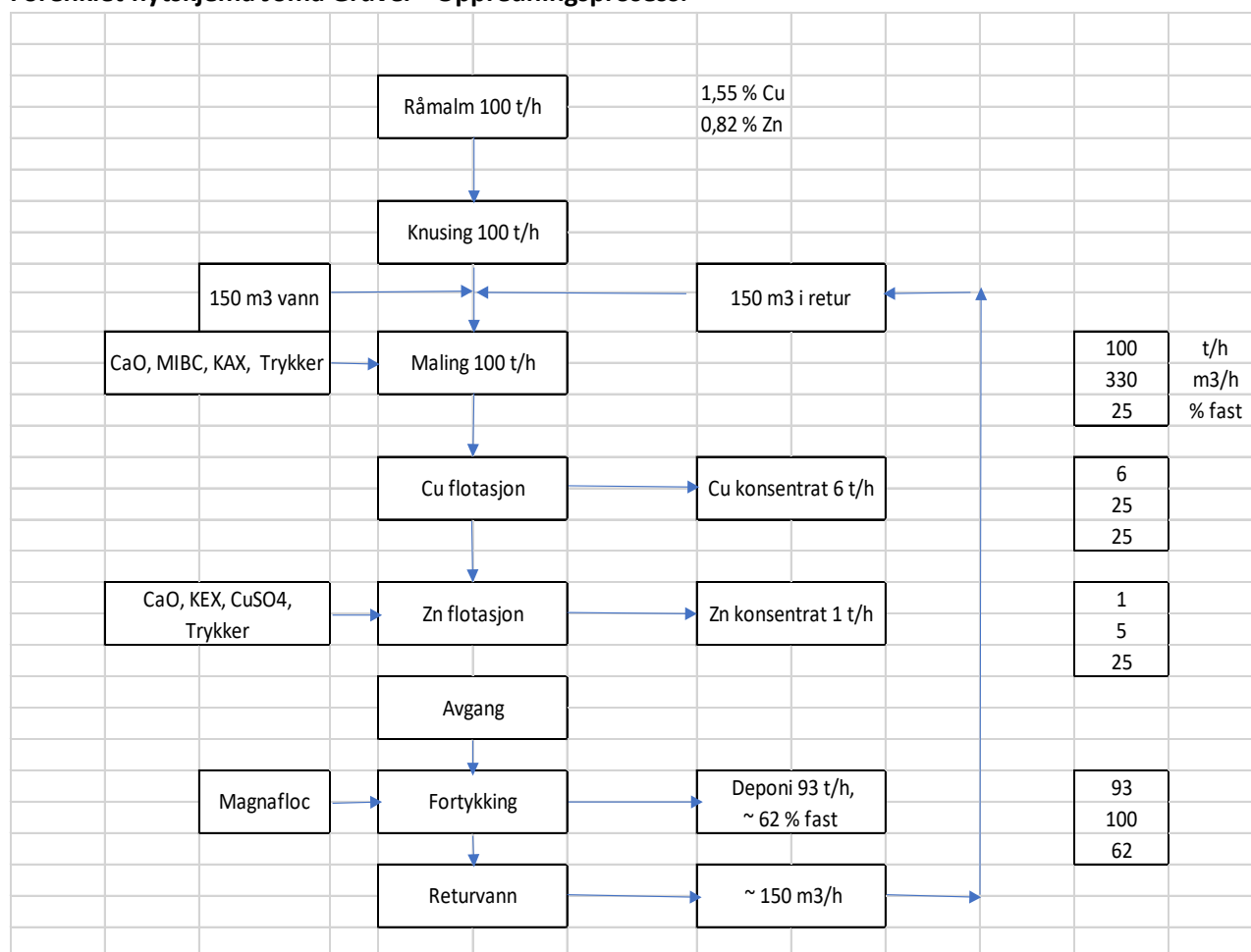
4.1.1 Flytskjema Joma Gruver

Et forenklet flytskjema for en sannsynlig flotasjonsprosess ved Joma Gruver er gitt under. Det er tatt som forutsetning at malmen som leveres fra Stekenjokk/Levi har samme mineralogi og frimaling som malmen fra Joma-feltet. Estimerte mengder av kjemikalier og prosessdesign er basert på innspill og diskusjoner med tidligere adm.dir. Arve Haugen i Grong Gruber. Arve Haugen har i tillegg oversendt notat på vannforbruk og driftsdata fra tidligere drift.

