

NGU RAPPORT
2019.020

Grunnundersøkelser ved Raudsand,
Neset og Gjemnes kommuner, Møre
og Romsdal. Tyngdemålinger i 2019.



Rapport nr.: 2019.020	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: Grunnundersøkelser ved Raudsand, Nesset og Gjemnes kommuner i Møre og Romsdal. Tyngdemålinger i 2019.			
Forfattere: Jan S. Rønning, Claudia Haase og Jomar Gellein		Oppdragsgiver: Bergmesteren Raudsand AS	
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Nesset og Gjemnes	
Kartblad (M=1:250.000) Ålesund		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1320-I Tingvoll	
Forekomstens navn og koordinater: Raudsand UTM 32 V 455000 – 6967000		Sidetall: 18 Kartbilag: 0	Pris: Kr 100,-
Feltarbeid utført: 25. – 27. mars 2019	Rapportdato: 30. april 2019	Prosjektnr.: 373900	Ansvarlig: <i>Henric Brønner</i>

Sammendrag:

NGU har på oppdrag fra Bergmesteren Raudsand AS utført grunnundersøkelser ved mulig deponi for uorganisk farlig avfall i fjellhaller ved Raudsand. Det er tidligere utført geofysiske målinger fra helikopter, borehulls-logging og tolking av disse data. Tidligere i 2019 er det utført magnetisk modellering av en mulig ny jernmalm, en lineamentstudie ved Raudsand og en utfyllende analyse av grunnvannskvaliteten. Den magnetiske modelleringen viste stor usikkerhet på grunn av påvist remanent magnetisering i prøver fra Z-gangen. Det ble derfor besluttet å utføre tyngdemålinger for å bestemme den mulige nye jernmalms størrelse og beliggenhet.

Målt tyngde over den nye mulige jernmalmkroppen i forlengelsen av Z-gangen ved Raudsand viser en anomali mindre enn 0,5 mGal. Anomalien over Bergmestergangen er marginalt høyere, og markert bredere.

Modellering viser at den nye kroppens volum er mindre enn 1 mill. m³. Dersom tettheten er den samme som for Z-gangen (3760 kg/m³), utgjør dette mindre enn 4 mill. tonn, noe som ikke er drivverdig i dag. Gjenstående malm i Bergmestergangen ved hallområdet kan være av samme størrelse.

Basert på gravimetrisk modellering blir den opprinnelige modellen fra magnetisk modellering langt på veg bekreftet. Den nye mulige malmkroppen ligger grunnere enn ca. 100 m og en mulig fremtidig drift på denne vil ikke være i konflikt med deponihaller som vil ligge ca. 250 m dypere. Gjenstående malm i Bergmestergangen kan strekke seg noe dypere men vil også ligge mer enn 100 m over og til side for de planlagte deponihallene. Heller ikke drift på denne vil være i konflikt med de planlagte deponihallene.

Ut fra de data som foreligger i denne og tidligere NGU-rapporter, ser ikke NGU at geologiske forhold vil skape problemer med å etablere et deponi for uorganisk farlig avfall i fjellhaller vest for den gamle jernmalmgruva ved Raudsand.

Emneord:	Geofysikk	Gravimetri
Jernmalm	Modellering	Volum
Deponi	Grunnundersøkelse	Fagrapport

Innhold

1. INNLEDNING	7
2. TIDLIGERE VURDERINGER OG UNDERSØKELSER.....	7
3. DEN NYE MALMKROPPENS STØRRELSE OG BELIGGENHET	9
3.1 Tyngdemålinger i felt	9
3.2 Prosessering av tyngdedata	10
3.3 Supplerende petrofysiske målinger	10
3.4 Kombinerte magnetiske og gravimetrisk modellberegninger	11
3.4.1 Modellerings utførelse.....	11
3.4.2 Resultater fra modelleringene	12
3.4.3 Størrelsen og beliggenheten av den mulige nye malmkroppen	15
4. KONKLUSJONER	16
5. REFERANSER.....	17
 Vedlegg 1: Petrofysiske målinger på kjerneprøver fra Z-gangen Raudsand	18

1. INNLEDNING

Norges geologiske undersøkelse (NGU) utførte i 2015 på oppdrag fra Miljødirektoratet en vurdering av mulige fremtidige lokaliteter for nasjonalt lager for uorganisk farlig avfall (Cramer m. fl. 2015). De gamle gruvene ved Raudsand var foreslått, men ble funnet uaktuell som deponi. I løpet av dette arbeidet kom det et forslag fra firmaet Bergmesteren Raudsand AS (BMR) om deponi i fjellhaller et stykke vest for gruvene ved Raudsand i uberørt fjell. Geologien i området (berggrunn-, struktur- og hydrogeologi) samt gunstige og mindre gunstige aspekter ved lagring, er beskrevet i nevnte rapport (Cramer m.fl. 2015).

På forespørsel fra BMR har NGU utført grunnundersøkelser i det aktuelle området vest for Raudsand. Første fase besto i geofysiske målinger fra helikopter inklusive tolkninger av resultatene. Fase to omhandlet borehulls-logging og tolking av disse resultatene. Ved nye diskusjoner rett før jul i 2018, foreslo NGU en tredje fase bestående blant annet av magnetisk modellering av størrelsen og beliggenheten til en ny jernmalmforekomst. En mer detaljert beskrivelse av arbeidene følger i kapittel 2.

Som en del av den magnetiske modelleringen, ble borekjerner fra NGUs lager på Løkken prøvetatt og analysert med hensyn på magnetisk remanens. Disse målingene viste ekstremt høy remanens, og siden en ikke kjenner retningen til denne, ble resultatet av modelleringene meget usikre. For å få et bedre estimat av den mulige nye jernmalmkroppens størrelse og beliggenhet, foreslo NGU å utføre tyngdemålinger i felt. Det ble også foreslått en ytterligere prøvetaking av kjernematerialet på Løkken for bestemmelse av jernmalms og sidebergets tetthet. På grunnlag av disse data skulle NGU modellere den nye mulige jernmalms størrelse og beliggenhet.

Målinger i felt og prosessering av data ble utført av Jomar Gellein i perioden 25. mars til 4. april. I ettertid har Claudia Haase utført kombinert magnetisk og gravimetrisk modellering. Jan S. Rønning har administrert oppgaven og rapportert resultatene.

