




GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·



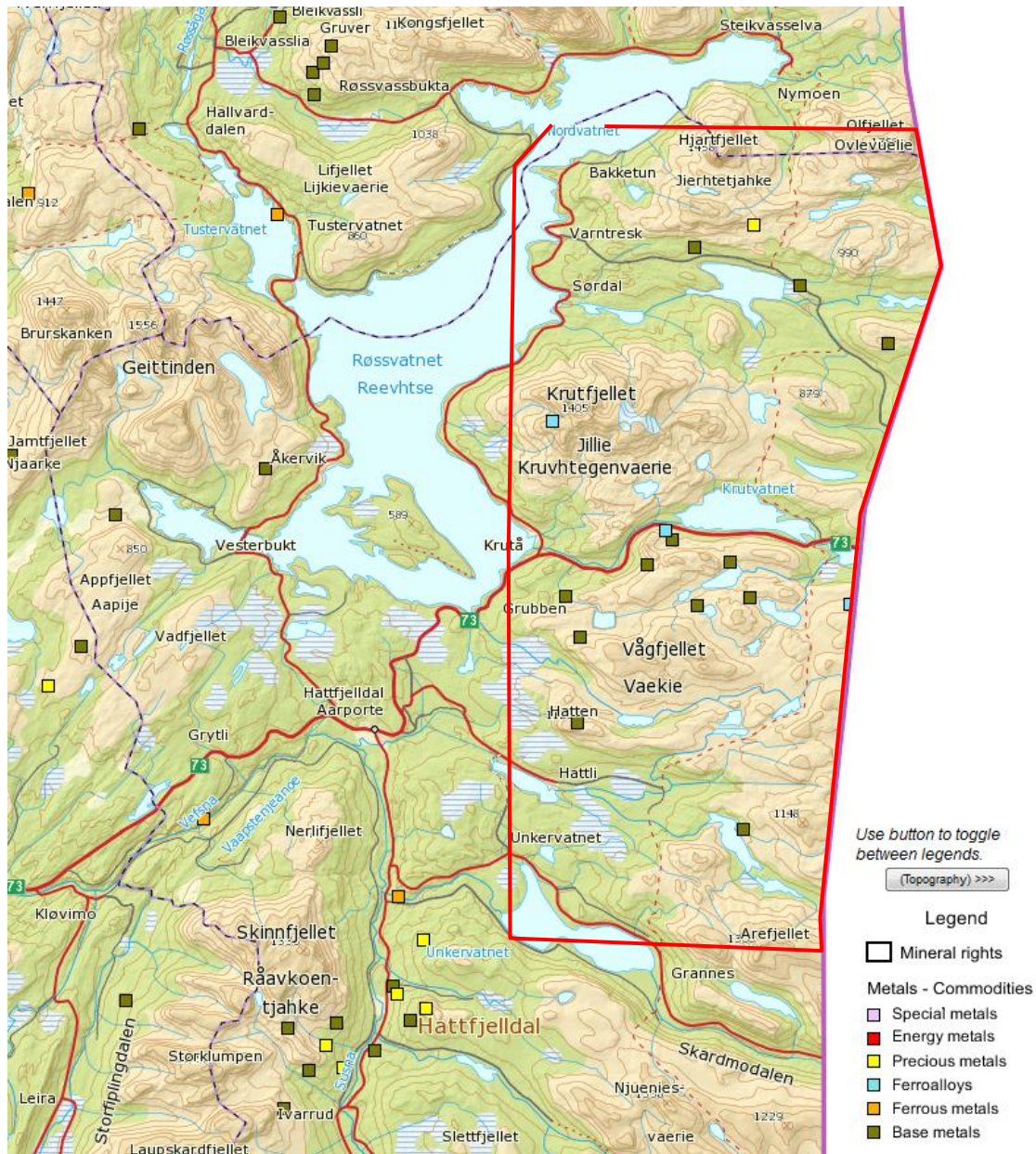
Rapport nr.: 2016.050	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen
Tittel: Geologisk kartlegging i Hattfjelldal - Statusrapport desember 2016		
Forfattere: Terje Bjerkgård, Kerstin Saalman, Jan Sverre Sandstad, Jakob Keiding, Tine Larsen Angvik, Håvard Gauneb, Ole Lutro, Ben Snook, Robin Orre Svenningsen	Oppdragsgiver: Nordland Fylkeskommune og NGU	
Fylke: Nordland	Kommune: Hattfjelldal	
Kartblad (M=1:250.000) Mosjøen	Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 2026-III Krutvatnet, 2026-IV Hjartfjellet	
Forekomstens navn og koordinater:	Sidetall: 37 sider Pris: 155,- Kartbilag:	
Feltarbeid utført: 2013-2016	Rapportdato: Des 2016	Prosjektnr.: 355900
Ansvarlig: 		
Sammendrag: Det har vært utført geologisk og malmgeologisk kartlegging i den nordøstlige del av Hattfjelldal kommune i perioden 2014-2016. Arbeidet skal sluttrapporteres i 2017 og dette er en rapport for status i prosjektet pr. desember 2016. Prosjektet ble i 2014 og 2015 i sin helhet finansiert gjennom NGUs MINN-program. For 2016 og 2017 har Nordland Fylkeskommune bidratt til å finansiere Hattfjelldalsprosjektet med kr.750 000,-. Disse midlene går til å dekke kostnader ved feltarbeidet, analysekostnader ved ekstern lab, samt timekostnader. Prosjektet har bakgrunn i at det har vært utstrakt leteaktivitet i området av flere selskaper. Disse selskapene har etterspurt grunnlagsdata i form av blant annet berggrunnsgeologi og geofysikk. Til nå har det i stor grad kun eksistert berggrunnskart i 1:250 000 skala. Et mål med prosjektet er å benytte geofysisk, geokjemisk og geologisk kartlegging og detaljstudier til å utpeke områder med størst potensial for å finne større malforekomster. Hele området ble målt med høyoppløselig geofysikk i 2014 under MINN-programmet. Disse målingene er til stor nytte i kartleggingen. Området øst for Røssvatnet fra Hjartfjellet i nord til Unkervatnet i sør er nå kartlagt. Det er innsamlet data i mer enn 6500 punkter fordelt på ni geologer i løpet av prosjektet. I alt er det tatt 605 prøver av bergarter og diverse mineraliseringer til forskjellige geokjemiske analyser, strukturgeologiske studier og dateringer av bergartene. I forhold til eksisterende grunnlag vil det bli et vesentlig mer detaljert geologisk kart over området og det vil også bli endringer i inndelingen av bergartsenheter. Dette får konsekvenser for tolkning av dannelsesmiljøet og potensialet for mineralressurser i området, noe som er under utarbeidelse. Foreløpige resultater viser at området har et potensial når det gjelder økonomiske forekomster av basemetaller (kobber, sink, bly) sammen med edelmetaller (gull og sølv). Spesielt interessant er området sør for Krutvatnet der det avgjort er potensial for større forekomster. Av interesse er også området rundt Øverelsvatnet øst for Garsmarka.		
Emneord:	Kaledonidene	Mineralressurser
Berggrunnsgeologi	Strukturgeologi	Malmgeologi
	Hattfjelldal	Nordland

INNHold

1. INNLEDNING	4
1.1 Formål	4
1.2 Finansiering	6
1.3 Bakgrunn	6
1.4 Tidligere arbeider i området.....	7
1.5 Datagrunnlag for kartleggingsarbeidet.....	8
2. RESULTATER	10
2.1 Berggrunnsgeologisk kartlegging og datainnsamling	10
2.2 Geologisk oversikt og strukturelle hovedenheter	12
2.3 Viktigste bergartstyper.....	14
2.3.1 Fyllittiske metasedimenter	15
2.3.2 Grønnskifre og grønnstein	16
2.3.3 Ultramafitter/serpentinitter.....	17
2.3.4 Felsiske metavulkanitter	19
2.3.5 Marmorert	20
2.3.6 Psammitter (metasandstein), glimmerskifre og kvartsittiske skifre.....	21
2.3.7 Kalkrike metasedimenter	23
2.3.8 Diamiktitt og konglomerat	24
2.4 Oversikt over mineralressurser.....	26
2.4.1 Sulfidforekomster	26
2.4.2 Oksidforekomster.....	30
2.4.3 Industrimineraler	31
2.4.4 Naturstein og pukk.....	33
2.4.5 Foreløpig vurdering av mineralressurspotensial	34
3. VIDERE ARBEID	34
4. REFERANSER	36

1. INNLEDNING

Prosjektet Geologi og Mineralressurser i Hattfjelldal har som hovedmål å avklare om det kan være drivbare forekomster av metaller og/eller industrimineraler i den nordlige halvdel av Hattfjelldal kommune, det vil si nord for Susendalen og Unkervatnet (Figur 1). Prosjektet var en del av MINN-programmet (Mineralressurser i Nord-Norge) inntil utgangen av 2015. I 2016 har prosjektet vært delfinansiert av Nordland Fylkeskommune. Prosjektet skal etter planen avsluttes til juli 2017. Dette dokumentet er en statusrapport for arbeidet utført i prosjektet så langt.



Figur 1: Oversikt over prosjektområdet (markert i rødt). Metallforekomster registrert i NGUs malmdatabase er også vist.

1.1 Formål

Prosjektområdet befinner seg øst og sørøst for Røssvatnet i Hattfjelldal kommune (Figur 1). Området har et areal på knapt 1000 km² og ligger innenfor de to 1:50 000 kartbladene

Hjartfjellet (2026-IV) og Krutvatnet (2026-III). Omtrent 2/3 av prosjektområdet (sørlige del) er ikke geologisk kartlagt i tilstrekkelig grad, mens tilgrensende områder i nord og vest er kartlagt i skala 1:50 000.

Berggrunnen er svært kompleks og variert og består av en mengde forskjellige sedimentære, vulkanske og intrusive bergarter.

Prosjektets formål er i hovedsak berggrunnsgeologisk og malmgeologisk kartlegging. Nye detaljerte geofysiske målinger ble utført i 2014 og gir et godt og nødvendig grunnlag i tillegg til tidligere geologisk kartlegging. Regional jordprøvetaking ble utført i 2013 og resultatene fra dette er også brukt i prosjektet.

Delmål berggrunnsarbeidet:

- 1) Kartlegging av området i 1:50 000 skala for å knytte området sammen med omgivende geologi og utviklingshistorie.
- 2) Å fastlegge det tektoniske og geologiske dannelsesmiljøet og knytte dette opp mot dannelsen av mineralressurser.

Delmål ressursgeologiarbeidet:

- 1) Karakterisering av de forskjellige ressurstyper i området gjennom detaljstudier og prøvetaking.
- 2) Knytte mineraliseringene til bergartsenhetene.
- 3) Undersøke potensielle kilder til mineraliseringer, av spesiell interesse er de gullrike forekomstene.
- 4) Følge opp eventuelle anomalier fra jordprøver, både med mer detaljert jordprøvetaking og kartlegging.
- 5) Følge opp interessante geofysiske anomalier.

Det er kjent en rekke forskjellige typer mineraliseringer i området, inklusive magmatiske nikkel-kobber- og kromforekomster, sink-bly-sølv og kobberrike VMS-forekomster, sedimentære bly-sinkforekomster og jernsulfid-skarnforekomster. Noen av disse forekomstene har et anomalt innhold av gull. Det har vært drift på krystallin kvarts i området og det er grafitrike skifre i mange av enhetene. Sentralt og sør i området er det enheter med stor konsentrasjon av ultramafiske kropper som inneholder talk og kleberstein.

Bergartsenhetene fortsetter inn på svensk side, hvor det er en rekke rike (særlig sinkrike), men generelt små sulfidforekomster. Unntaket er Rönnbäckenområdet ca. 20 km sør for Tärnaby som består av tre forekomster som til sammen inneholder > 600 Mt med lavprosentlig nikkelmalm (0,1 % Ni, <http://nickelmountain.se/assets-operations/geology-and-resources/>). Mineraliseringen er tilknyttet større serpentinittkropper. Større og mindre serpentinittmassiver finnes også på norsk side, men bare mindre mineraliseringer funnet. Malmen i Rönnbäcken er spesiell fordi den inneholder svært lite rene jernsulfider (pyritt og pyrrhotitt). Prosesseringstester har gitt et godt sulfidkonsentrat og magnetitt som biprodukt. Det er usikkert hva som skjer med prosjektet som nå er overtatt av det Norgebaserte kredittselskapet Axactor.