Som grunnlag for vann- og massebalanser er det lagt til grunn følgende estimerte forutsetninger for ny drift:

- 700.000 tonn råmalm/år
- 100 t/h råmalm påsatt
- Egenvekt malm: 3.5 t/m³
- Gehalt: 1,55 % Cu og 0,82 % Zn
- Driftstid: 7.000 h/år

Forenklet flytskjema Joma Gruver - Oppredningsprosess:





4.2 Vurdering av ulike kjemikalier

I det etterfølgende er det sett nærmere på de enkelte prosesskjemikaliene som er sannsynlig brukt i forbindelse med oppredning av malm i Joma Gruver. Sikkerhetsdatablad for de enkelte kjemikaliene kan lastes ned fra produsentenes hjemmesider.

Kjemikalier:

KEX – kaliumetylxanthat⁴ er en organisk svovelforbindelse med den kjemiske formelen $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCS}_2\text{K}$. Det er et blekgult pulver som brukes i gruveindustrien for separering av malm. Kaliumetylxantat brukes i gruveindustrien som flotasjonsmiddel for utvinning av malm av kobber, nikkel og sølv.

KAX – kaliumamylxanthat⁵ er en organisk svovelforbindelse med den kjemiske formelen $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{OCS}_2\text{K}$. Det er et blekgult pulver med en skarp lukt som er løselig i vann. Det er mye brukt i gruveindustrien for separering av malm ved bruk av flotasjonsprosessen.

CaO – brent kalk for pH regulering i forbindelse med flotasjon.

MIBC⁶ – metylisobutylalkohol: 4-Methyl-2-pentanol eller metylisobutylkarbinol (MIBC) er en organisk kjemisk forbindelse som hovedsakelig brukes som en skummer i mineralflotasjon.

CuSO_4^7 – også kjent som kobbersulfat, er de uorganiske forbindelsene med den kjemiske formelen CuSO_4x , hvor x kan variere fra 0 til 5. Pentahydratet er den vanligste formen. Eldre navn for denne forbindelsen inkluderer blå vitriol, blåstein, vitriol av kobber og romersk vitriol. Koppersulfat benyttes som aktivator for flotasjon av sinkblende.

Na_2SO_4^8 – natriumsulfat er et mye brukt kjemikalium blant annet i vaskemiddel, papir, tekstiler og til glass. Brukt i flotasjon fungerer natriumsulfat som aktivator i sinkflotasjonen.

Flokkulering - Magnafloc⁹. Til bruk i fortykkere er produktene utformet for å øke sedimenteringshastigheten, forbedre klarheten på vannfasen og øke faststoffinnhold i underløpsvolumene. Når de brukes i filtreringsprosesser, øker reagensene filtreringshastigheter samt reduserer kakens fuktighetsinnhold.

⁴ <https://www.sigmaaldrich.com/NO/en/product/aldrich/254770>

⁵ https://reviewboard.ca/upload/project_document/EA0809-004_MSDS_for_Potassium_Amyl_Xanthate.PDF

⁶ https://monumentchemical.com/products/solvents-intermediates?id=558286&category_id=557047

⁷ https://www.sigmaaldrich.com/NO/en/product/sigma/c3036?gclid=EAIaIQobChMli7zZvLM9QIV4hoGAB2SxADPEAAAYASAAEgKrgfD_BwE

⁸ https://www.sigmaaldrich.com/NO/en/search/natriumsulfat?focus=products&page=1&perPage=30&sort=relevance&term=natriumsulfat&type=product_name

⁹ https://energy-resources.basf.com/global/en/mining_solutions/flocculants/magnafloc_standard_flocculants.html



Basert på mottatte data fra tidligere drift er det gjort beregninger av forventet kjemikalieforbruk for Joma Gruver basert på årlig påsatt malm til verket på 800.000 tonn.

Estimert forbruk av kjemikalier i flotasjonsprosessen:

Kjemikalium	Dosering g/t	t/år	Kommentar
KEX	45	36	Sinkflotasjon
KAX	45	36	Kopperflotasjon
CaO	1500	1200	pH-regulering
MIBC	4	3	Skummer
CuSO ₄	400	320	Aktivator
Na ₂ SO ₄	250	200	Aktivator
Magnafloc	100	80	Flokkulering

5 Resirkulering av prosessvann

Den tilsynelatende enkleste måten å løse problemet med utslipp av prosessvann på, er å la være å slippe det ut. Med andre ord; prosessen kan bruke det samme vannet hele tiden. Tidligere har avgangsvannet ofte hatt en rekke kvaliteter som har gjort det uskikket til prosessvann. Kravene til vannutslipp er imidlertid stort sett så høye at vannet bør være brukbart til driftsformål. I denne sammenheng er det viktig å være klar over føringer som vil bli gitt i forbindelse med en evt. utslippstillatelse fra Miljødirektoratet¹⁰ og regelverket gitt i Vannrammedirektivet¹¹.