2. TIDLIGERE VURDERINGER OG UNDERSØKELSER

Representanter fra firmaet BMR kontaktet NGU høsten 2016 og ba om et møte for å avklare hva NGU visste om geologien ved Raudsand ut fra tidligere tiders gruvedrift. Under diskusjoner på et møte på NGU kom det frem at flere forhold var nyttig å få avklart, og NGU foreslo å utføre geofysiske målinger fra helikopter for å få svar på noen av de aktuelle spørsmålene:

1. Finnes det hittil ukjente jernmalmkropper i det aktuelle området for fjellhaller?
2. Finnes det dypforvitret fjell som vil skape byggetekniske problemer ved etablering av fjellhaller (stabilitetsproblemer, innlekkasje av grunnvann)?
3. Er det sulfider i bergartene som kan bidra til surt grunnvann som kan skape problemer ved avfallsdeponi i fjell?
4. Finnes det radioaktive elementer (uran og thorium) i berggrunnen i slike mengder at det kan bidra til uheldig arbeidsmiljø i lagringshallene?

NGU utførte magnetiske, elektromagnetiske og radiometriske målinger fra helikopter i det aktuelle området i begynnelsen av oktober 2016. Datainnsamling og prosessering av måledata er beskrevet i egen NGU Rapport 2016.037 (Ofstad 2016). En tolkning av oppnådde resultater og anbefaling om videre undersøkelser ble beskrevet i NGU Rapport 2016.043 (Rønning m. fl. 2016). Ved denne undersøkelsen ble det:

- Indikert en ny jernmalmskropp i forlengelsen av Z-malmen som kunne komme i kontakt med deponihaller
- Påvist mulig dypforvitring som kunne skape problemer ved etablering og drift av fjellhaller
- Ikke påvist større massive sulfidforekomster, men mindre sulfidimpregnasjoner i malmskroppene kunne ikke utelukkes
- Ikke påvist dagnære unormale forhøyede konsentrasjoner av de radioaktive elementene uran, thorium og kalium. Undersøkelsene gir ingen informasjon om konsentrasjonen av radioaktive elementer mot dypet.

For å avklare disse problemstillingene nærmere, og i tillegg skaffe informasjon om bergartfordeling, bergmassekvalitet, grunnvannets opptreden og grunnvannskjemi, anbefalte NGU grunnboringer med oppfølgende borehulls-logging. I alt fem brønner ble boret ved årsskiftet 2016-2017 og disse ble logget geofysisk av NGU i slutten av januar 2017. Brønnene ble prøvepumpet, også av NGU, i midten av mars 2017 og det ble tatt grunnvannsprøver for fysikalske og kjemisk analyser.

Resultatene fra NGUs borehulls-undersøkelser ble presentert i NGU Rapport 2017.020 (Elvebakk og Lutro 2017). Tolking av borehulls-logging og vannanalyser ble rapportert i NGU Rapport 2017.024 (Rønning m.fl. 2017). Rapporten satte søkelys på:

- Berggrunnsgeologi inklusive en påvist ny mindre forekomst av mulig jernmalm
- Bergmassekvalitet generelt og en mulig dypforvitringssone
- Mulige sulfider og radioaktive elementer i berget
- Grunnvannets opptreden og kvalitet
- Temperaturforhold.

Miljødirektoratet har på grunnlag av tilgjengelig informasjon høsten 2018 vurdert etablering av avfallsdeponi i fjellhaller ved Raudsand opp mot deponi i eksisterende gruveganger ved Brevik i Porsgrunn kommune i Telemark (Svinndal 2018). Ved denne vurderingen ble det avdekket forhold som ikke var tilstrekkelig avklart ved NGUs første arbeider eller forhold som ikke var godt nok kommunisert. BMR ønsket derfor at NGU utførte noen tilleggsundersøkelser.

Avtale om en tilleggsundersøkelse, som omhandlet magnetisk modellering av den mulige nye jernmalmen, en lineamentstudie ved Raudsand og en utfyllende analyse av grunnvannskvaliteten, ble inngått like før jul 2018. Resultatene fra denne tilleggsundersøkelsen er beskrevet i NGU Rapport 2019.003 (Rønning m. fl. 2019). Denne rapporten konkluderte bl.a. med at magnetisk modellering ble alt for usikkert til å vurdere den nye mulige jernmalmskroppens størrelse og beliggenhet. Dette på grunn av påvist magnetisk remanens i malmen. Det ble derfor anbefalt å utføre tyngdemålinger (gravimetri) med påfølgende modellering, en oppgave som herved rapporteres.

3. DEN NYE MALMKROPPENS STØRRELSE OG BELIGGENHET

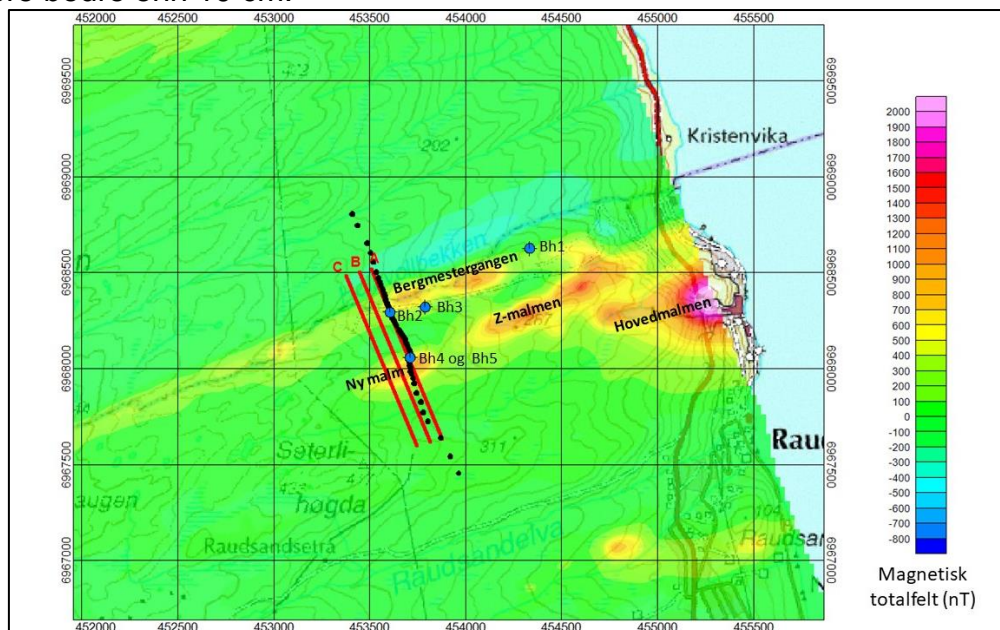
For å kunne vurdere den mulige nye jernmalms kroppens størrelse og beliggenhet ved gravimetri er det nødvendig med tyngdemålinger i felt, prosessering av data, god kjennskap til malmens og sidebergets tetthet før det kan foretas modellberegninger.