Som nærmere beskrevet i avsnitt 2.2 tilhører bergartsenhetene i Hattfjelldalområdet Køli dekkekomplekset som fortsetter sørover i Sverige, hvor det er kjent flere større og mindre

massive sulfidforekomster (VMS), blant annet Stekenjokk. Videre mot sør fortsetter Køli bergartsenhetene inn i Norge i Grongfeltet med de store forekomstene Joma, Skorovas, samt flere mindre (Gjersvik, Skiftesmyr, Godejord). Det er således viktig å få avklart om bergartene i Hattfjelldal tilhører samme tektoniske miljø som noen av disse.

1.2 Finansiering

Prosjektet ble i 2014 og 2015 i sin helhet finansiert gjennom NGUs MINN-program. I alt ble det brukt drøyt 6000 timer i prosjektet i de to årene, hvorav ca. 1/3 av disse timene ble brukt i felt. Direkte kostnader for dette (inklusive eksterne analyser) var kr. 755 000, -. Timekostnadene var 5.6 mill. kroner.

For 2016 og 2017 har Nordland Fylkeskommune bidratt til å finansiere Hattfjelldalsprosjektet med kr.750 000,-, fordelt på kr. 600 000,- i 2016 og kr.150 000,- i 2017. I 2016 går disse midlene til å dekke kostnader ved feltarbeidet samt timekostnader, mens i 2017 går pengene til å dekke analysekostnader ved ekstern lab og timekostnader.

I 2016 ble det utført kartlegging i juli, august og september. Det var totalt 80 feltdøgn fordelt på 5 geologer.

1.3 Bakgrunn

Prosjektet har bakgrunn i at det har vært utstrakt leteaktivitet i området av flere selskaper. Disse selskapene har etterspurt grunnlagsdata i form av blant annet berggrunnsgeologi og geofysikk. Til nå har det i stor grad kun eksistert berggrunnskart i 1:250 000 skala.

I perioden 2009-2013 hadde det australske selskapet Hannans Reward Ltd. gjennom sitt datterselskap Scandinavian Resources (SR), leteaktivitet i den nordlige delen av prosjektområdet, dvs. på nordsiden av veien fra Varntresk til Sverige. De fikk utført helikoptergeofysikk (magnetometri og VTEM) i 2009 og diamantboringer på en del forekomster og geofysiske anomalier i 2010. Langs østbredden av Røssvatnet ble det funnet mange, dels svært rike malmblokker (spesielt i sink, bly og sølv, men også dels i kobber og gull), som en ikke visste hvor stammet fra. Resultatene av diamantboringene var i stor grad negative, noe som i følge selskapet dels kan skyldes at hullene ikke nådde den dybde de var tenkt.

I den sørlige delen av området, dvs. mellom Krutfjellet og Hattfjelldal, hadde selskapet Metal Prospecting AS (MetPro) leterettigheter fram til 2013. Det dreide seg om nikkel i selve Krutfjellet og hovedsakelig sulfidforekomster i området sør for Rv.73. I perioden 2013-2015 hadde selskapet Eurasian rettigheter til forekomstene sør for Krutvatnet, men oppgav disse uten å ha gjort noen undersøkelser på grunn av den generelle økonomiske nedgangen i metallpriser og dermed mangel på finansiering.

Områdene både nord og vest for prosjektområdet er kartlagt og utgitt i 1:50 000 skala. Tektonisk sett er kontakten mellom Køli dekkekompleks og de overliggende Rödingsfjäll- og Helgeland dekkekompleksene også innenfor prosjektområdet. Mer detaljert kartlegging i prosjektet gir kunnskap om kontaktforholdene mellom disse tektoniske enhetene og ikke minst oppbyggingen internt i Kølikomplekset.

En rekke av de kjente, stratabundne sulfidforekomstene i området er dels svært rike i basemetaller og edelmetaller. De fleste av disse er imidlertid for små til å være økonomisk interessante. Et mål med prosjektet er å benytte geofysisk, geokjemisk og geologisk kartlegging og detaljstudier til å utpeke områder med størst potensial for å finne større malmforekomster.

Området inneholder mange større og mindre kroppere av ultramafitter som er mer eller mindre omvandlet til serpentinitter med noe kleberstein. Det kunne således være et potensial for både talk og kleber. Tilknyttet disse kroppene er også små kromitt- og nikkelfineraliseringer. Geofysikk og oppfølgende kartlegging kan gi svar på om det er større forekomster.

Det har vært prøvedrift på krystallkvarts i området like etter 2. verdenskrig. Det ble i alt produsert noen få hundre kilo krystaller til elektronisk formål (Ryghaug, 1976). Det er også kjent andre forekomster av kvarts i området. Dette viser at det kunne være et potensial for kvarts i området.

Tidligere kartlegging viser at det er mye svartskifer og dels grafittskifer i området. Det er derfor en mulighet for å finne grafittforekomster i området, da spesielt i skifrene som har gjennomgått høyest metamorfose. En forekomst av dårlig kvalitet finnes på nordsiden av Krutvatnet. Den nye geofysikken viser større områder med sterkt ledende egenskaper og disse kunne potensielt være grafittrike.

1.4 Tidligere arbeider i området

Geologiske beskrivelser fra Hattfjellområdet går helt tilbake til slutten av forrige århundre da Corneliussen (1891) først undersøkte området. Rekognoserende arbeid fortsatte med studier av Oxaal (1911) og Holmsen (1912), som ble fulgt opp med mer fokusert arbeid i 50-årene. Men først med I. B. Rambergs Nordlandsprosjekt på slutten av 70-tallet begynte den egentlige detaljerte kartlegging av området. Dette arbeidet dannet blant annet grunnlag for deler av NGUs berggrunnskart Mosjøen i 1:250 000 (Gustavsson, 1981) og detaljstudier og kartlegging av Krutfjellet (Mørk, 1979) samt videre kartleggingsarbeider av Dallmann og Stølen på 90-tallet som resulterte i berggrunnskart i skala 1:50 000 (Stølen, 1985; Dallmann & Stølen, 1993; 1994) vest og sør for feltområdet (Figur 1).

Prospekteringsarbeider i området har pågått i mer enn 50 år. Herunder beskrives de viktigste aktiviteter og resultater av disse leteundersøkelsene.

I den nordlige delen av området (nord for Famnvatnet):

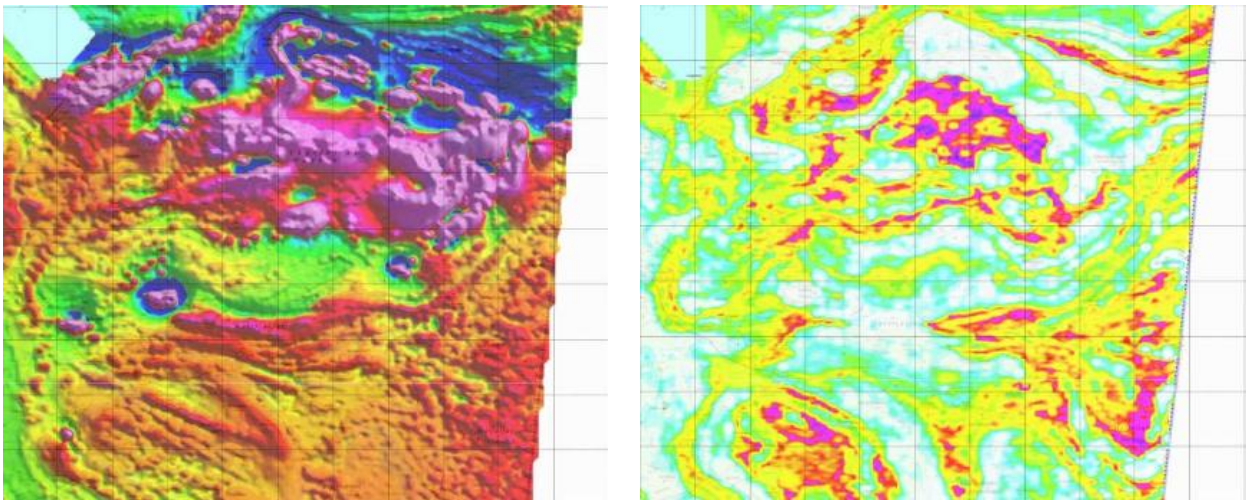
De første undersøkelsene i dette området ble utført av Boliden i 1968, i form av blokkleting, noe kartlegging og røsking. Forekomstene i dette området ble videre undersøkt av ASPRO og LKAB på 1980-tallet. Det ble utført geologisk kartlegging i 1:50 000 skala, bakkegeofysikk, jordprøvetaking, røsking og diamantboring. Borkjerner finnes på Løkken fra flere av forekomstene. En del av forekomstene er også prøvetatt til NGUs malmdatabase. I 2009 fikk Scandinavian Resources utført VTEM og magnetiske målinger over det samme området og noe diamantboring. NGU har fått tilgang til geofysiske data, samt borkjernene (på Løkken).

Sørlige del av området (sørover fra Farnvatnet til Unkervatnet):

Boliden arbeidet i området i perioden 1963-1969, med regional kartlegging, blokkleting, bakkegeofysikk og objektundersøkelser (røsking, detaljkartlegging og noe diamantboring). ASPRO/LKAB fulgte opp på 1980-tallet med mer bakkegeofysikk, detaljkartlegging, prøvetaking, røsking og diamantboringer. En del av forekomstene er seinere prøvetatt til NGUs malmdatabase. På Løkken finnes borkjerner fra noen av forekomstene.

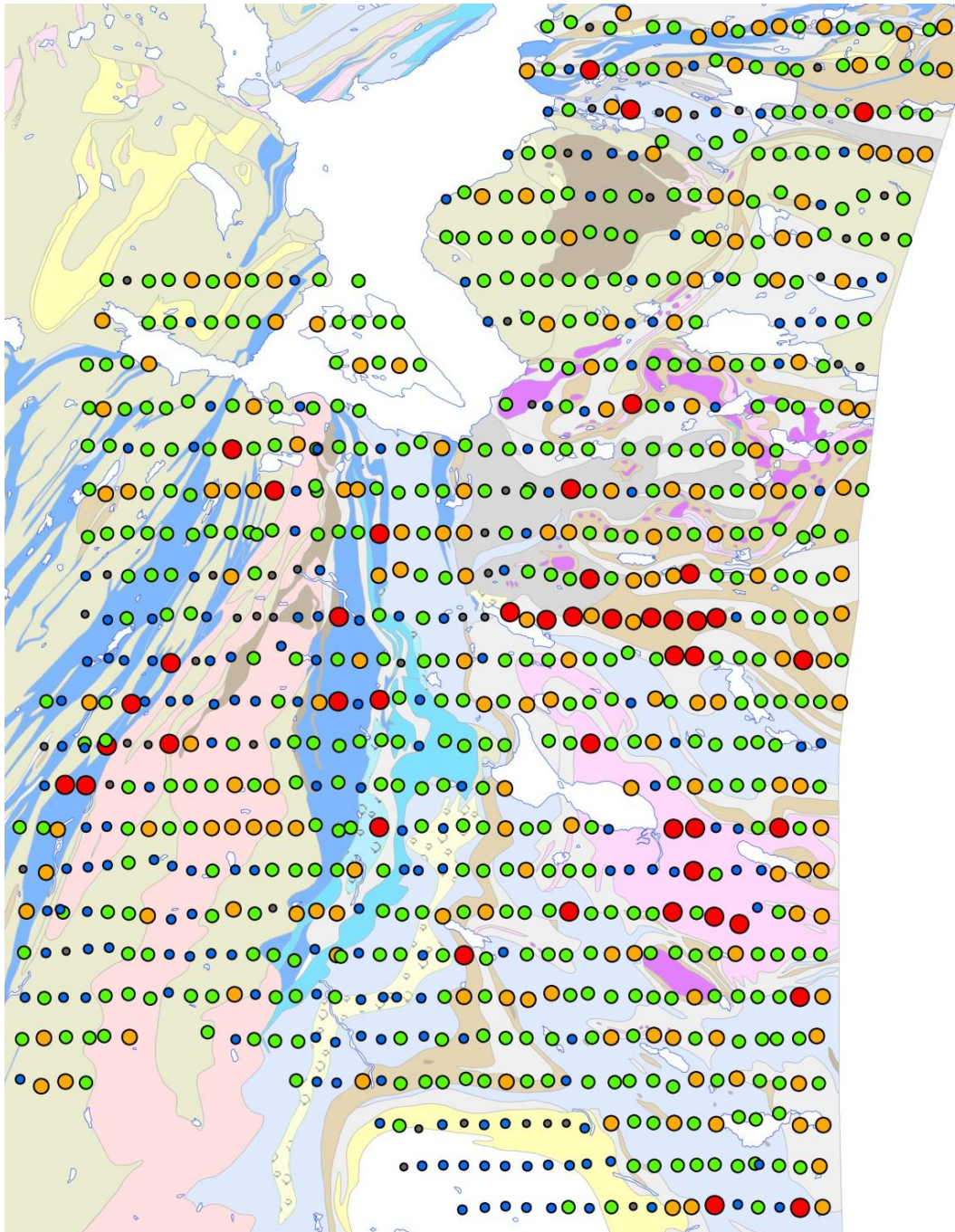
1.5 Datagrunnlag for kartleggingsarbeidet

I tillegg til tidligere berggrunnsgeologisk kartlegging og arbeid utført i området av gruveselskaper spesielt i perioden 1963-1985, så ble hele området målt med geofysikk i 2014 av NGU (Rodionov o.a., 2014). Disse målingene innbefatter magnetometri, elektromagnetiske målinger (EM) og radiometri (kalium, uran, thorium og totalstråling). Geologien i området er svært kompleks med mange forskjellige bergarter med forskjellig geofysisk signatur. Dette gjør at de geofysiske målingene er til stor nytte i tolkningen av geologien i området (Figur 2).