Prosessvannet bør ikke inneholde for mye mineraler i suspensjon. De vil slite på ventiler, pumper, dyser og rørledninger. Videre bør mengder salter i løsning være liten. Disse kan gi korrosjonsproblemer og videre kan sulfater og kalk felles ut som gips i kritiske deler av ledningsnett. Prosessvannet må derfor renses i en fortykker før evt. resirkulering og dersom kravene over er oppfylt kan prosessvannet benyttes om igjen i alle prosesser hvor vannets kjemi ikke spiller noen rolle.

Når flotasjon er en del av oppredningsprosessen vil forholdene stille seg noe annerledes. Kravene til resirkulert vann blir større. Flotasjonens kjemi er til dels komplisert, og dette vanskeliggjør fastleggelse av spesifikasjoner for vann som skal resirkuleres.

I Europa og Norge er lovverket som regulerer utslipp til resipient svært strengt¹² sånn at mange flotasjonsverk har iverksatt en utstrakt resirkulering. Ved sink/kopper verk har praksis med resirkulering vært vellykket, og resultatene har ikke blitt påvirket i påviselig grad av økende resirkulering av prosessvann.

¹⁰ <https://www.miljodirektoratet.no/>

¹¹ <http://miljojuss.no/lovverket/vanddirektivet/>

¹² <http://miljojuss.no/lovverket/vanddirektivet/>



Som regel kan en si at resirkulering gir minst problemer ved enkle prosesser hvor bare et produkt tas ut. Ved mere komplisert flotasjon hvor flere konsentrater produseres (som for Joma Gruver), blir forholdene ofte vanskeligere og en må vurdere intern resirkulering innen hvert flotasjonstrinn.

Når det gjelder restreagenser er samlere viktige. Ved sulfidflotasjon er en i den heldige stilling at hovedmengden av xanthater og lignende vil adsorberes på mineraloverflaten slik at restkonsentrasjonen i vannet blir moderat. Spesielt er dette tilfelle ved sulteforing av agenser. Andre samlere som fettsyrer og aminer vil i langt mindre grad adsorberes og kan komme med vannet i relativt høye konsentrasjoner. I noen tilfeller kan en dette motvirkes ved endring av pH slik at agensene sterkere adsorberes til avgangens faststoff.

Skummere vil som regel følge vannfasen og anrikes i væskeoverflaten. Dersom vanngjenvinningen foretas via fortykker, vil som regel restkonsentrasjonen bli så høy at en må kompensere dette ved å sette ned tilsatsene. Dette kan gi en besparelse i prosessen. Trykkere og flokkuleringskjemikalier har både positive og negative effekter. De fleste vil følge faststoffet i avgangen.

6 Grønne prosesskjemikalier

6.1 Bakgrunn

Det er for tiden stor etterspørsel i verdensmarkedet etter mineraler og metaller. Dette fører til økt interesse for nyetablering og gjenåpning av bergverk i Norge. Utvinningen av mineraler og metaller medfører store miljøutfordringer, og det er behov for å komme frem til gode og langsiktige løsninger for å redusere bruk og utslipp til miljøet av ulike typer kjemikalier fra disse virksomhetene. Bransjen bruker mange ulike oppredningskjemikalier i til dels store mengder.

6.2 Krav etter forurensningsloven

Miljødirektoratet (MD) er opptatt av at kjemikaliene som brukes ikke er giftige (akutt eller kronisk), tungt nedbrytbare eller at de ikke oppkonsentrerer i næringskjeden. Det er alltid et ønske om at alle utslipp av kjemikalier til miljøet begrenses mest mulig. Der utslipp allikevel ikke kan unngås bør det tas i bruk kjemikalier med så lavt skadepotensiale som mulig.