3.1 Tyngdemålinger i felt

Tyngdemålinger i felt ble utført i perioden 25. til 27. mars 2019. Ett ca. 1500 m langt profil ble lagt ut over den mulige nye jernmalmen og den tidligere kjente Bergmestergangen (se Figur 1). Profilet krysser borehullene Bh2, Bh4 og Bh5 og faller sammen med ett av de tidligere magnetisk modellerte profilene (Profil A, Rønning m.fl. 2019). Målepunktavstanden langs bakken var ca. 10 m over selve malmforekomstene, ca. 25 og 50 m utenfor dette og lengst bort var den ca. 100 m. Det ble målt 57 punkter langs profilet og i tillegg ble det målt et fåtall fjernere punkter for å få kontroll på regionalfeltet.

Tyngdefeltet ble målt med instrumentet Scintrex CG-5 som har en teoretisk oppløsning på 0,001 mGal (Scintrex 2019). Nøyaktigheten i måleverdiene er imidlertid i hovedsak bestemt av høydekorreksjoner, dvs. hvor mye terrenget varierer rundt målepunktene. Ved Raudsand vurderer NGU nøyaktigheten til å være 0,1 mGal. Instrumentet måler bare variasjoner i tyngdefeltet mellom stasjoner. For å bestemme tyngdefeltets absolutte verdi i målefeltet, ble målingene knyttet til Kartverkets tyngdestasjon på Sunddalsøra (Sunddalsøra P). For kontroll av instrumentets drift ble ett fast punkt målt gjentagende ganger i løpet av måleperioden.

Posisjon og høyde over havet er bestemt ved bruk av differensiell GPS. Det ble etablert en basestasjon på et punkt med kjent høyde og posisjon i Eidsøra, ca. 7 km fra måleområdet. Både ved basestasjonen og ved de mobile målingene ble instrumentet Topcon Legacy E benyttet (TopCon 2019). Nøyaktigheten i posisjon og høyde regnes til å være bedre enn 10 cm.



Figur 1: Plassering av tyngdemålingene i forhold til jernmalmskropper og borehullene i området. Svarte prikker angir målestasjoner for tyngdefeltet.

3.2 Prosessering av tyngdedata

De målte tyngdedata er korrigert for daglig drift og for friluftseffekten (stativhøyde over bakken). Ved beregning av Bougueranomali, er det benyttet programvare fra Geosoft Inc. (2018). Både ved Bouguer- og terrengkorreksjoner er det benyttet en standard tetthet på 2670 kg/m³. For området innenfor 1000 m fra et målepunkt er terrengkorreksjoner bestemt med et digitalt høydegrid (DEM) fra Kartverket hvor cellestørrelsen var 25 x 25 m.

Absolutt tyngde, korreksjoner og Bougueranomali refererer seg til IGSN71-systemet. Observert tyngde, korreksjonsverdier og Bougueranomali er angitt i mGal.

3.3 Supplerende petrofysiske målinger

For å kunne gjøre modellberegninger med potensialfelddata (tyngdefelt og magnetisk felt) er det nødvendig med god kunnskap om sidebergets og objektets petrofysiske egenskaper (tetthet og magnetiske egenskaper). Det er tidligere foretatt målinger av tetthet og magnetisk remanens på 5 malmprøver fra Z-gangen (Rønning m. fl. 2019), men det forelå ingen data for sideberget ved Raudsand. Det ble derfor foretatt ny prøvetaking i de samme to borehullene som tidligere (borehullene Bh529 og Bh533), men nå også med prøver av sideberget. Resultatene fra alle målinger er beskrevet i rapporter fra NGU-lab. (NGU-lab 2019a og NGU-lab 2019b). Relevante data fra disse to rapportene er vist i Vedlegg 1. Tabell 1 viser antall prøver, gjennomsnittlig tetthet og gjennomsnittlig remanens for sideberg (rød og grå gneis) og for jernmalmen i Z-gangen.

Bergart	Antall prøver	Tetthet (kg/m ³)	Remanens (A/m)
Rød gneis	3	2630	0,017
Grå gneis	8	2710	0,070
Jernmalm	10	3760	288

Tabell 1: Antall prøver, gjennomsnittlig tetthet og gjennomsnittlig remanens av prøver fra borehullene Bh529 og Bh533, boret mot Z-gangen ved gamle Raudsand gruve.

Tabell 1 viser en meget klar kontrast i tetthet mellom malmsonene i Z-gangen og sideberget. Det er derfor en enkel oppgave å modellere volum og total tonnasje av den nye mulige jernmalmkroppen påvist ved magnetiske helikopter-målinger høsten 2016.

Målinger av magnetisk remanens på flere nye jernmalmprøver viser ett noe mer nyansert bilde med noen lavere verdier (se vedlegg 1) enn det en fikk ved forrige målerunde (Rønning m. fl. 2019). Gjennomsnittlige remanensverdier på samtlige prøver er fremdeles høyt (Tabell 1). Forrige undersøkelse (Rønning m.fl. 2019) viste at kjennskap om remanensens sanne styrke og retning var meget nødvendig for å få pålitelige magnetiske modelleringer. Et forsøk på å få prøvetatt malmsonen i Bergmester-gangen for å bestemme remanensens styrke og retning, mislyktes under feltarbeidet i slutten av mars på grunn av snøforholdene. NGU vet derfor fremdeles ikke om den meget høye remanensen er reell og hva retningen på remanensen er. Det er av faglig interesse å få undersøkt dette ved en senere anledning.

Måling av magnetisk susceptibilitet var ikke tilgjengelig på NGU-lab under dette arbeidet. NGU har imidlertid meget sikker informasjon om denne egenskapen fra målinger i borehullene Bh4 og Bh5 (Elvebakk & Lutro 2017).

3.4 Kombinerte magnetiske og gravimetriske modellberegninger

Siden påvist remanens i malmen fra Z-gangen viste et så stort sprik i modelleringsresultater (Rønning m. fl. 2019), ble det besluttet å utføre tyngdemålinger for å bestemme den mulige nye jernmalms størrelse og beliggenhet. I dette avsnittet beskrives modelleringens utførelse og resultater.