Figur 2: Utsnitt av geofysiske kart fra Hattfjellområdet, til venstre magnetiske og til høyre elektromagnetiske data (samme utsnitt) fra Rodionov o.a. (2014). På det magnetiske kartet viser røde til fiolette farger høye magnetiske verdier, mens grønne og blå farger viser lave. På EM-kartet viser røde og fiolette farger høy ledningsevne og hvite til blå farger lav ledningsevne. Nord er opp og rutenettet på kartene er 1x1 km.

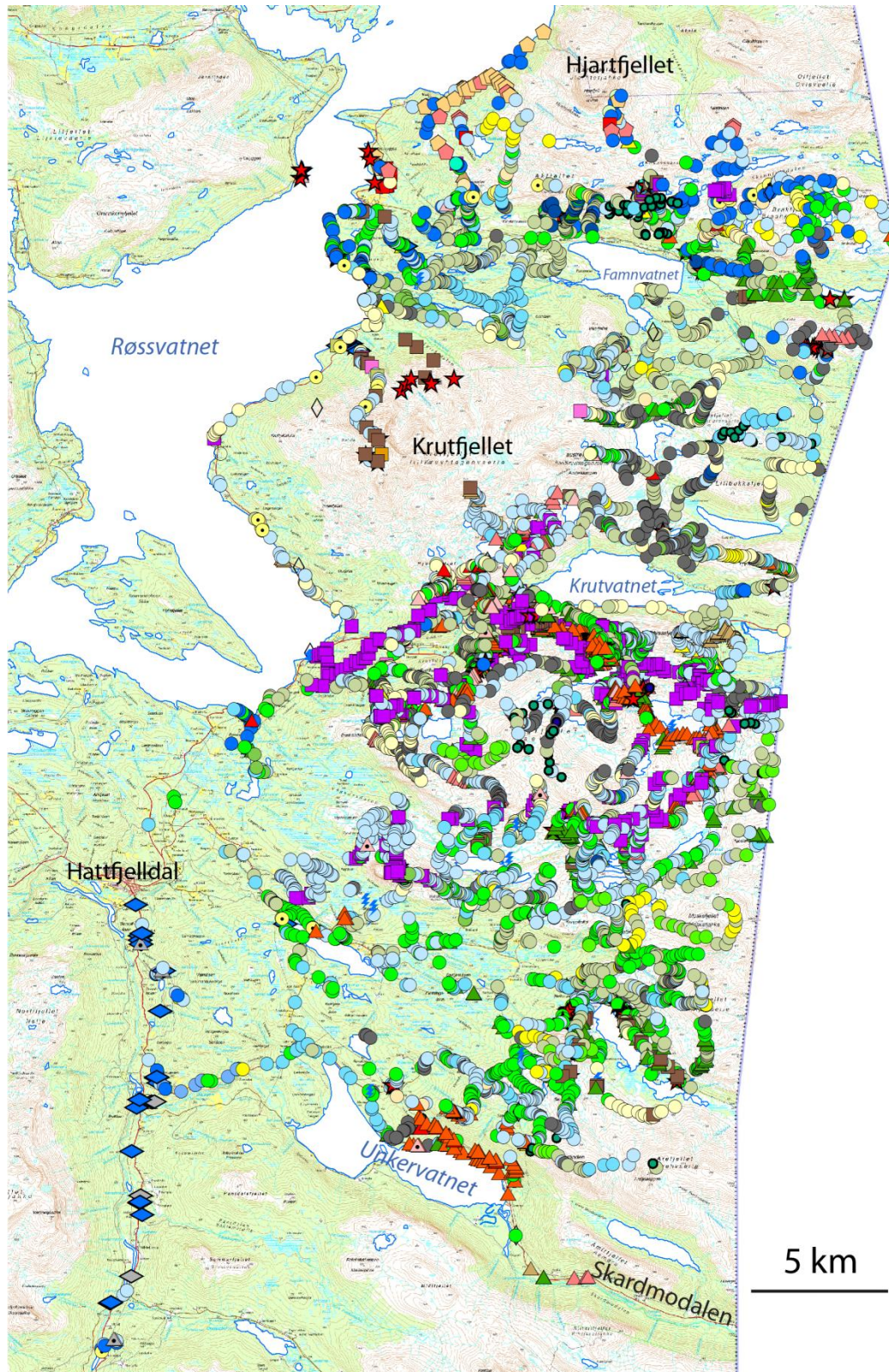
I 2013 ble det utført geokjemisk prøvetaking i et stort område øst og sør for Røssvatnet som også innbefattet hele prosjektområdet (Eggen & Finne, 2014; Andersson o.a., 2015, Figur 3). Prøvene ble tatt av mineraljord i et nett på 1 x 2 km og ble analysert for 53 elementer. Det ble funnet noen nye anomalier som er forsøkt fulgt opp i dette arbeidet.



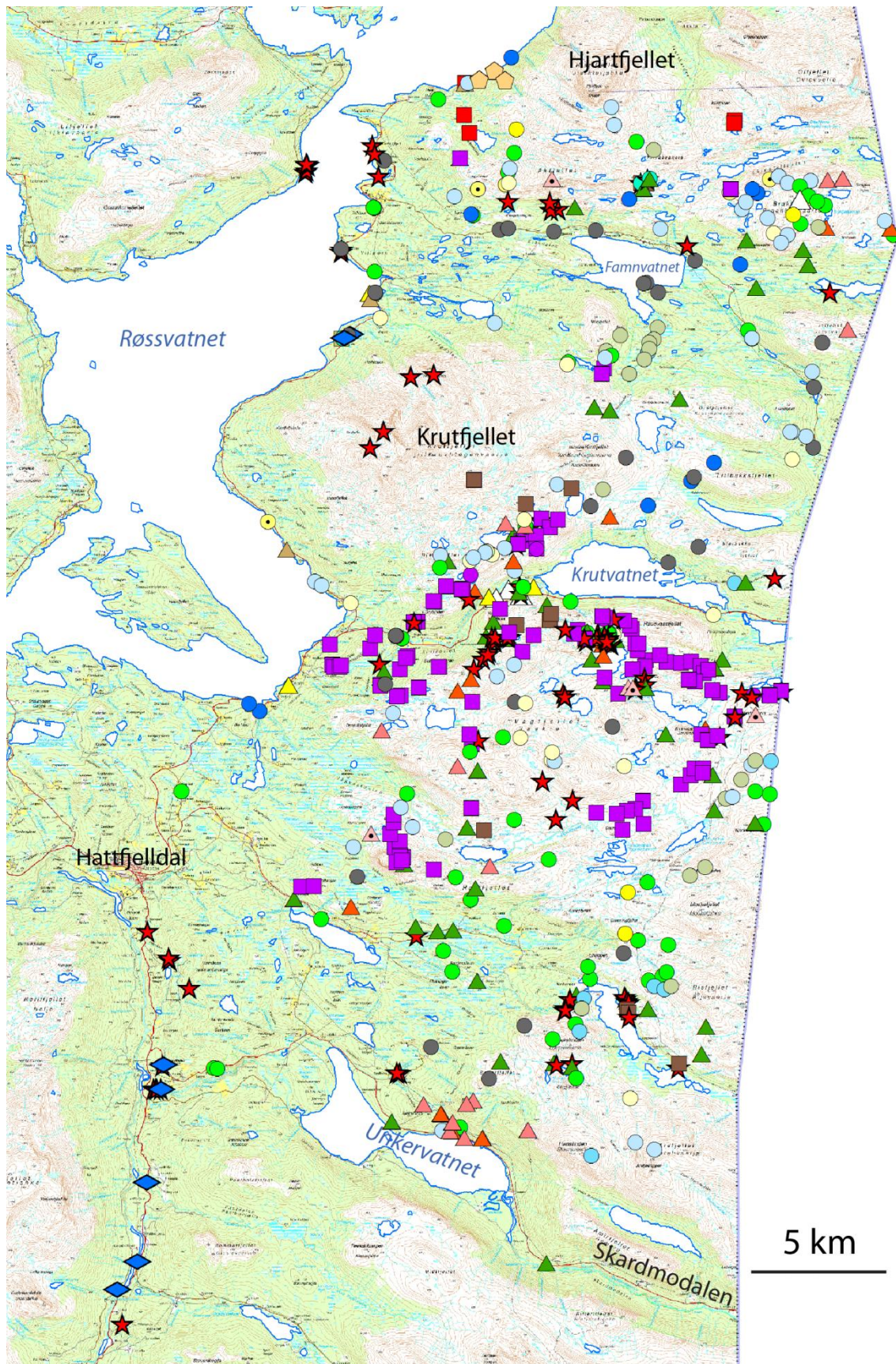
Figur 3: Fordeling av jordprøver (prøvenett 1x2 km) med innhold av sink fra Hattfjelldal. Røde sirkler viser anomalt høye sinkverdier (modifisert fra Eggen og Finne, 2014). Geologisk bakgrunn er basert på NGUs 1:250 000 kart Mosjøen (Gustavson, 1981) samt upublisert materiale. Det henvises til Eggen og Finne (2014) for mer inngående forklaring og fullstendig datasett

2. RESULTATER

2.1 Berggrunnsgeologisk kartlegging og datainnsamling



Figur 4: Fordelingen av observasjonspunkter i Hattfjelldalsområdet, klassifisert i henhold til bergartstype. Grønne farger er mafiske metavulkanitter, røde farger er felsiske metavulkanitter, brune er metagabbro, fiolett er ultramafitt, mørk blå er marmor, svart er grafittskifer, mens grålige, lyseblå og gule farger er sedimentære bergarter. Stjerner markerer mineraliseringer.



Figur 5: Fordelingen av bergartsprøver innsamlet i Hattfjelldalsområdet, klassifisert i henhold til bergartstype. Grønne farger er mafiske metavulkanitter, røde farger er felsiske metavulkanitter, brune er metagabbro, fiolett er ultramafitt, mørk blå er marmor, svart er grafittskifer, mens grålige, lyseblå og gule farger er sedimentære bergarter. Stjerner markerer mineraliseringer.

Kartleggingen og datainnsamlingen er utført digitalt med felt-PC og nettbrett med GIS software (ArcGIS og ArcPad) som har innebygget GPS mottaker. Nøyaktigheten i posisjonen er typisk +/- 5-10 meter.

