

**Notat**

## **Økt utvinning av jern fra Storforshei jernformasjon**

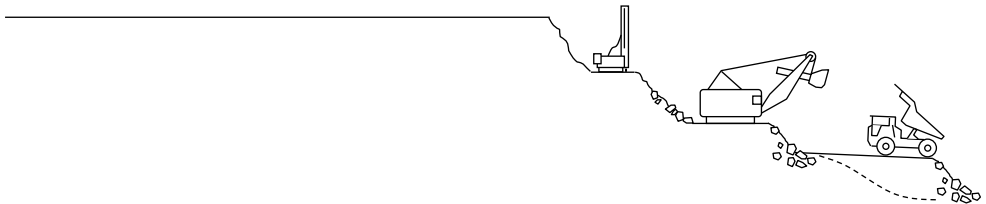
Marte Kristine Tøgersen<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Institutt for Geologi og bergteknikk, NTNU, Sem Sælands vei 1, N-7491 Trondheim

\* Korresponderende forfatter: [marte.togersen@ntnu.no](mailto:marte.togersen@ntnu.no)

---

*Kunnskap innenfor geometallurgi og prosessmineralogi kan ha stor økonomisk gevinst for bergverksbedrifter. Dette er så langt i liten grad implementert i norsk bergindustri. Flere av bergverksbedriftene i Norge har imidlertid satt i gang prosjekter innenfor geometallurgi og prosessmineralogi. En av disse er Rana Gruber AS som i 2013 satte i gang en nærings-ph.d. i samarbeid med NTNU og Norges Forskningsråd.*



### **I. BAKGRUNN**

#### ***1.1 Geometallurgi og prosessmineralogi***

Geometallurgi er integrasjon av geologisk og gruve driftsinformasjon, med oppredning-, metallurgi-, miljø- og økonomisk informasjon. Målet er å oppnå en optimal utnyttelse av en forekomst, og samtidig redusere teknologisk og operasjonell risiko (SGS SA., 2014). Dette kan gjøres ved å ha god kjennskap til forholdet mellom råmalm og utvinningsparametere. Ressursgeologi, geostatistikk, gruve drift, prosessmineralogi og oppredning er viktige fagfelt innenfor geometallurgien (Malvik, 2014).

I prosessmineralogi blir råmaterialets fysiske, kjemiske og reologiske egenskaper relatert til variable prosesser, som oppredning (utvinning), hydrometallurgi, binding i agglomerasjon og kornstørrelsefordeling etter knusing og maling. For å bedre kunne forutsi utvinning fra oppredning, blir mineralogisk informasjon kombinert med oppredningsprosessen. Den mineralske informasjon anskaffes gjennom analyser av mineralogi, mineralkjemi, mineraltekstur (kornstørrelse og

kornform) og frimaling i prøver tatt ulike steder i oppredningsprosessen (Malvik, 2014, Petruk, 2000).

## ***1.2 Rana Gruber***

Rana Gruber AS driver gruvedrift på jernmalm i Dunderlandformasjonen som ligger ca. 25 km nordøst for Mo i Rana i Nordland fylke. Oppredningsverket ligger i Gullsmedvik, ved sentrum av Mo i Rana. Dunderlandformasjonen består av to jernformasjoner; Lasken jernformasjon og Storforshei jernformasjon (Søvegjarto et al., 1989). Lasken jernformasjon er en magnetitt-apatitt forekomst, som det ikke er produksjon på per i dag. Storforshei jernformasjon er en magnetitt-hematitt malm og består av flere malmkropper. Noen av disse har vært eller er fremdeles i produksjon (Søvegjarto, 1972; Ellefmo, 2005). Siden det er i Storforshei jernformasjon Rana Grubers produksjon er, er det denne jernformasjonen som vil være fokus for dette ph.d.-prosjektet. I tillegg til jernoksidene (hematitt og magnetitt) består Storforshei jernformasjon av silikater (kvarts, granat, amfibol, pyroksen, feltspat, glimmer, epidot), karbonater (kalsitt, dolomitt, ankeritt), fosfat (apatitt) og sulfider (pyritt) (Ellefmo, 2005).