3.4.1 Modelleringens utførelse

Lokaliseringen av den ene linjen som er modellert er vist i Figur 1. Modelleringen er foretatt med programmet GM-SYS 2D (Northwest Geophysical Associates Inc. 2006 og referanser deri). Dette programmet kan modellere tyngdefelt og magnetisk felt samtidig. Ved modelleringen av den nye mulige jernmalmkroppen ble det benyttet rutiner som begrenset den magnetiske kroppens utstrekning på tvers av profilet (2¾ D). Den aktuelle kroppen strekker seg 150 m mot øst og 300 m mot vest målt fra profilet. For Bergmestergangen ble en 2,5 D modell benyttet, dvs. uendelig utstrekning til begge sider. Under modelleringen er all kjent informasjon om mineraliseringen benyttet. Mineraliseringens opptreden i Bh4 og Bh5 og manglende opptreden i Bh2 og Bh3 er lagt inn som begrensninger i mineraliseringens form.

Benyttede petrofysiske egenskaper (tetthet og magnetiske egenskaper) for de forskjellige bergartene ved Raudsand er listet i tabell 2. Ved tyngdemodelleringen ble gjennomsnittlig tetthet på de forskjellige bergartene benyttet (se Tabell 1) unntatt for den grå gneisen. For å tilpasse regionalfeltet (trenden i tyngdedata), ble tettheten til denne satt til 2670 kg/m³. Det var i tillegg nødvendig å legge inn en hittil ukjent kvartsrik gneisvariant med tetthet 2600 kg/m³ for å få en tilfredsstillende modelltilpasning nord for Bergmestergangen.

Mineraliseringens og sidebergets magnetiske susceptibilitet er hentet fra borehullslogging i Bh4 og Bh5 (Elvebakk 2017, Rønning m. fl. 2017). Disse målingene viser en gjennomsnittlig magnetisk susceptibilitet i den mulige jernmalmen på 0,7 (SI enhet) og maksimalverdien er 1,6. Tilsvarende middelvei for sideberget (gneiser av ulike slag) er 0,015 (SI enhet). Ved modelleringen ble den magnetiske susceptibiliteten i den mulige nye malmsonen satt til 0,5 og dette vil da kunne estimere en maksimal størrelse av mineraliseringen.

Bergart	Tetthet (kg/m ³)	Mag. Susc. K, SI x 10 ⁻⁶	Remanens M (A/m)	Remanens Inkl. (°) (MI)	Remanens Dekl. (°) (MD)
Mulig malm	3760	0,5	100	-2	-108
Grå gneis	2670	0,015	0	-	-
Rød Gneis	2630	0,01	0	-	-
Kvartsrik gneis	2600	0,01	0	-	-

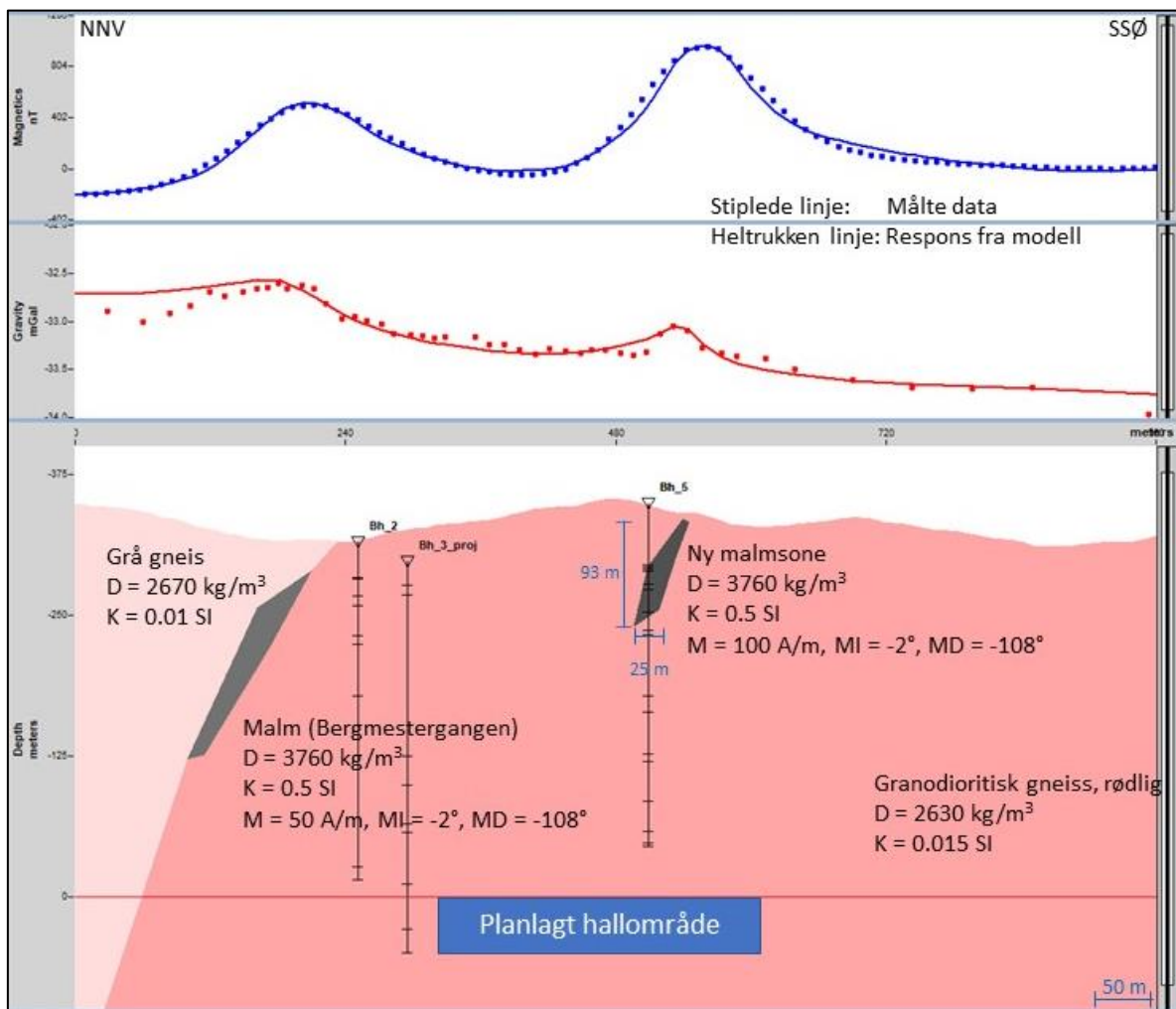
Tabell 2: Petrofysiske egenskaper for de forskjellige bergartene ved Raudsand benyttet ved modelleringen. Disse er tetthet, magnetisk susceptibilitet, remanensens styrke M, remanensens inklinaison (MI) og remanensens deklinasjon (MD).