I utgangspunktet er all forurensning forbudt med mindre det er gitt tillatelse til det (forurensningslovens § 11). All gruvevirksomhet må ha tillatelse for sine utslipp og her settes det strenge grenser for tillatt forurensning basert på prinsippet om at beste tilgjengelige teknologi skal benyttes. Tidligere har utslipp av kjemikalier fra gruvevirksomhet vært regulert på mengder og stoffgrupper, men nå har MD begynt å sette strenge grenser til utslipp av spesifikke kjemikalier fra bergverksindustrien

6.3 Substitusjonsplikten

Substitusjonsprinsippet er et viktig miljøprinsipp og verktøy i arbeidet med å redusere bruk og utslipp av helse- og miljøfarlige stoffer. Substitusjon betyr erstatning og innebærer at den som har med miljøfarlige kjemikalier å gjøre skal vurdere om virksomheten kan drives med bruk av mindre miljøfarlige kjemikalier,



uten bruk av kjemikalier eller med en annen metode. Substitusjonsplikten er lovfestet (Produktkontrollloven §3a) og pålegger alle virksomheter som bruker helse- og miljøfarlige kjemikalier å vurdere å skifte til mindre farlige alternativer. Plikten gjelder ikke dersom det påfører virksomheten urimelige kostnader eller ulemper.

MD forventer at virksomhetene identifiserer de kjemikaliene som har de farligste egenskapene først og prioriterer disse i substitusjonsarbeidet. Bergverksindustrien må aktivt vurdere substitusjon til mindre miljøfarlige kjemikalier der dette er mulig og sørge for at disse vurderingene kan dokumenteres.

6.4 Grønne alternativer

FNs mål for bærekraftig utvikling har utløst økende interesse for biooverflateaktive stoffer fra mange industrier med overflateaktive stoffer, inkludert de som bruker flotasjon for mineralseparasjon. Imidlertid er samspeillet mellom biooverflater og mineraloverflater for øyeblikket dårlig forstått.

Flotasjon er en av de viktigste fysisk-kjemiske metodene som brukes i gruveindustrien for å utvinne verdifulle mineraler fra malm.

Substitusjon av konvensjonelle kjemikalier med mer effektive miljøvennlige mikrobielle biooverflateaktive stoffer kan gjøre denne separasjonsteknologien miljømessig mer bærekraftig og det forskes på dette forholdet ved flere universitet og institutt.

Det er viktig å påpeke at ulikheter malmens karakter, mineralogi og sammensetning medfører at det ofte må gjennomføres helt spesifikke undersøkelser på hver enkelt type malm. Et eksempel på forskningsarbeid for generisk utvikling av grønne alternativer er samarbeid mellom NTNU, Bio Base Europe og Gent Universitet¹³ i Belgia. Her forskes det på bruk av lipider som erstatning for xanthater.

Et annet eksempel på arbeid med vurdering av alternative grønne flotasjonskjemikalier er arbeidet som gjennomføres i regi av Nussir ASA i samarbeid med NTNU, Institutt for geovitenskap og petroleum i Trondheim. Det gjennomføres her forsøk med alternativer til tradisjonelle xanthater for flotasjon av Nussir malm.¹⁴

Forskning i Boliden¹⁵ for kontroll med restkonsentrasjon av xanthat i vannfasen har blitt gjennomført i samarbeid med Aalto Universitet i Finland med tanke på å kartlegge fordeling av xanthat i prosessvann for gjenvinning og resirkulering.

UV/VIS-spektrofotometri¹⁶ ble brukt for å måle gjenværende xanthat i prosess-strømmer og returvann fra deponi. Dette tillot implementering av doseringsovervåking og kontrollstrategi med mål om optimalisering vannforbruk og returvannskvalitet.

¹³ [1-s2.0-S0021979720315988-main.pdf](#)

¹⁴ [Comparison of single and mixed reagent systems for flotation of copper sulphides from Nussir ore - ScienceDirect](#)

¹⁵ [1-s2.0-S0892687518301390-main.pdf](#)

¹⁶ <https://no.vwr.com/store/product/20824776/spektrofotometer-uv-vis-uv-1600pc>



SINTEF

7 Sammendrag

Malmen som skal prosesseres i anlegget ved Joma Gruver AS er en godt kjent sulfidmalm.

Den vanligste separasjonsmetoden for slik malm er flotasjon. Flotasjon er en våtkjemisk prosess med bruk av overflateaktive kjemikalier. De vanligst brukte kjemikaliene i denne sammenheng er i hovedsak forventet å følge faststoffene og ikke foreligge i vannfasen, men det bør etableres systematikk for oppfølging av vannkvalitet i flotasjonsprosess og ved avgangshåndtering.

Som en del av prosessutviklingsarbeidet før oppstart bør det vurderes hvilke muligheter som kan finnes for substitusjon av tradisjonelle flotasjonskjemikalier med grønnere alternativer. Tilsvarende arbeid foregår som eksempel ved Nussir ASA i samarbeid med NTNU i Trondheim.