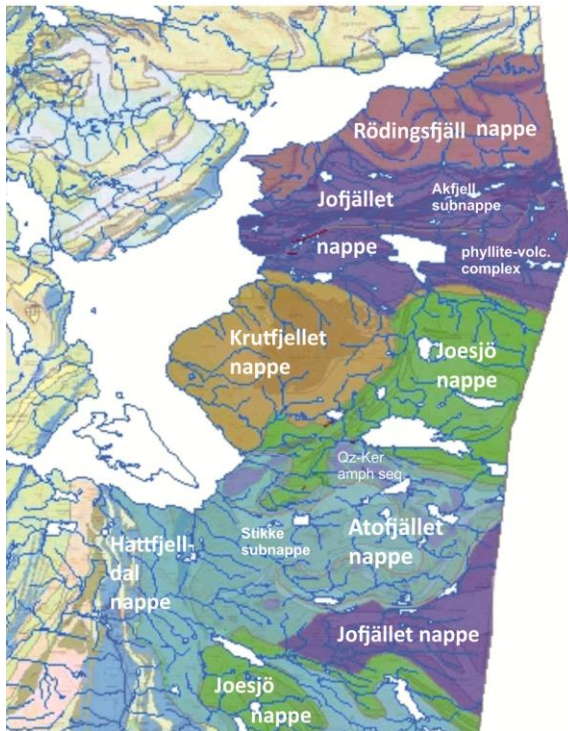
Til sammen er det samlet inn mer enn 6500 observasjoner fordelt på ni geologer i løpet av årene 2013-2016 (rekognoseringsarbeid i 2013 før prosjektet formelt ble startet i 2014). Fordelingen av observasjonspunktene er vist i Figur 4. I 2014 foregikk det meste av feltarbeidet nord for Krutvatnet, i 2015 ble det gjort mest arbeid i området mellom Krutvatnet og Vågfjellet, samt nord for Famnvatnet, mens i 2016 ble området mellom Vågfjellet og Unkervatnet kartlagt. Observasjonsdatabasen innbefatter identifikasjon og beskrivelser av bergarter. På mange av observasjonspunktene er det gjort strukturobservasjoner, inklusive målinger av foliasjoner/ skifrihet, foldeakser og i tillegg detaljstudier på kritiske lokaliteter og strukturelle grenser som skiller forskjellige hovedenheter.

I alt er det innsamlet 605 prøver av bergarter og diverse mineraliseringer til forskjellige geokjemiske analyser, strukturgeologiske studier og dateringer av bergartene. Fordeling av prøvene er vist i Figur 5.

2.2 Geologisk oversikt og strukturelle hovedenheter

Bergartene i Hattfjelldalsområdet har gjennomgått en rekke deformasjonsepisoder med mange faser av folding, skjærdeformasjon og overskyvninger som viser en lang og kompleks tektonisk historie. Bergartene tilhører den sentrale del av de Skandinaviske Kaledonidene og består av omdannede (metamorfoserte) sedimenter, vulkanitter og intrusiver. De dominerende bergartstypene er beskrevet i avsnitt 2.3. Geologien i området består av en rekke skyvedekker som er dannet i silurtiden under den kaledonske fjellkjededannelse (orogenese), den gang lapetushavet ble lukket da kontinentene Baltika og Laurentia kolliderte (Corfu o.a., 2014; Roberts o.a., 2007; Stephens o.a., 1985). Bergartene består overveiende av lavmetamorfe bergarter (lavere grønnskiferfacies) med unntak av Krutfjellsområdet som består av bergarter som har vært utsatt for høyere metamorfosegrad (øvre grønnskiferfacies til amfibolittfacies).

Ut fra tidligere kartlegging tilhører bergartene i det kartlagte området det såkalte Køli dekkekompleks i Øvre allokton (øvre dekkserie) og er inndelt i en rekke dekke-enheter (Dallmann o.a., 1993; Dallmann, 1987). Denne inndelingen (Figur 6) er i stor grad basert på sammenligning/korrelasjon med tilsvarende enheter i Sverige.



nappe complex	main nappe	subnappe	
Uppermost Allochthon	Rödingsfjäll nappe		
Upper Köli nappe	Jofjället nappe	Akfjell nappe	Hattfjell-dal nappe
		(Brakfjellet lens)	
		Phyllite-volc. complex	
	Krutfjellet nappe	Krutfjellet nappe	
Middle Köli nappe	Atofjället nappe	Stikke nappe	
		Qz-Keratoph. amph.- seq.	
Lower Köli nappe	Joesjö nappe	Joesjö nappe	

Figur 6: Tektonostratigrafi i nordlige del av Hattfjell-dalsområdet (basert på og modifisert fra Ramberg, 1981; Stephens o.a., 1985; Dallmann og Stølen, 1994).

Foreløpige resultater fra kartleggingen i dette prosjektet viser at dekkeinndelingen i området må endres og antakelig også kan forenkles en god del, spesielt gjelder dette i den nordlige delen av området, fra Krutvatnet og nordover, men også i området mellom Krutvatnet og Unkervatnet.

Köli dekkekomplekset er inndelt i tre hovedenheter; Undre, Midtre og Øvre Köli som igjen består av et eller flere skyvedekker (Stephens o.a., 1985). Dekkekomplekset ligger tektonisk under Helgeland og Rödingsfjället dekkekompleksene i Øverste Allochthon (Øverste dekkserie) (Roberts o.a., 2007; Barnes o.a., 2011).

I Hattfjell-dal-Røssvatnområdet opptrer alle de tre hovedenhetene i Köli-komplekset, men det er uenigheter mellom forskjellige geologer når det gjelder avgrensinger og oppdeling av disse enhetene (eks. Stephens o.a., 1985; Ramberg, 1981; Dallmann, 1986; Dallmann og Stølen, 1994) blant annet fordi grenseforholdene mellom enhetene ofte er vage og vanskelig presist å definere på grunn av raskt vekslende litologi og glidende overgang mellom bergartstyper. I dette prosjektet har vi valgt å bruke inndelingen i Figur 6 som er tatt fra NGUs 1:250 000 kart Mosjøen (Gustavson, 1981), men med noe tilpasning fra litteraturen som nevnt i figurteksten. I denne inndelingen består Undre Kölidekket av Joesjødekket, mens det strukturelt overliggende Midre Kölidekket består av Atofjälldekket, som av noen blir inndelt i en undre kvartskeratofyr-amfibolittenhet og et øvre Stikkedekke. Over dette ligger Krutfjelldekket som sammen med det overliggende Jofjälldekket utgjør Øvre Köli. Jofjälldekket kan videre inndeles i et fyllitt-vulkanittkompleks og Akfjelldekket. Dallmann (1986) korrelerer Akfjelldekket med Hattfjell-dalsdekket sør for Røssvatnet og vest for prosjektområdet. Noen forfattere (eks. Ramberg, 1981) har foreslått å skille ut den såkalte Brakfjell-linsen som en egen enhet pga. bergarter som ikke passer inn med de omgivende enhetene.

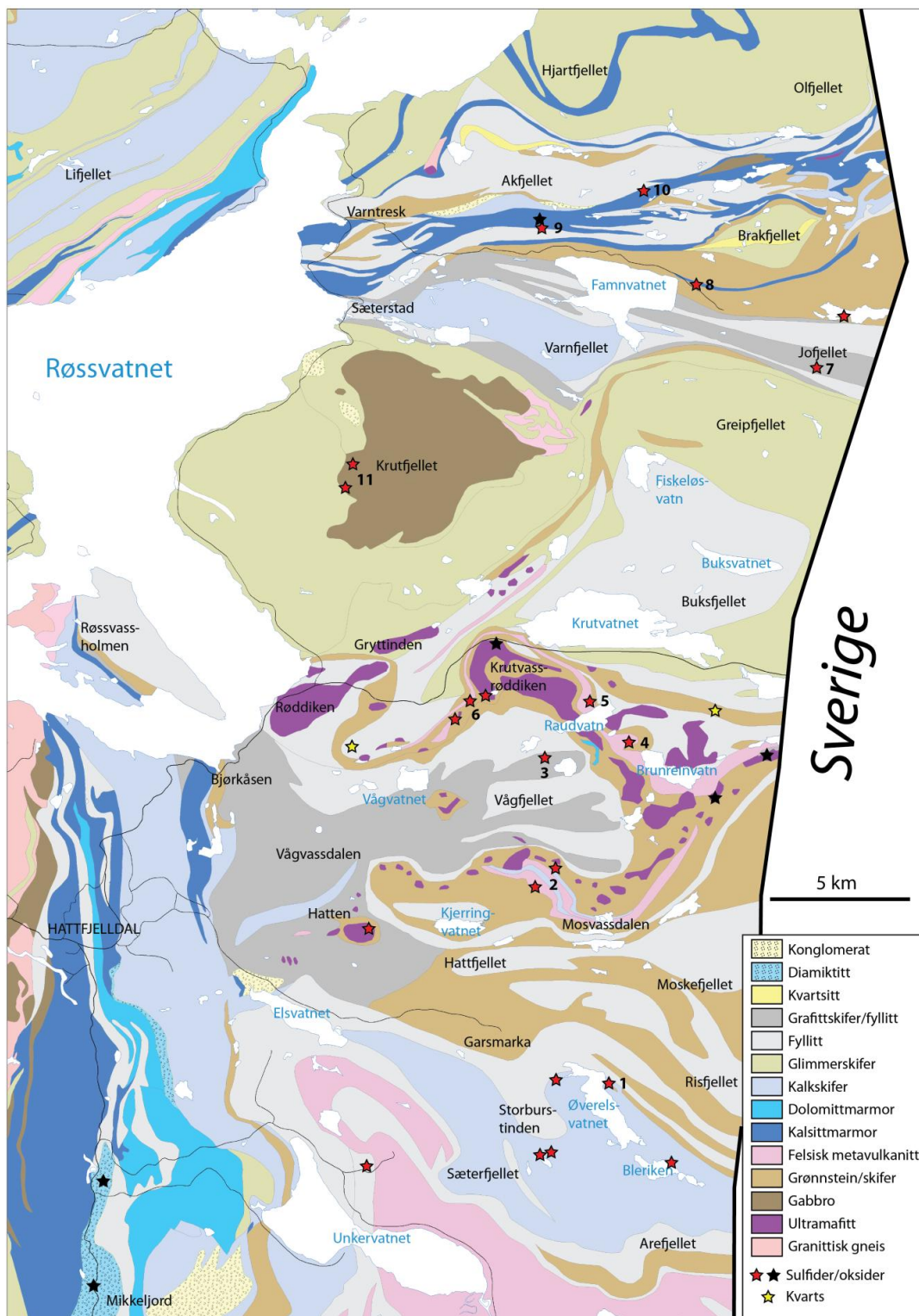
Under kartleggingen i prosjektet har det hele tiden vært fokus på den tektonostratigrafiske inndelingen som har blitt evaluert og endret både under og etter feltperioden. Skyvesonene mellom dekkeenhetene er markert ved skjærsoner som inneholder mylonittiske bergarter, som i skifrige lithologier er representert ved fyllonittiske soner. I marmor er skjærsoner karakterisert ved en velutviklet og kraftig foliasjon med hyppige foliasjonsplan parallelt lagning definert av sammensetning. Dekkegrensene er generelt ikke markert ved definerte skyvesoner, men ved tykke enheter av en rekke tynne mylonittiske/fyllonittiske soner atskilt av soner med mindre deformasjon. Dekkegrensene kan således ha tykkelser på flere ti-talls meter og kan ha en bredde på opptil flere hundre meter avhengig av fallvinkel på skyvesonen. Når en da markerer en dekkegrense med en tynn linje på et kart så gir dette derfor bare en omtrentlig plassering av skyvesonen.

Kartet i Figur 6 viser den tidligere fordelingen av dekkeenheter. Ny kartlegging viser at det blir en god del endringer. Blant annet kan Atofjälldekket følges lenger mot nord til området øst for Krutfjellet og ligger over Joesjødekket i øst. Tilstedeværelsen av Jofjälldekket sør for Atofjälldekket øst for Elsvatnet er sannsynligvis ikke riktig ut fra strukturene observert og bergartene der tilhører nok heller Joesjødekket.

Analysene av strukturell utvikling og tolkning av tektonostratigrafi er stadig under arbeid, men vi kan allerede nå se at det må bli en del endringer i tilhørighet av enkelte enheter til dekker og til og med dekkekomplekser. For eksempel synes kontakten mellom Jofjälldekket og de underliggende enhetene å være av en mer fundamental karakter. Av denne grunn kan sannsynligvis ikke både Jofjälldekket og Krutfjälldekket være i Øvre Køli dekkekompleks. Enten bør Krutfjälldekket flyttes til øverst i Midtre Køli, eller så tilhører Jofjälldekket Øverste Allohton og Rödingsfjäll dekkekompleks. For å bringe dette på det rene er det viktig å få analysert bergartene petrologisk og geokjemisk, siden forskjellig tektonisk setting ofte avspeiles i forskjell i bergstyper og sammensetning av disse.

2.3 Viktigste bergartstyper

De viktigste bergartene i det kartlagte området (Figur 7) er fyllittiske/pelittiske (siltige) metasedimenter som dels er grafittrike, grønnskifre og grønnsteiner, samt ultramafitter. Ultramafittene finnes i hovedsak sør for Krutvatnet og nord for Elsvatnet. Nord for Famnvatnet og er det store mengder med marmor og i Krutfjellområdet opptrer mest glimmerskifre. Underordnet er felsiske metavulkanitter (kvartskeratofyr), kalkrike skifre og psammittiske (sandige) metasedimenter. Det finnes også enkelte mindre gabbrokropper i området i tillegg til en stor gabbrokropp som dekker det meste av Krutfjellet.