Ved modelleringen er det lagt vekt på å tilpasse en kropp som kan forklare anomalien over den nye mineraliseringen, men siden nærliggende magnetiske kropper også påvirker anomaliforløpet, er også responsen fra Bergmestergangen forsøkt modellert inn. Modelleringen er utført av forsker Claudia Haase.

3.4.2 Resultater fra modelleringene

Modellering av både magnetfelt og tyngdefelt går ut på å finne en kropp med gitte petrofysiske egenskaper som gir samme respons som de målte data. Sammenfall mellom målte data og responsen fra modellen gir et godt bilde av kroppens størrelse og beliggenhet. Ofte kan mange forskjellige modeller tilfredsstillende måledata, men jo mer informasjon en har, desto sikrere blir modelleringen. Ved dette arbeidet er petrofysiske egenskaper bestemt ved borehulls-måling (magnetisk susceptibilitet) og ved laboratoriemålinger på prøver (tetthet og magnetisk remanens). I tillegg er observasjoner i borehullene benyttet. Som tidligere beskrevet har det ikke vært mulig å bestemme den remanente magnetiseringens styrke og retning ved målinger i felt.

Under modelleringsarbeidet ble responsen fra en lang rekke modeller testet opp mot måledata. I det følgende blir de mest interessante resultatene vist.

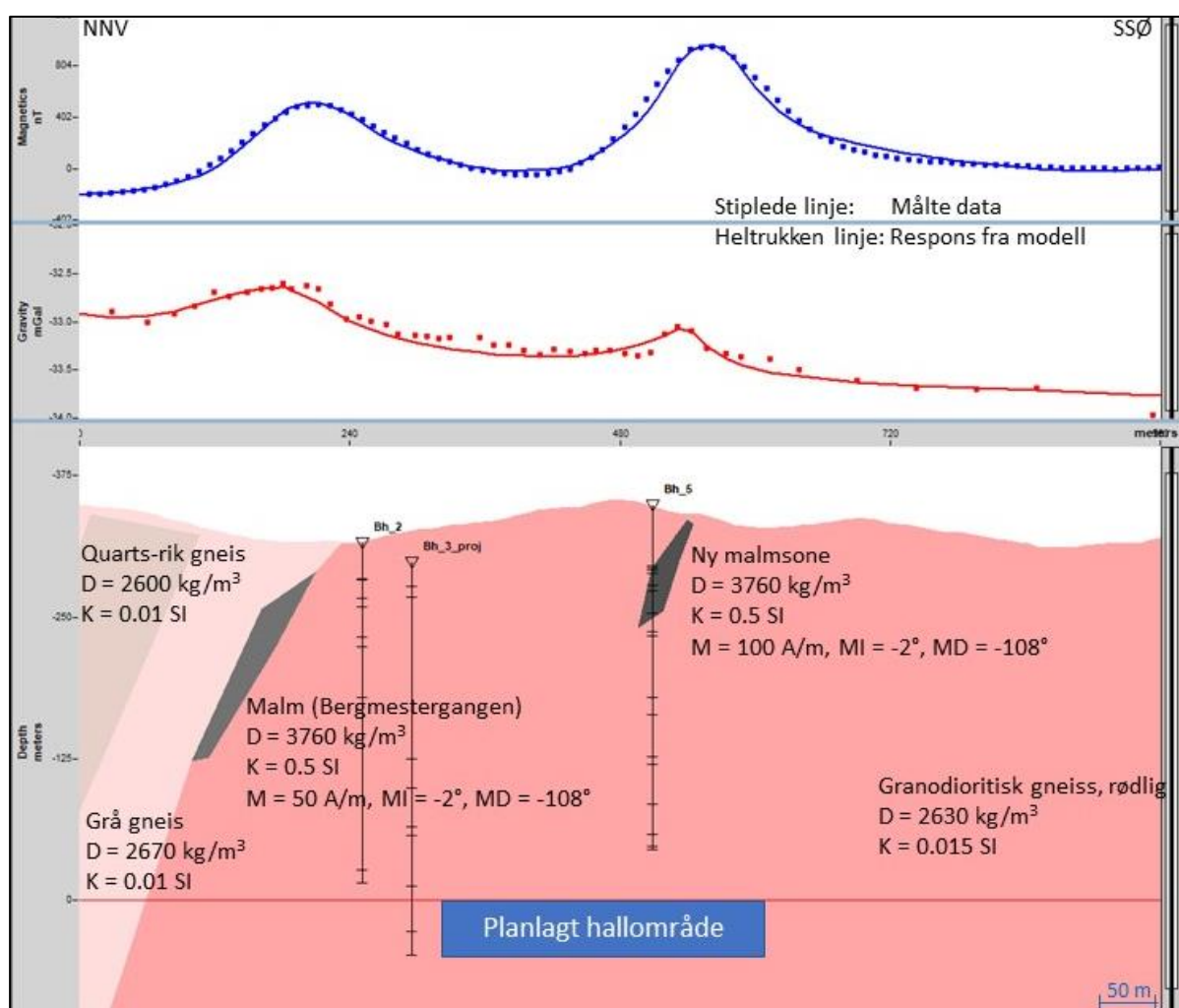


Figur 2: Modellering av magnetfeltet og tyngdefeltet langs det valgte profil, modell A. Tegnforklaring er gitt i Tabell 2.

Den målte tyngdeanomalien over den mulige nye jernmalmen er markert men meget lav, $< 0,5$ mGal. Tilsvarende anomali over Bergmestergangen er marginalt større, men fremfor alt bredere. Lav anomali betyr lite volum av tungt materiale (jernmalm).