I dag produseres det fra to malmkropper, Eriksbruddet og Kvannevan. Kvannevan er en underjordsgruve der skiveras er brytningsmetode. Eriksbruddet er et dagbrudd. I tillegg ble det i begynnelsen av 2014 åpnet et nytt dagbrudd i den østlige delen av Kvannevan (Kvannevan øst). Rana Gruber har to primærknusere; en over jord og en under. Etter primærknusing går råmalmen i en silo, der det etter hvert blir lastet på et tog. Toget går til en ny silo nede ved oppredningsverket i Gullsmedvik. I oppredningsverket blir råmalmen først malt i autogenmøller, for så å bli siktet på 0,8 mm sikt. Etter sikting går materialet til lav intensitets magnet separatorer (LIMS) der magnetitten blir separert fra hematitt og mineraler uten økonomisk verdi. Videre blir hematitten separert fra de ikke-økonomiske mineralene ved hjelp av to steg med våt høy intensitets magnet separator (WHIMS). Avgangen går til spiraler (for å få med så mye hematitt som mulig). Konsentratet går også til spiraler, dette er for å rense konsentratet. Rana Gruber lager flere konsentrater; H150 og H400 som inneholder rundt 63 % hematitt og går til sinter og pellets produksjon, M40 og M10 som inneholder 71 % magnetitt, og blant annet går til pigmentproduksjon.

Det blir tatt prøver for kjemisk analyse under oppfaring, driftsplanlegging og produksjon. De viktigste kjemiske parametrene, som den daglige produksjonen blir styrt etter, er totalt innhold av jern, samt S- og Mn- innhold i råmalm-, konsentrat- og avgangsprøver (pers. kom Rune Johansen, 2013). Storforshei jernformasjon består som nevnt av flere malmkropper, noen har tidligere vært i drift, noen er i drift i dag og noen er fortsatt ikke drevet. Rana Gruber har opplevd at disse

malmkroppene har variasjoner som påvirker hvordan materiale fra disse oppfører seg i oppredningsverket. Malmkroppene kan ha bra total jerninnhold, men utvinningen fra de kan være veldig variabelt. Et eksempel på dette er Stortjønna malmkropp som ble drevet tidligere, men som skapte problemer i oppredningsverket og som hadde dårlig utvinning. Dette til tross for et bra totalt jerninnhold. På grunn av disse problemene ble produksjonen fra Stortjønna avsluttet. Det totale innholdet av jern inkluderer innholdet av hematitt og magnetitt, men også silikater, karbonater og andre mineraler som har jern bundet i sitt krystallgitter. Dette betyr at det totale jerninnholdet ikke gir det økonomiske jerninnholdet, altså er jerninnholdet og utvinningen overestimert. Rana Gruber har ingen etablert sammenheng mellom forventet utvinning fra de ulike malmkroppene, og deres prosessmineralogiske egenskaper. Mangel på denne kunnskapen kan føre til feilprioriteringer i forhold hvilke malmer som bør produseres og hvordan dette gjøres, samt hvilke malmer som bør gå inn i oppredningsverket.

Utvinningen har vist seg å være avhengig av flere faktorer utover det totale jerninnholdet (som produksjonen styres etter i dag); der mineralogi, mineraltekstur (inkludert frimaling av jernoksider), styrken i bergarten og mineralkjemi er viktige faktorer. Det ligger et stort økonomisk potensial og muligens en bedre ressursutnyttelse for Rana Gruber i å anskaffe kunnskap om de prosessmineralogiske egenskapene og hvordan de er relatert til utvinningen av disse malmkroppene. Denne kunnskapen er også viktig når Rana Gruber vil åpne produksjon i nye områder. Et slikt område er Stensundtjern malmkropp, som er under oppfaring.

## 2. MÅLSETTING

Målsettingene for ph.d.-prosjektet er;

- Geologisk kartlegging og prøvetaking av fire malmkropper i Storforshei jernformasjon; Kvannevann, Erik, Stortjønna og Stensundtjern
- Utvikle/forbedre eksisterende prosessmineralogiske metoder for karakterisering av jernformasjoner
- Identifisere forholdet mellom prosessmineralogiske parametere og jernutvinning fra malmkroppene i Storforshei jernformasjon
- Danne et geostatistisk input til en Geometallurgisk 3D-modell, basert på geologisk kartlegging og prosessmineralogiske analyser

- Knytte prosessmineralogiske egenskaper i malmkroppene til oppredningsprosessen ved å kjøre prøver gjennom et pilot-oppredningsanlegg bygget etter storskala oppredningsverket i Gullmedvik
- Få kunnskap om de malmdannende prosessene i Storforshei jernformasjon

### 3. METODE

En rekke metoder vil bli benyttet i dette ph.d.-prosjektet. Litteraturstudie er gjort på både forekomsten som er fokus i prosjektet (Dunderlandformasjonen og Storforshei jernformasjon), og relaterte forekomster og jernformasjoner generelt. Litteratur knyttet til prosessmineralogi, geometallurgi og metode er også svært viktige, spesielt med tanke på planleggingen av arbeidet.