Figur 7: Geologisk oversiktskart basert på i hovedsak NGUs 1:250 000 kart Mosjøen (Gustavson, 1981). Mineralforekomster er markert med stjerner (røde er sulfider, svarte oksider og gule er kvarts). De viktigste forekomstene er nummerert (se tekst).

2.3.1 Fyllittiske metasedimenter

Det kartlagte området er dominert av sedimentære bergarter og særlig i form av fyllittiske metasedimenter. Disse har spesielt stor utbredelse i området mellom Famnvatnet og Krutvatnet øst for Krutfjellet, på Vågfjellet og vestover via Vågvassdalen til Bjørkåsen og østover og sørover fra Garsmarka.

Fyllittene viser en stor variasjon på liten skala og det er således umulig å kartlegge ut disse i detalj med unntak av større homogene områder.

Bergartene kan være kvartsrike med dels hyppige kvartslinser og –slirer, kloritt-muskovittrike, biotittrike eller grafittrike. Noen varianter er også kalkholdige. Grafittinnholdet gjør at disse fyllittene gir dels kraftig utslag på de elektromagnetiske målingene (se Figur 2). De mest grafittrike variantene inneholder typisk en god del sulfider i form av magnetkis (pyrrhotitt) eller svovelkis (pyritt) (Figur 8).



Figur 8: Typisk grafittisk fyllitt med anrikning av pyritt og pyrrhotitt i enkelte soner som gir rustdannelse. Lokalitet: Rv.73 i Krutådalen.

2.3.2 Grønnskifre og grønnstein

Grønnskifre og grønnstein er særlig utbredt i området mellom Krutvatnet og Garsmarka, dvs. sør og øst for Vågfjellet, hvor de danner langstrakte og dels mektige enheter (Figur 7). Grønnstein og grønnskifer opptrer også rett nord for Famnvatnet og i form av mektige lag øst for vannet mot svenskegrensa.

Grønnskifrene er typisk klorittrike, dels laminerte og kan være kalkrike. De består foruten kloritt og karbonat, primært av albitt, muskovitt, epidot, kvarts og aktinolit. Grønnskifrene har typisk en velutviklet skifrihet og har ofte innslag av fyllittiske lag og representerer antakeligvis i stor grad tuffittiske bergarter.

Grønnsteinene er mer massive og homogene og typisk noe mer grovkornede enn skifrene. De inneholder også som oftest mye mer amfibol og plagioklas enn skifrene. Bergartene er generelt svært deformerte, men en lokalitet ved Raudvatnet oppviser strukturer som kan

være putelava, og i det tilfelle dannet ved relativ stor dybde under havoverflaten (Figur 9). De fleste grønnsteinene er med stor sannsynlighet metabasalter, men de mest grovkornede typer kan også være subvulkanske intrusjoner.



Figur 9: Mulig putelava. Omrisset av hver pute er mer forvittringsbestandig fordi de er dannet ved hurtig avkjøling under vann. Lokaltet: Nordenden av Raudvatnet.

2.3.3 Ultramafitter/serpentinitter

Ultramafiske bergarter er svært karakteristiske for Hattfjelldalsområdet og står opp i landskapet som meget iøynefallende rødbrune fjell og knauser (spektakulære eksempler er Hatten, Krutvassrøddiken og Gryttinden, Figur 10). Disse bergartene viser en god del variasjon i mineralogi og bergartstype men domineres klart av sterkt serpentiniserte peridotitter og er derfor kartlagt sammenfattende som serpentinitter tross lokale litologiske variasjoner. Det er svært mange av disse kroppene som varierer i størrelse fra titalls meter til kilometer store massiver og de dekker et meget stort område fra Krutvatnet i nord til Elsvatnet i sør. Antakelig er dette den største ansamlingen av serpentinitter i Kaledonidene (hverfall om de på svensk side av grensen tas med).



Figur 10: To prominente serpentinittmassiver: Øverst Hatten og nederst Krutvassrøddiken.



Figur 11: Typisk serpentinittkropp med karakteristisk polyhedral oppsprekning med årer dominert av talk. Lokalitet: Nordvest for Kjerringvatnet.

Serpentinittene forekommer primært som solitære elongerte kropper og er nesten uten unntak assosiert med langstrakte lag av grønnstein og ofte opptrer mindre gabbrokropper sammen med dem. Dette indikerer at det er en genetisk sammenheng mellom disse bergartene.

Serpentinittene representerer omvandlede mantelbergarter og består nå vesentlig av serpentin i form av antigoritt, samt opprinnelig olivin (opptil 50 %).. Mest olivin finnes typisk i kjernen av kroppene, mens randsonene gjerne inneholder en del talk. Disseminert magnetitt er ganske vanlig og er nok dannet i forbindelse med serpentiniseringen. Magnetittinnholdet gjør at serpentinittene kommer tydelig fram i de magnetiske målingene (Figur 2). Aksessoriske mineraler er kloritt, karbonat og pyroksen (både klino- og ortopyroksen). Kromitt er likeledes ofte assessorisk men opptrer i en del kropper som linser og slirer av kromitt, typisk massive (Figur 22). Disse er imidlertid alt for små til å ha noen økonomisk interesse.

Kun få primære magmatiske teksturer er bevart i serpentinittene som til gjengjeld ofte er gjennomvannet av flere generasjoner av hydrotermale årer og årenettverk (Figur 11). Stedvis omkring noen av serpentinittene finner man soner med grense-faciesbergarter, såkalte "black wall" omvandingssoner, dannet ved metasomatisk omvandling av sidebergarten og ultramafittene. Likeledes finnes enkelte steder i randsonene til ultramafittkroppene serpentin pseudo-konglomerater/breksjer kanskje dannet ved forkastningsaktivitet da kroppene kom på plass.

2.3.4 Felsiske metavulkanitter

Felsiske metavulkanitter som har fått feltbetegnelsen kvartskeratofyr opptrer som langstrakte lag i området rundt Krutvassrøddiken og Krutvatnet, samt sørover i Mosvassdalen til

Kjerringvatnet (Figur 7). Vulkanittene er assosiert med og ligger i kontakt med lag av grønnstein. Disse bergartene er viktige fordi noen av de mest interessante sulfidforekomstene er assosiert med dem (Raudvatnet, Brunreinvatnet, Svarthammaren og Mosvassdalen, se underkapittel 2.4).

Keratofyrene består hovedsakelig av albitt og kvarts med mindre mengder kloritt og muskovitt. Teksturen varierer fra porfyrisk med større kvarts- og albittkorn i en finkornet grunnmasse av de samme mineralene til mer jevnkornet. Typisk er bergarten hvit eller lysegrå (Figur 12), men stedvis har keratofyrene en rusten forvitningsfarge som skyldes finfordelte sulfidmineraler. De sulfidførende keratofyrene er typisk muskovittrike og mer skifrige.



Figur 12: Veiskjæring med flatliggende, finskifrig kvartskeratorfyrr. Lokalitet: Dalbekken nord for Unkervatnet.

2.3.5 Marmor

Marmor i form av kalsitt- og dolomitt-marmor opptrer i langstrakte og tykke enheter som strekker seg fra sørenden av Røssvatnet og sørover inn i Susendalen. Disse enhetene er godt kartlagt og befinner seg på det utgitte 1:50 000 kartbladet Hattfjelldal (Dallmann, 1994) og altså utenfor området for dette prosjektet.



Figur 13: Nærbilde av foldet marmor. Den brunlige farge skyldes Fe-oksider i karbonatene. Lokalitet: Litlbukksfjellet.

Innenfor prosjektområdet opptrer langstrakte, men tynne soner av kalsittmarmor i området fra Vartresk ved Røssvatnet og østover nord for Famnvatnet til svenskegrensen. De tynne sonene er typisk noen få meter tykke og veksler med grønnskifer og kalkholdig glimmerskifer. Marmorene opptrer både som homogene enheter med typisk sukkerkornet tekstur, men forekommer også båndet med kalksilikater samt foldet (Figur 13). Dessuten finnes det en del karstdannelse i forbindelse med karbonatene, spesielt nord for Famnvatnet.

2.3.6 Psammitter (metasandstein), glimmerskifer og kvartsittiske skifer

Sedimenter som er mer grovkornet enn silt, altså sand, blir omdannet til sandstein som omdannet gjerne kalles psammittiske bergarter (Figur 14). Slike bergarter er utbredt i store deler av området og gjerne i veksling med, eller som tynnere lag i, de fyllittiske bergartene (Figur 15). De er typisk lyse og kvarts- og/eller feltspatrike. De kan også være glimmerrike og kalles da glimmerskifer.

Mektige enheter med psammittisk skifer opptrer på Vågfjellet, Arefjellet og Buksfjellet-Greipfjellet NØ for Krutvatnet (dels kvartsittiske). Kvartsrike skifer opptrer i en meget langstrakt enhet fra området nord for Hatten og østover gjennom Mosvassdalen, forbi Mosvatnet og nordøstover til svenskegrensen. Det er også kvartsrike skifer i området mellom Hattfjellet og Moskefjellet. Det er også flere langstrakte enheter nord for Famnvatnet (bl.a. nord for Akfjellet og på Brakfjellet). De sistnevnte er mer kvartsittiske.

Granatførende glimmerskifer som dels er staurolittførende, opptrer i Krutfjellområdet og omgir det store gabbromassivet som utgjør de høyere delene av Krutfjellet. Disse oppviser

ofte en rytmisk variasjon mellom finkornede, mer siltige til mer grove sandige lag på meterskala eller mindre (Figur 16).



Figur 14: Typisk relativt grovkornet sandstein (psammitt). De grove kornene består av kvarts og feltspat. Lokalitet: Krokbecken SV for Krutvassrøddiken.



Figur 15: Vekslede mer fine fyllittiske og grove psammittiske skifre. Lokalitet: Vågfjellet.



Figur 16: Metasandstein/psammittiske skifre med varierende kornstørrelse. Lokalitet: Leirelvbukta, Røssvatnet.

2.3.7 Kalkrike metasedimenter

Kalkrike metasedimenter er vanlig som tynne lag i tilknytning til både fyllittiske og psammittiske bergarter, samt marmor. Mektigere og mer langstrakte enheter finnes i området mellom Garsmarka og Unkervatnet, sør for Brunreinvatn, nord for Kjerringvatn, i Buksfjell-Greipfjellområdet og i området mellom Sæterstad og Varnfjellet. Bergartene varierer i karakter fra fyllitt til skifer og er typisk rike i glimmer, særlig biotitt og/eller kloritt. Kalken er ofte vitret ut og gir bergarten et karakteristisk "knudrete" preg (Figur 17).



Figur 17: Typisk kalkrik glimmerskifer med forvitring av kalk som gir et "knudrete" til "hullete" utseende. Lokaltet: Sør for Vågfjellet.

2.3.8 Diamiktitt og konglomerat

Dallmann (1994) har på berggrunnskartet Hattfjelldal 1926 II skilt ut to enheter som er kalt 'Kalkspatførende fyllitt med spredte boller av dolomitt og/eller kvartsitt' (enhet # 32) og 'Magnetittkvartsitt' (enhet # 30) innenfor Litfjelltangenformasjonen. Vi tolker disse enhetene til å representere diamiktitt og jernformasjon som er dannet i nær tilknytning til hverandre som beskrevet fra jernforkomstene i Dunderlandsdalen (Melezhik o.a.. 2015). Diamiktitt er en sedimentær bergart som består av usorterte boller av ulik størrelse i en matriks av slamstein eller sandstein. Den kan indikere glasiøle forhold under avsetningen. Konglomerat er en mer generell betegnelse for klastisk usortert sedimentær bergart med avrundede boller i mer finkornet grunnmasse som kan dannes i en rekke avsetningsmiljøer.