Modelleringen (Modell A, Figur 2) viser at tyngdefeltet over den mulige nye jernmalmen kan forklares med en grunn ca. 25 m bred kropp som strekker seg ca. 100 m mot dypet. Denne modellen kan også tilpasses det målte magnetfeltet. Siden remanensens styrke og retning ikke er kjent, er disse parameterene valgt for å få en god tilpasning. Ut fra modellen kan det se ut som gjenstående malm i Bergmestergangen er større enn den mulige nye jernmalm-kroppen, men heller ikke denne stikker spesielt dypt. Det er mindre avvik mellom målte data og respons fra modellen like til side for den nye mulige malmsonen. Disse avvikene ligger innenfor feilmarginen ved tyngdemålingene (0,1 mGal).

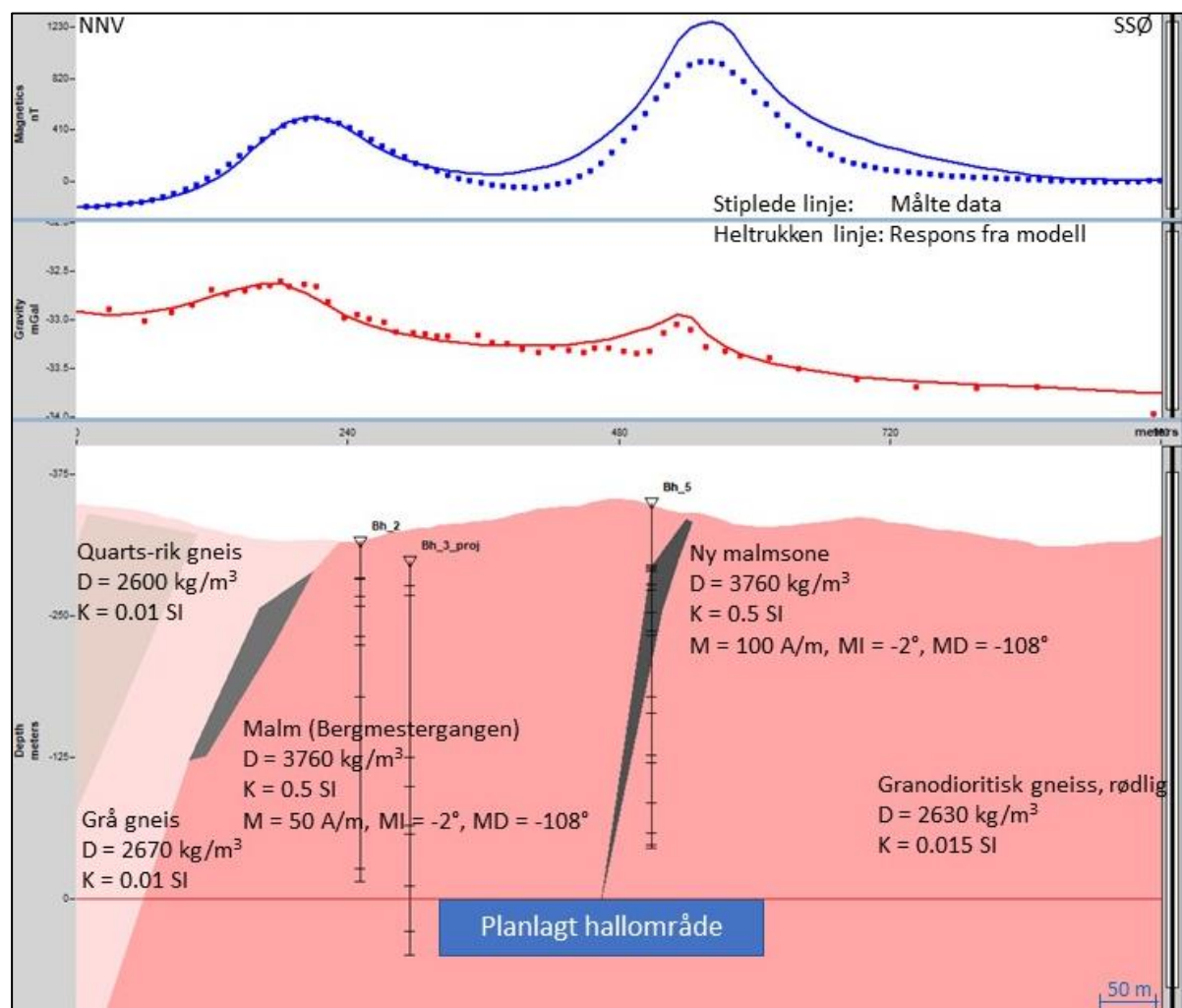
Mot NNV er ikke modell-tilpasningen spesielt god i modell A (Figur 2). For å rette på dette er det foreslått en hittil ukjent kvartsrik gneisvariant (granittisk) der tettheten er 2600 kg/m^3 . I følge Sanetra (1985) finnes granittiske ganger (pegmatitter) med mektighet på noen meter.



Figur 3: Modellering av magnetfeltet og tyngdefeltet langs det valgte profil, modell B. Tegnforklaring er gitt i Tabell 2.