Det skal som nevnt bygges et pilot-oppredningsverk i oppredningslaben ved IGB. Dette gjøres for å kunne undersøke sammenhengen mellom hvordan materialet oppfører seg i prosessen, og de prosessmineralogiske egenskapene. Grunnen til at disse forsøkene må gjøres ved IGB i et pilotverk, er at det er umulig å vite hvor materialet som går gjennom det fullskala verket er fra i forekomsten, siden all råmalm blandes og går via to siloer. Det ville også blitt for dyrt å stenge det fullskala verket for å kjøre prøvene knyttet til dette prosjektet.

Sommeren 2014 startet geologisk kartlegging og prøvetaking av de fire malmkroppene; Kvannevann, Eriksbruddet, Stortjønna og Stensundtjern. I den geologiske kartleggingen vil hovedfokus være å kartlegge variasjoner både mellom malmkroppene og innad i dem. Det blir tatt prøver både i håndstykker og større prøver til pilotverket (dumperlass, 40tonn, som videre blir knust og splittet ned til 1 tonns prøver). Det vil også bli tatt prøver fra det fullskala oppredningsverket for sammenlikning med pilotverket.

Prøvene vil bli analysert ved hjelp av ulike metoder inkludert;

- Optisk mikroskop, for å få en oversikt over mineralogien, og for å se på mineral selskapet (sier noe om metamorfosegrad)
- XRF (X-ray Fluorescence) og XRD (X-ray Diffraction) for å få bulk-kjemi og semi-kvantitativ mineralogi
- SEM-EDS (Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectrometer) for å få semi-kvantitativ mineralkjemi, og for å bruke som input til PTA
- PTA (Particle Texture Analysis) for frimaling, kornstørrelse og kornform analyse og mineralfordeling

- EPMA (Electron Probe Micro Analyser) for kvantitativ mineralkjemi

Alle disse analysemetodene er tilgjengelig ved IGB, og kommer til å bli utført der. Det kan imidlertid bli aktuelt å dra til andre universiteter for noen analyser; dette kan for eksempel være MLA og QEMSCAN for å kunne sammenlikne med PTA resultater.

#### 4. FORVENTET RESULTAT

Et av de viktigste forventede resultatene fra dette ph.d.-prosjektet, er å knytte sammen prosessmineralogiske parametere med hvordan ulike malmer oppfører seg i oppredningsverket. Dette vil bety en større forutsigbarhet for Rana Gruber i deres planlegging av produksjonen av jernmalmen, samt sikre en bedre ressursutnyttelse. En av målsettingene med dette prosjektet er å utvikle/forbedre eksisterende prosessmineralogiske metoder for analyse av jernformasjoner. Det er forventet at metoden også skal kunne brukes på andre jernformasjoner, og hvis modifisert muligens også andre forekomster. Den geostatistiske innputten til den geometallurgiske 3D-modellen er forventet å være et av de viktigste resultatene fra dette ph.d.-prosjektet. Utviklingen av pilotverket og analyser, samt oppskalering til det fullskala verket er også noe som muligens kan benyttes av andre jernmalmprodusenter. En bedre forståelse for de malmdannende prosessene i Storforshei jernformasjon er også et forventet resultat. Alt i alt er det forventet at Rana Gruber gjennom bedre kunnskap skal få en mer kost-effektiv produksjon, en større forutsigbarhet og en bedre ressursutnyttelse av malmkroppene i Storforshei jernformasjon.

#### REFERANSER

Ellefmo, S. (2005) A probabilistic approach to the value chain of underground iron ore mining. Doctoral thesis, NTNU, 205p

Johansen, R. Processing plant manager, Rana Gruber, personlig kommentar 2013

Malvik, T. (2014) History and growth of modern process mineralogy Preprints Conference in Minerals Engineering Luleå 4.-5.02.2014

Petruk, W. (2000) Applied mineralogy in the mining industry 1.edition Elsevier Ottawa

Søvegjarto, U. (1972) Berggrunnsgeologiske undersøkelser i Dunderlandsdalen, Nordland Post-graduate thesis, University of Oslo, 139p

Søvegjarto, U., Marker, M., Gjelle, S. (1989) STORFORSHEI 2027 IV, berggrunnskart, M=1:50 000, Norges Geologiske Undersøkelse

SGS SA. <http://www.sgs.com/en/Mining/Exploration-Services/Geometallurgy.aspx>. Last visited 14.03.14