Diamiktitt i Susendalen er nærmere undersøkt i en lengde av ca. 13 km fra Hattfjelldal sentrum i nord til Kvalpskardet sør for Mikkeljord. Mektigheten er vanskelig å bestemme på grunn av intens deformasjon, men er trolig opptil 100 m inkludert jernformasjonen. Det er gradvis overgang fra diamiktitt uten jernmineralisering, til jernoksidførende diamiktitt til mer rene jernformasjoner. Diamiktitt består av spredte, rundete boller av karbonatbergarter, i hovedsak dolomitt (1-5 cm) og i mindre grad større boller av kalkstein (10-40 cm), i en matriks av karbonatførende glimmerskifer som dels også er klorittrik (Figur 18). Jernformasjonen består sterk disseminasjon av Fe-oksid, i hovedsak magnetitt og mindre mengder hematitt, i mm-til dm-tykke bånd i matriks av karbonatførende kvartsglimmerskifer. Mektigheten på jernformasjonen er normalt noen få meter.

Dallmann (1987) og Dallmann & Stølen (1993) har beskrevet en rekke ulike konglomerathorisonter i hovedsak innenfor Hattfjelldalsdekket sør for Hattfjelldal. De fleste av disse representerer ulike elve- og strandavsetninger, mens andre ligner på diamiktitt

beskrevet ovenfor og kan indikere avsetninger under glacial forhold. Dette gjelder horisonter vest for Elsvatnet, vest for Krutfjellet og sør for Akfjellet.



Figur 18: Magnetittmineralisering assosiert med diamiktitt med spredte rundede boller av kalkstein. Lokalitet: Nordvest for Unkervatnet.



Figur 19: Omdannede karbonatfragmenter i kalksilikatbergart/matriks. Mulig opprinnelse som diamiktitt, omdannet som følge av kontaktmetamorfose i forbindelse med intrusjonen av Krutfjellgabbroen. Lokalitet: Steinbrudd på Fjøluneset ved Røssvatnet vest for Krutfjellet.

Forekomsten av det som kan være diamiktitt vest for Krutfjellet har vært utsatt for varme i forbindelse med intrusjonen av Krutfjellet gabbromassiv og er nå omdannet til det som kalles en hornfels. Dette er en finkornet, meget hard bergart som inneholder mye kalksilikater og som ofte er velegnet til pukkformål. Det er et lite steinbrudd/pukkverk på Fjøluneset i denne bergarten (Figur 19).

2.4 Oversikt over mineralressurser

I tillegg til berggrunnskartleggingen er det utført mer detaljerte undersøkelser av mineralressurser i området. De viktigste forekomstene er vist på geologikartet i Figur 7. Undersøkelsene har hatt som formål å finne ut forekomsttype og om de har et ressurspotensial. Forekomstene er også i stor grad prøvetatt for geokjemiske analyser og mikroskopundersøkelser for karakterisering av mineraliseringene.

2.4.1 Sulfidforekomster

De aller fleste sulfidforekomstene er tilknyttet metavulkanitter (keratofyrer eller grønnstein/grønnskifer), mens noen opptrer i sedimenter som fyllitter eller er tilknyttet marmor. Det er også sulfidforekomster i gabbro (på Krutfjellet) og serpentinitter (Hatten og Krutvassrøddiken). De viktigste av sulfidforekomstene er nummerert på kartet i Figur 7 og omtales kort under.

I tillegg til forekomstene i fast fjell er det registrert en rekke sulfidrike blokker med høyt innhold av kobber, sink, bly og edelmetaller. De er tidligere påvist av Boliden, ASPRO/LKAB og Scandinavian Resources. De mest interessante blokkene finnes nordøst for Famnvatnet (1 % Cu, 9 % Zn og 3,2 % Pb), på østsida av Røssvatnet fra Villmoen i sør til Hjartfjellneset i nord og på Lanaset på vestsida av Røssvatnet (opptil 5,4 % Cu, 10,8 % Zn, 2,6 % Pb, 2,5 ppm Au og 119 ppm Ag). Opprinnelsen til blokkene som er opptil 1 m³ store er ukjent, men enkelte ligner både mineralogisk og kjemisk på kjente svenske sulfidforekomster som for eksempel Tjåter som ligger 16 km øst for riksgrensen. Langs Sandørbecken, lengst sør i det kartlagte området, finnes en rekke blokker med massiv sulfidmineralisering som minst er 30 cm mektige. De består i hovedsak av pyritt i muskovittførende, kvartsittisk bergart.

Øverelsvatnet (nr.1 på Figur 7):

Sulfidmineraliseringer ved Øverelsvatnet ble oppdaget og undersøkt av Boliden på 60-tallet. Det finnes mineraliseringer både på øst- og vestsiden av vannet og disse opptrer i grønnskifer på samme nivå i bergartssekvensen. Mineraliseringene består begge steder vesentlig av pyritt med varierende innhold av kobberkis og sinkblende. Mektigheten på sonene er bare opptil 1-2 meter.

Kartlegging i dette prosjektet viser at grønnsteinslaget fortsetter fra vestsiden av vannet mot sør rundt Storburstinden og her er det funnet en større jernhatt og en meget svak sulfidimpregnasjon. Prøver er tatt av mineraliseringene og blir analysert i 2017.

Mosvassdalen (2):

I Mosvassdalen er det funnet to små mineraliseringer. Begge synes å ha en meget begrenset utbredelse. Den sørligste av mineraliseringene opptrer i grønnstein og er kobberrik med jernsulfid og kobberkis i aggregater og årer. Den nordligste opptrer i keratofyr og er sink- og sølvrik. Det interessante med den sistnevnte er at den har samme opptreden og

metallinnhold som forekomstene ved Raudvatnet (se nedenfor), med blant annet forhøyet innhold av tellur og gull. Kartlegging ble utført i området i hovedsak i 2016, men andre mineraliseringer ble ikke funnet.

Sørtjønnna (3):

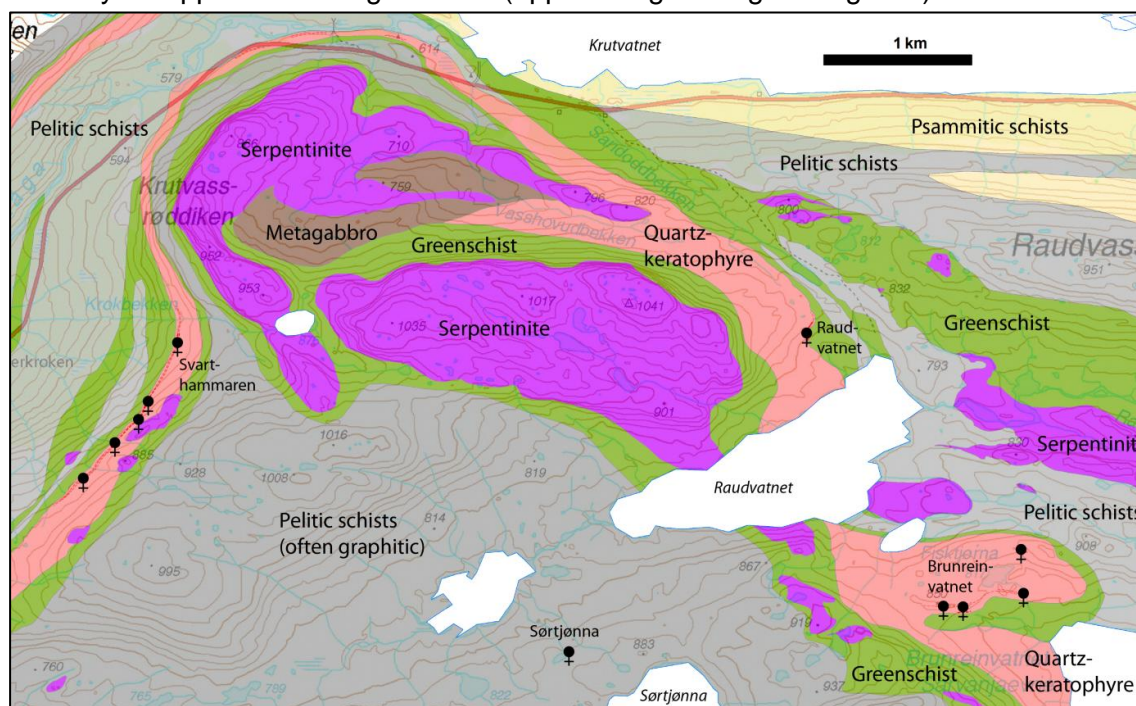
Forekomsten som ligger ca. 500 m NV for Sørtjønnna er en bly-sinkrik mineralisering tilknyttet en dels kalkrik kvarts-glimmerskifer og ligger nær kontakt til overliggende grafittrik skifer. Forekomsten ble funnet av Boliden på 60-tallet og ble undersøkt med blant annet geofysikk og boringer. ASPRO gjorde videre undersøkelser på 80-tallet. Undersøkelsene konkluderte med at forekomsten er for liten til å være økonomisk interessant.

Forekomsten ble undersøkt i 2015 og analyser bekrefter at det er sink-bly mineralisering (5 analyser gir i gjennomsnitt 6.6 % Zn, 5.0 % Pb) med litt sølv (15 g/t Ag) og anriktet i arsen (1160 g/t As). Det er ingen anrikning av andre interessante spormetaller.

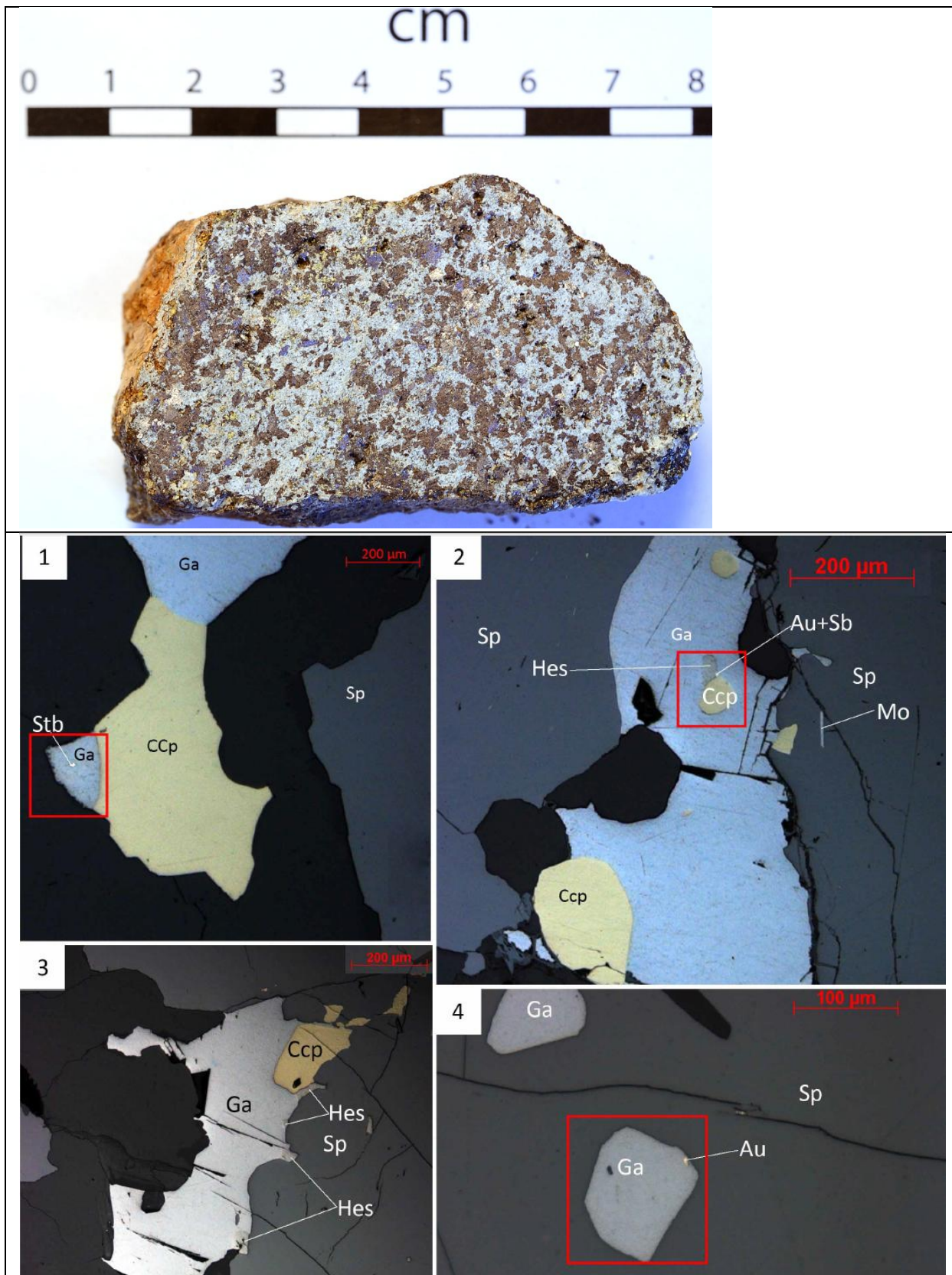
Brunreinvatnet (4):

Forekomsten opptrer i et langstrakt og mektig lag av felsisk metavulkanitt (keratofyr) som strekker seg vestover fra svenskegrensa i øst til vest og nord for Krutvatnet (Figur 7). I dette vulkanske laget opptrer også forekomstene Raudvatnet og Svarthammaren (Figur 20). Brunreinvatnforekomsten ligger i en sterkt deformert og foldet del av keraføyren og består av flere tynne soner med til dels svært rik sink-bly-sølv mineralisering. Forekomsten ble funnet og undersøkt av Boliden på 60-tallet og ASPRO gjorde videre undersøkelser på 80-tallet. Ingen av selskapene kom til noen konklusjon når det gjelder størrelse på forekomsten, men antok ut fra undersøkelser i dagen og begrenset med boringer at den var liten.