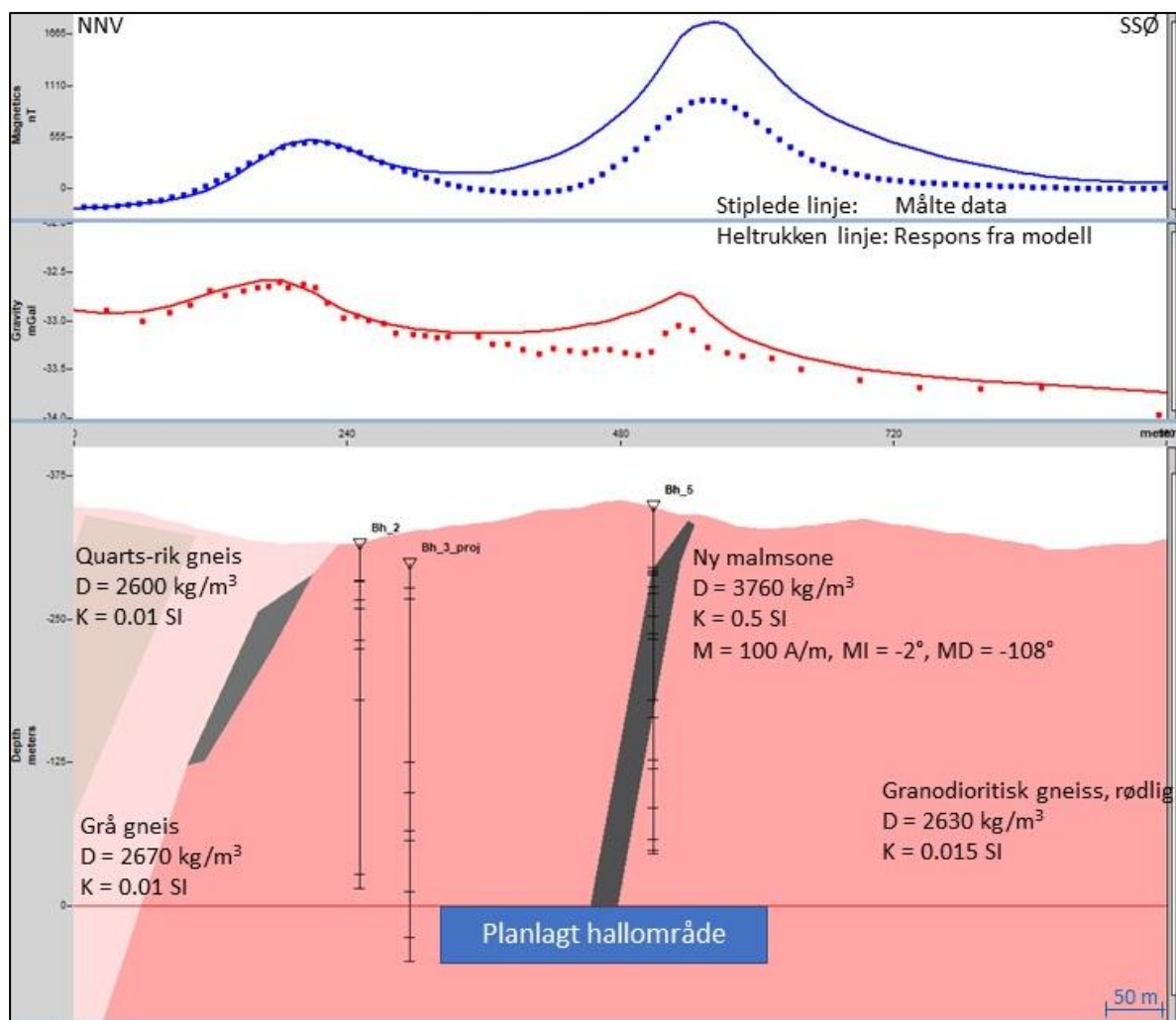
Modell B i figur 3 viser en god modelltilpassning for hele det målte tyngde-profilet, og representerer et godt bilde av geologien vest for Raudsand. Merk at innføringen av denne nye gneisvarianten ikke påvirker størrelsen av de to jernmalmkroppene.

For å teste tyngdefeltets følsomhet overfor utstrekning mot dypet, er det gjort forsøk med å la malmkroppen strekke seg ned til havnivå, som da blir det planlagte deponi-hallnivået.



Figur 4: Modellering av magnetfeltet og tyngdefeltet langs det valgte profil, modell C. Tegnforklaring er gitt i Tabell 2.

Modell C (Figur 4) viser at dersom malmkroppen fortsetter som en tynn kile ned til havnivå, vil tyngdefeltet fra denne modellen bli større og ikke minst bredere enn hva måledata viser. Samtidig ser en at magnetfeltet også blir høyere og bredere med de benyttede verdier for remanensens størrelse og retning. Tynne malmarer ned til havnivå kan ikke utelukkes, men disse vil ikke ha interessante mektigheter.



Figur 5: Modellering av magnetfeltet og tyngdefeltet langs det valgte profil, modell D. Tegnforklaring er gitt i Tabell 2.

Modell D (Figur 5) viser at dersom en lar den mulige nye malmsone strekke seg massivt ned til havnivå, vil tyngdeanomalien øke til nesten det dobbelte og bredden blir betydelig større. En modell av den mulige nye malmsone med denne form og størrelse kan utelukkes.

3.4.3 Størrelsen og beliggenheten av den mulige nye malmsone

Modelleringen vist i avsnitt 3.4.2 viser at den mest sannsynlige størrelsen av den mulige nye malmsone er en kropp som er ca. 25 m bred og som strekker seg ca. 100 m mot dypet. Ut fra det målte magnetfeltets form er lengden tidligere tolket til ca. 450 m (Rønning m. fl. 2019). Siden kroppen synes å smalne inn mot endene, er det totale volum mindre enn 1,0 mill. m³. Med en gjennomsnittlig tetthet fra Z-gangen på 3760 kg/m³ (tabell 2) vil den totale tonnasje av den mulige nye jernmalmsone være mindre enn **4 mill. tonn**. Som tidligere diskutert (Rønning m.fl. 2019) utgjør dette ikke en jernmalm av økonomisk interesse i dag, selv ikke om den skulle være vanadium-førende.

Den nye mulige malmsone ligger grunnere enn ca. 100 m, men tynne årer kan selvsagt strekke seg mot dypet uten at dette påvirker tyngdefeltet. En mulig fremtidig

drift på de massive deler av forekomsten vil ikke være i konflikt med deponihaller, da de største mektighetene ligger ca. 250 m over de planlagte deponihallene.

Gjenstående malm i Bergmestergangen i det aktuelle området for deponihaller er trolig av tilsvarende volum, stikker noe dypere, med ligger nord for deponihallene. Drift på denne vil heller ikke være i konflikt med mulige deponihaller.

I modelleringene som her presenteres, er det ikke tatt hensyn til at det rundt jernmalmen på Raudsand finnes amfibolitt (Senetra 1985). Amfibolitt er en tung bergart med tettet på ca. 3000 kg/m³. Dersom amfibolitt også finnes ved det modellerte profilet vil volumet av mulig tung jernmalm reduseres. Borehulls-loggingen (Elvebakk og Lutro 2017) viser imidlertid lite amfibolitt i samtlige borehull, Bh1, Bh2, Bh3, Bh4 og Bh5.

4. KONKLUSJONER

Målt tyngdeanomali over den nye mulige jernmalmkroppen i forlengelsen av Z-gangen ved Raudsand er mindre enn 0,5 mGal. Anomalien over Bergmestergangen er marginalt høyere, og markert bredere.

Modellering viser at den nye kroppens volum er mindre enn 1 mill. m³. Dersom tettheten er den samme som for Z-gangen (3760 kg/m³), utgjør dette mindre enn 4 mill. tonn, noe som ikke er drivverdig i dag. Gjenstående malm i Bergmestergangen i området for deponihallene kan være av samme størrelse.

Den nye mulige malmkroppen ligger grunnere enn ca. 100 m, og en mulig fremtidig drift på denne, vil ikke være i konflikt med deponihaller som vil ligge ca. 250 m dypere. Gjenstående malm i Bergmestergangen kan strekke seg noe dypere men vil også ligge mer enn 100 m over og nord for de planlagte deponihallene. Heller ikke drift på denne vil være i konflikt med de planlagte deponihallene.

Ut fra de data som foreligger i denne og tidligere NGU-rapporter, ser ikke NGU at geologiske forhold vil skape problemer med å etablere et deponi for uorganisk farlig avfall i fjellhaller vest for den gamle jernmalmgruva ved Raudsand.

5. REFERANSER

- Cramer, J., Baranwal, V.C., Brønner, M., Dagestad, A., Erichsen, E., Keiding, M., Larsen, E., Schellerup, H., & Solli, A. 2015: Vurdering av geologiske forhold ved potensielle lokaliteter til deponi for uorganisk farlig avfall. NGU Rapport 2015.055 (127 s.). https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2015/2015_055.pdf
- Elvebakk, H. & Lutro, O. 2017: Logging av 5 borehull ved Raudsand, Nesset kommune, Møre og Romsdal. NGU Rapport 2017.020. https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2017/2017_020.pdf
- Geosoft inc., 2018: Mapping and processing, Oasis montaj, Standard edition (version 9.5)
- NGU Lab. 2019a: Petrofysiske målinger på prøver fra Raudsand. Analyserapport 2019.0015.
- NGU Lab. 2019b: Petrofysiske målinger på prøver fra Raudsand. Analyserapport 2019.0053.
- Northwest Geophysical Associates Incorporation 2006: GM-SYS Gravity and Magnetic Modeling software. User's Guide Version 4.9 (101 s.)
- Ofstad, F. 2016: Helicopterborne magnetic, electromagnetic and radiometric geophysical survey at Raudsand area, Nesset municipality, Møre og Romsdal county. NGU Report 2016.037 (31pp.). https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2016/2016_037.pdf
- Rønning, J.S., Baranwal, V.C & Ofstad, F. 2016: Grunnundersøkelser ved Raudsand, Nesset kommune i Møre og Romsdal. Resultater fra helikopter-målinger og forslag til videre undersøkelser. NGU Rapport 2016.043 (19 s.). https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2016/2016_043.pdf
- Rønning, J.S., Elvebakk, H., Lutro, O., Dagestad, A. & Jæger, Ø. 2017: Grunnundersøkelser ved Raudsand, Nesset kommune i Møre og Romsdal. Tolkning av borehulls-logger og vannanalyser. NGU Rapport 2017.024. (62 s.).
- Rønning, J.S., Baranwal, V.C., Brønner, M., Elvebakk, H., Fabian, C., Haase, C., Rueslåtten, H., & Schielderup, H. 2019: Grunnundersøkelser ved Raudsand, Nesset kommune i Møre og Romsdal. Supplerende undersøkelser i 2019. NGU Rapport 2019.003 (39 sider.).
- Scintrex 2019: Scintrex CG-5 Gravity meter. Operation manual. https://scintrexltd.com/wp-content/uploads/2017/02/CG-5-Manual-Ver_8.pdf
- Sanetra, S. 1985. The Rødsand Fe-Ti-V Deposits, Møre & Romsdal, Western Norway. Norges geologiske undersøkelse Bull. 402, 39-49.
- Svinndal, E.M. 2018: Svar på oppdrag om vurdering av alternativer for behandlingsskapasitet for uorganisk, farlig avfall. NOTAT Miljødirektoratet, saksnummer 2018/10654.
- TopCon 2019: TopCop Legacy E. Beskrivelse. http://www.terrisgps.com/product_files/LegacyE_Brochure1_314.pdf

Vedlegg 1: Petrofysiske målinger på kjerneprøver fra Z-gangen Raudsand (data fra NGU-lab 2019a og 2019b).

Prøve ID Bh nr. og dyp	UTM Sone	UTM X	UTM Y	Bergart	Volum (cm ³)	Tetthet (kg/m ³)	Remanens (mA/m)
BH 529 92.05 - 92.16	32	455153	6968597	Rød gneis	98,16	2650	35
BH 529 96.05 - 96.20	32	455153	6968597	Grå gneis	129,45	2670	68
BH 529 133.14 - 133.26	32	455153	6968597	Grå gneis	121,18	2690	377
BH 529 136.59 - 136.70	32	455153	6968597	Grå gneis	120,5	2680	4
BH 529 137.40 - 137.50	32	455153	6968597	Jernmalm	45,22	3910	253853
BH 529 138.20 - 138.35	32	455153	6968597	Jernmalm	97,2	3660	198289
BH 529 139.60 - 139.70	32	455153	6968597	Jernmalm	61,02	4000	705769
BH 529 140.73 - 140.81	32	455153	6968597	Jernmalm	52,79	3850	59854
BH 529 143.72 - 143.83	32	455153	6968597	Grå gneis	110,56	2760	24
BH 529 147.88 - 148.00	32	455153	6968597	Rød gneis	117,27	2600	8
BH 533 102.00 - 102.12	32	455371	6968661	Grå gneis	103,85	2620	10
BH 533 109.50 - 109.60	32	455371	6968661	Grå gneis	104,02	2650	15
BH 533 120.63 - 120.72	32	455371	6968661	Jernmalm	54,37	3370	68328
BH 533 124.16 - 124.27	32	455371	6968661	Grå gneis	115,97	2900	59
BH 533 125.80 - 126.00	32	455371	6968661	Jernmalm	107,99	4120	595757
BH 533 127.79 - 127.88	32	455371	6968661	Jernmalm	42,31	3400	25274
BH 533 129.30 - 129.45	32	455371	6968661	Jernmalm	89,9	3620	518796
BH 533 129.89 - 130.00	32	455371	6968661	Rød gneis	115,64	2630	7
BH 533 156.65 - 156.73	32	455371	6968661	Jernmalm	40,2	3650	79345
BH 533 159.60 - 159.75	32	455371	6968661	Jernmalm	85,62	3970	377379
BH 533 163.90 - 164.00	32	455371	6968661	Grå gneis	110,06	2710	5
BH 533 169.15 - 169.30	32	455371	6968661	Rød gneis	121,65	2250 ¹⁾	11

¹⁾ Tetthet er uvanlig lav noe som trolig skyldes forvitring. Prøven inngår ikke i beregning av gjennomsnittlig tetthet.