Forekomsten ble undersøkt i 2013 og 2015 og analyser bekrefter dels ekstreme verdier av spesielt sink (opptil 29.3 % Zn), bly (opptil 19.7 % Pb) og sølv (opptil 928 g/t Ag). Sølvet er dels knyttet opp mot tellur og antimon (opptil 292 g/t Te og 1130 g/t Sb).



Figur 20: Foreløpig geologisk kart over området sør for Krutvatnet med sulfidforekomstene avmerket med gruvesymbol.



Figur 21: Malmprøve og tilhørende mikroskopbilder fra Raudvatnet forekomsten. Prøven (H22) inneholder 1.5 % Cu, 35.4 % Zn, 2.0 % Pb, 404 g/t Ag, 6.2 g/t Au, 396 g/t Te, 16 g/t In, 54 g/t Sb. Forkortelser: Au-gull, Ccp-kobberkis, Ga-blyglans, Hes-hessitt, Sp-sinkblende, Stb-stibnitt. Data fra Svennungsen, 2016.

Raudvatnet (5):

Forekomsten ligger ca. 200 m nord for Raudvatnet og er som nevnt over, tilknyttet det samme keratofyrlaget som Brunreinvatnforekomsten (Figur 20). I likhet med mange av de andre forekomstene i Hattfjelldalsområdet ble denne funnet av Boliden på 60-tallet. Utgående av mineraliseringen viste svært høye verdier av sink, bly, gull og sølv og forekomsten ble derfor gjenstand for mer omfattende undersøkelser enn andre i området, inklusive systematisk boring. Boliden beregnet at mineraliseringen hadde en tonnasje på 148 000 t ut fra boringene. ASPRO gjorde videre undersøkelser på 80-tallet og ut fra deres boringer økte tonnasjonen til 365 000 t. Selskapet konkluderte videre at forekomsten ikke er avgrenset med boringene som er utført. På grunn av grafittrike skifre og mineraliseringens karakter (sinkrik og ikke massiv) har det vært vanskelig å tolke resultater fra bakkegeofysikk.

Forekomsten er godt blottlagt i utgående og egner seg godt for detaljstudier. En masteroppgave ble derfor utført på forekomsten i 2015 og 2016 (Svennungsen, 2016). Denne viste at mineraliseringen er en sterkt deformert VMS forekomst som er strukturelt kontrollert og har en tilnærmet Ø-V akse. Selv tilførselssonen med anrikning i kobber er også dels blottlagt. Som Brunreinvatnet er denne forekomsten svært rik i sink, bly og sølv, men er også anrikt i gull (1-7 g/t Au). Den er også rik i tellur (25-400 g/t Te) og noe anrikt i molybden (20-300 g/t Mo) og indium (5-15 g/t).

Svarthammaren (6):

Svarthammaren ligger på vestsiden av Krutvassrøddiken i det samme keratofyrlaget som Raudvatnetforekomsten (Figur 20). Hoveddelen av forekomsten kan følges diskontinuerlig over en lengde på ca. 1 km. Den rikeste del av sonen er ca. 500 m lang. Røsking ble utført på 60-tallet og 80-tallet av henholdsvis Boliden og ASPRO og viser at mineraliseringen i utgående er knapt en meter tykk på det meste. Mineraliseringen er som Raudvatnetforekomsten en svært rik sink, bly, gull og sølv mineralisering.

Analysen i prosjektet viser tilsvarende metallinnhold som Raudvatnet med unntak av indium som er vesentlig lavere (< 2 g/t In).

Jofjellet (7):

På Jofjellet er det en mineralisering dominert av pyrrhotitt i et lag av grafittskifer. Sonen kan følges mer enn 1 km langs strøket i form av ekstensiv utvikling av jernhatt. ASPRO utførte røsking og boring av korte hull på denne sonen, men fant kun pyrrhotittmineralisering.

Kartlegging i dette prosjektet viser at tilsvarende jernhatter og jernsulfidmineralisering i form av pyrrhotitt og/eller pyritt er ganske vanlig i de mest grafittrike skifrene i Hattfjelldalsområdet.

Tverrelva (8):

I dette området gjorde Boliden på 60-tallet en rekke undersøkelser etter å ha funnet mange rike malmblokker. Det ble gjort geofysikk og røskearbeider. Disse avdekket flere tynne soner med sulfidmineralisering, dels sinkrike i tilknytning til felsiske lag i grønnskifer. ASPRO fortsatte arbeidene på 80-tallet uten å finne noe av betydning. Området er svært overdekket og de eksisterende grøftene er nå overgrodd slik at det ikke var mulig å finne gode prøver eller gjøre gode observasjoner.

Famnvatnet (9):

Denne sink-bly mineraliseringen finnes i et område som er svært overdekket, ca. 1200 m NNV for nordvestenden av Famnvatnet. Røsking ble utført før 1965 og mer grundige undersøkelser som omfatter geofysiske bakkemålinger og kjerneboring, ble gjort av ASPRO/LKAB tidlig på 1980-tallet. En 10-30 cm mektig sone med båndet malm av sinkblende og blyglans i karbonatførende kvartsglimmerskifer er blottet i en av de noe gjengrodde røskene. Dette er en svært rik mineralisering med opptil 45 % Zn og 4,5 % Pb i prøver, men både utstrekning og mektighet er sannsynligvis begrenset.

Kilvassaksla (10):

Forekomsten har vært kjent siden 1925 og er siden undersøkt av flere selskaper; A/S Sydvaranger på 1960-tallet, ASPRO/LKAB på 1980-tallet og sist av Scandinavian Resources omkring 2010. Geofysiske målinger og enkelte kjerneboringer er gjennomført. Den uregelmessige mineraliseringen kan følges i over 700 meters lengde og mektigheten varierer fra under 1 m i vest og opptil 15 m i øst. Den består av massiv og disseminert magnetkis med mindre mengder kobberkis i skarnbergarter (amfibol-pyroksen-granat-epidot) langs kontakten mellom kalkstein og gabbroide bergarter. Kobberinnholdet er lavt, mindre enn 0,4 % Cu, og det er spredte forhøyde gullverdier som har ført til selskapenes interesse. Den høyeste gullverdien i kjerneprøver er imidlertid bare 1,7 ppm Au over 1,4 m og prøver innsamlet av NGU både under malmregistrering på 1990-tallet og under dette prosjektet inneholder mindre en 1 ppm Au og mineralressurspotensialet antas å være begrenset.

Krutfjellet (11):

Krutfjellet består i hovedsak av en stor gabbro-intrusjon og i tilknytning til denne opptrer flere områder med svak sulfidimpregnasjon. En del av disse ble undersøkt med tanke på nikkel av selskapet AS Sydvaranger på midten av 70-tallet, uten å finne forekomster av betydning.

2.4.2 Oksidforekomster

Forekomster av oksider er i stor grad knyttet til serpentinit-kroppene (kromitt og magnetitt), men også i form av jernformasjoner i forbindelse med sedimenter (diamiktitter og marmor).

Kromittforekomstene opptrer typisk som massive slirer, årer og linser i serpentinitene (Figur 22). De kan ha en lengde på noen meter (opptil 10 meter i årer) og mektighet fra cm i årer til 1-2 meter i korte linser. Selv om mineraliseringene som oftest massive så er de alt for små til å ha noen økonomisk interesse.



Figur 22: Åre av kromitt i serpentinit. Lokaltet: Krutvassrøddiken.

Båndede jernformasjoner opptrer sør for Hattfjelldal mot Susendal og nordvest for Famnvatnet. Båndet kvarts-magnetitt jernformasjon som er opptil 15 m mektig finnes nordvest for Famnvatnet. Den er i kontakt med magnetittførende grønnstein og bergartene danner en flere km lang magnetisk anomali på i de geofysiske målingene som er utført av Scandinavian Resources. Magnetitt opptrer disseminert i bånd i matriks av karbonat, kloritt og muskovitt mellom kvartsdominerte bånd. Jernformasjonene sør for Hattfjelldal er beskrevet sammen med diamiktittene ovenfor (se 2.3.8). Selv om de i følge de magnetiske målingene (Rodionov o.a., 2014) har en total utstrekning på nesten 18 km og jerninnhold på 30-50 % Fe_2O_3 , er de for smale og uregelmessige til å ha økonomisk interesse i dag.

2.4.3 Industrimineraler

Områdets geologi tilsier at det kunne være ressurser av industrimineraler som kvarts, grafitt, karbonater og talk og natursteinsressurser som kleberstein, marmor og skifer/murestein. Dette er også til en viss grad undersøkt.

Kvarts:

Kvarts ble utvunnet fra Krystallhaugen som ligger mellom Vågvatnet og Røssvatnet (avmerket på Figur 7). Her ble det tatt ut noen få hundre kilo kvartskrystaller i en prøvedrift til kommunikasjonsformål (Figur 23). Krystallene ble dels eksportert til USA. Kvartsgangen er noen få hundre meter lang og inntil 3-4 meter tykk. Krystallene som opptrer i druserom var typisk 10-12 cm lange og 3-5 cm tykke og klare. Kvartsen utenom druserommene er vanlig melkekvarts. Det er et åpent spørsmål om kvartsen er ren nok og forekomsten er nok uansett for liten til å være økonomisk interessant. En tilsvarende, men mye mindre kvartsforekomst finnes også i området mellom Krutvatnet og Brunreinvatn (Figur 7).



Figur 23: Inne i en av stollene etter driften på kvarts i forekomsten på Krystallhaugen. I taket av stollen er det grafittrik fyllitt.

Grafitt:

Grafittholdige fyllitter er svært vanlig i det kartlagte området. Siden grafitt har en god ledningsevne, kommer disse bergartene godt fram på EM-dataene fra området (Figur 2). Det ble tatt prøver av de mest grafittrike fyllittene i området med tanke på både karbon-innhold og innhold av sporelementer som kunne være anriktet i disse bergartene (som kobolt, vanadium, molybden og sjeldne jordarter). Resultatene er negative: karboninnholdet er forholdsvis lavt (< 10 %) og grafitten var i tillegg alt for finkornet. Innholdet av sporelementer er også svært lavt.

Karbonater:

Større mengder karbonater i form av langstrakte horisonter med kalsittmarmor finnes i området fra svenskegrensen nord for Brakfjellet til Sæterstad og Varntresk ved Røssvatnet. Disse er imidlertid for tynne til å være økonomiske og ligger også svært avsides. Vest for prosjektområdet, fra Røssvatnet og sørover er det mektige marmorhorisonter og spesielt dolomittmarmorene synes å ha en kvalitet som kan være interessant (Øvereng, 1978; Korneliussen o.a., 2008).

Talk og kleberstein:

I prosjektet er det undersøkt om de store serpentinittkroppene kunne inneholde talk- og klebersteinsforekomster av betydning. Det er noe talkutvikling langs kontakten av en del av kroppene og også relatert til enkelte sprekkesoner, men ingen av disse er store nok til å være av interesse som talk- eller klebersteinsressurs.

2.4.4 Naturstein og pukk

Hattfjelldal ligger langt fra større befolkningsentra, hvilket gjør at eventuelle natursteinsforekomster må være unike og gi høye priser for å kunne utnyttes. Dette skyldes i all hovedsak høye transportkostnader. Av samme grunn vil pukk (knust stein) selv av toppkvalitet neppe være av interesse for eksport ut av kommunen.

Innenfor det kartlagte området er det ikke funnet forekomster av verken blokkstein eller skifer som kan regnes som utnyttbare. Det er mulig at partier av glimmerskifrene vest for Krutfjellet kan brukes til tørrmuring, men da kun til et lokalt marked.

I Susendal sør for prosjektområdet finnes det skiferforekomster av god kvalitet (Bjerggård og Lund, 2009), men disse er nok heller ikke økonomiske på grunn av den lange transportveien.

Vest for Unkervatnet ble det gjort forsøk på å ta ut marmor som sannsynligvis er av samme type som den som har vært brutt i Fauske. Marmoren har en bånding i rosa til hvite sjatteringer med grønne kloritt-glimmerbånd. I forsøksbruddene viste det seg at den var for porøs og sprakk for lett opp langs båndene med kloritt og glimmer. Sonen med marmor har imidlertid en svært stor utbredelse og mektighet, og er ellers lite undersøkt.



Figur 24: Diamiktitt brukt i brua over Unkerelva.

Diamiktitt har lokalt blitt benyttet som blokkstein i vakre steinbruer og forstøtningmur langs fylkesveien i Susendal (Figur 24). Selv om den fin og geologisk svært interessant er det ikke sikkert den har potensial for videre produksjon.

Det har blitt produsert pukk av omdannet (kontaktmetamorf) diamiktitt i et steinbrudd ved Røssvatnet (Figur 19) og det er blitt tatt prøve av bergarten for å undersøke den materialtekniske kvaliteten. Mekanisk test utført ved NGUs lab viser at bergarten har middelsgod kvalitet som oppfyller kravene til vegdekker med gjennomsnittlig årsdøgntrafikk (ÅDT) inntil 3000 kjøretøyer. Dette dekker kvalitetsmessig fullt ut behovet i Hattfjelldal kommune.

2.4.5 Foreløpig vurdering av mineralressurspotensial

Det gjenstår mye arbeid når det gjelder bearbeiding og tolkning av resultatene fra feltarbeidet i Hattfjelldalsprosjektet (se kapittel 3). Derfor blir en vurdering av ressurspotensialet i det kartlagte området på dette stadiet i prosjektet usikkert.

Området har helt klart et potensial når det gjelder økonomiske forekomster av basemetaller (kobber, sink, bly) sammen med edelmetaller (gull og sølv). De mest interessante forekomstene er Brunreinvatnet, Raudvatnet og Svarthammaren, alle i samme enhet av felsisk metavulkanitt sør for Krutvatnet.

Brunreinvatnet har svært høye verdier av spesielt sink, bly og sølv. Nye data i dette prosjektet viser i tillegg høye verdier av tellur og antimon. Forekomsten er komplekst foldet og de få boringene som ble utført på 60- og 80-tallet har ikke begrenset forekomsten.

Forekomstene Raudvatnet og Svarthammaren er begge rike i sink, bly sølv og gull. Nye data i dette prosjektet viser også høye verdier av tellur, molybden og dels indium. Det interessante er at Svarthammaren ligger i forlengelsen av malmaksen til Raudvatnforekomsten. Svarthammaren har ikke vært undersøkt med boringer i motsetning til Raudvatnet. Det er gjort noe bakkegeofysikk over disse forekomstene, men de er vanskelige å tolke, dels på grunn av overliggende svartskifre, men også fordi de er så sinkrike (sinkblende er en svært dårlig elektrisk leder). Det er derfor et potensial for en større og rik forekomst i dette området.

For å avklare potensialet i området og forekomstene Brunvatnet, Raudvatnet og Svarthammaren, kunne kanskje transient EM gi noen indikasjoner, ellers er det nødvendig med omfattende diamantboringprogram.

Sulfidforekomstene ved Øverelsvatnet er også forholdsvis dårlig undersøkt (mest røsking, noe bakkegeofysikk). Geofysikken gav noe utslag som bare delvis er fulgt opp. Sonen er svært langstrakt noe som i seg selv gjør den interessant. I prosjektet mangler foreløpig analyser av en rekke prøver innsamlet i 2016 slik at vi vet lite om innhold og fordeling av potensielt interessante spormetaller.

Som det framgår av oversikten over, synes det ikke å være noe større potensial i det kartlagte området for forekomster av industrimineraler og naturstein. Utenfor prosjektområdet er det et relativt stort potensial for karbonatforekomster (kanskje spesielt dolomitt) i et langstrakt belte fra Røssvatnet og sørover mot Susendalen (Øvereng, 1978, Korneliussen o.a., 2008).

3. VIDERE ARBEID

De mange innsamlede prøvene fra mineraliseringer i området blir sendt til laboratorium for analyser av en rekke elementer, inklusive spormetaller som kan ha økonomisk interesse (eks. germanium, tellur, gallium, indium, antimon, selen). Sammen med detaljundersøkelser/

kartlegging i prosjektet og gamle data i rapporter fra gruveselskapene gir analysene et grunnlag for karakterisering av mineraliseringene, hvilket opphav de har og dermed en bedre vurdering av økonomisk potensial. På NGUs borkjernelager er det også kjerner fra flere av forekomstene sør for Krutvatnet (Brunreinvatnet, Raudvatnet, Sørtjønna), men også fra Scandinavian Resources sitt arbeid ved Farnvatnet. Disse vil bli undersøkt i løpet av våren.

En av de viktigste oppgavene i prosjektet består i å få satt sammen et geologisk kart over prosjektområdet på grunnlag av innsamlede data. Data som benyttes i dette er geologiske observasjoner og geofysiske data. Kartet vil bli utgitt i målestokk 1:50 000 og vil gi et nødvendig grunnlag for blant andre potensielle prospekteringselskaper.

Det er innsamlet mange strukturgeologiske observasjoner, både generelt og fra nøkkel-lokaliteter og tektoniske soner. Disse er viktig for å forstå utvikling og oppbygningen av den kaledonske fjellkjeden i området. Både disse og geokjemi av bergartene er svært viktige for sammenligning (korrelasjon) med de omgivende delene av Kaledonidene.

De innsamlede bergartsprøvene blir analysert geokjemisk og studert under mikroskopet for å fastslå hva de har vært opprinnelig og for å forstå hvilket tektonisk miljø de forskjellige bergartsenhetene ble dannet i. Dette er viktig for tolkningen og forståelsen av områdets geologiske historie og utvikling og potensial for mineralressurser.

Aldersforholdene for geologien i feltområdet er usikker og det er tidligere ikke utført presise radiometriske dateringer av bergarter fra Hattfjelldalområdet. Det planlegges derfor å datere bergarter (primært keratofyrer) som inneholder zirkon som er et mineral som kan aldersbestemmes med U-Pb dateringsmetoden. I tillegg overveies datering av bergarter som grønnstein, gabbro og om mulig ultramafitter ved hjelp av argon-argon dateringsmetode.

Resultatene fra dette arbeidet vil bli samlet og publisert i en NGU rapport som vil bli skrevet på engelsk for å nå ut til potensielle prospekteringselskaper. Det vil være et sammendrag på norsk. Det tas også sikte på å få publisert resultatene i vitenskapelige tidsskrifter.

4. REFERANSER

Andersson, M., Eggen, O.A., Jensen, H., Stampolidis, A., Bjerkgård, T. & Sandstad, J.S., 2015: Geochemistry of soil in relation to air-borne geophysical data and bedrock geology in Hattfjelldal, northern Norway. *Norwegian Journal of Geology* 95, 315-337.

Barkey, L.A., 1969: Samlerapport over Bolidens malmundersøkelser i Nordland i perioden 1963-1969. (BV 7265).

Barnes, C. G., Reid, K., Frost, C. D., Barnes, M. A., Allen, C. M. & Yoshinobu, A. S., 2011: Ordovician and Silurian magmatism in the Upper Nappe, Uppermost Allochthon, Helgeland Nappe Complex, North Central Norway. *Norwegian Journal of Geology*, 91, 121–136.

Bjerkgård, T. & Lund, B., 2009: Skifer og murestein i Susendalen, Hattfjelldal kommune, Nordland. NGU rapport 2009.003, 26 sider.

Corfu, F., Andersen, T.B. & Gasser, D., 2014: The Scandinavian Caledonides: Main features, conceptual advances and critical questions, *Geological Society Special Publication*, pp. 9-43.

Corneliussen, O.A., 1891: Bidrag til kundskaben om Nordlands amts geologi. Norges geologiske undersøkelse nr. 4, 149-189.

Dahl, Ø., 1982: Geofysiske, geokjemiske og geologiske undersøkelser ved Favnavn NV og NØ. ASPRO rapport 1235 (BV 3454).

Dahl, Ø., 1985: Favnavn NV, Hattfjelldal, Nordland. Diamantboringer 1984. ASPRO rapport 1600. (BV 3414).

Dahl Ø., 1987: Kilvassaksla Cu+Au forekomst. Prøvetaking og diamantboring. ASPRO rapport 1737 (BV 3401).

Dahl, Ø., 1988: Sluttrapport for prosjekt "Nordland Øst" med vekt på malmprospektering i Hattfjelldal og Grane 1981-1986. ASPRO rapport 2005 (BV 3451).

Dallmann, W.K., 1986: Polyphase deformation in the Hattfjelldal Nappe, internal zone of the Scandinavian Caledonides, North-Central Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 66, 163-182.

Dallmann, W., 1987: Sedimentary environment and synsedimentary tectonics in the Hattfjelldal Nappe, North-Central Norway. *Norges geologiske undersøkelse, Bulletin* 410, 25-54.

Dallmann, W.K. & Stølen, L.K., 1994: Hattfjelldal berggrunnsgeologisk kart 1926 II, 1:50 000. *Norges geologiske undersøkelse*.

Dallmann, W. & Stølen, L.K., 1993: Hattfjelldal - berggrunnsgeologisk kart 1926 II - M 1:50 000 - BESKRIVELSE. *Norge geologiske undersøkelse Rapport* 93.044, 47s.

Eggen, O.A. & Finne, T.E., 2014: Geochemical data from Hattfjelldal. NGU-rapport 2014.053, 77 sider.

Holmsen, G., 1912: Oversigd over Hattfjelldalens geologi. Norges Geologiske Undersøkelse, nr. 61, 34 sider.

Korneliussen, A., Gautneb, H. & Raaness, A., 2008: Karakterisering av karbonatforekomster i Nordland. NGU-rapport 2008.041, 93 sider.

Melezhik, V.A., Ihlen, P.M., Kuznetsov, A.B., Gjelle, S., Solli, A., Gorokhov, I.M., Fallick, A.E., Sandstad, J.S. & Bjerkgård, T., 2015: Pre-Sturtian (800–730 Ma) depositional age of carbonates in sedimentary sequences hosting stratiform iron ores in the Uppermost Allochthon of the Norwegian Caledonides: A chemostratigraphic approach. *Precambrian Research* 261, 272-299.

Mørk, M. B. E., 1979: Metamorf utvikling og gabbro-intrusjon på Krutfjell, Nordland. cand. real. avhandling, Universitetet i Oslo, 307 sider.

Oxaal, K., 1911: Fra indre Helgeland. Fjeldbygningen og bergartene samt bemerkninger om bergverksdriften. Norges geologiske undersøkelse nr. 59, 68 sider.

Ramberg, I.B., 1981: The Brakfjellet tectonic lens: evidence of pinch-and-swell in the Caledonides of Nordland, north central Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 61, 87-91.

Roberts, D., Nordgulen, Ø. & Melezhik, V., 2007: The Uppermost Allochthon in the Scandinavian Caledonides: From a Laurentian ancestry through Taconian orogeny to Scandian crustal growth on Baltica. In: Hatcher, R. D., Jr., Carlson, M. P., McBride, J. H. & Martínez Catalán, J. R. (eds), *4-D Framework of Continental Crust*. Geological Society of America Memoirs, Boulder, 200, 357–377.

Rodionov, A., Ofstad, F., Stampolidis, A & Tassis, G., 2014: Helicopter-borne magnetic, electromagnetic and radiometric geophysical survey in Hattfjelldal, Nordland County. NGU rapport 2014.029, 29 sider.

Ryghaug, P., 1976: Undersøkelse av en kvartskrystall-forekomst i Krutådalen, Hattfjelldal kommune, Nordland, 31.juli 1974. NGU-rapport 1243/7C, 13 sider.

Svennungsen, R.O., 2016: Structure, setting and petrography of the Raudvatnet sulphide deposit, Hattfjelldal, Northern Norway. Master oppgave, Universitetet i Oslo 2016, 139 sider.

Stephens, M.B., Gustavson, M., Ramberg, I.B. & Zachrisson, E., 1985: The Caledonides of central-north Scandinavia - a tectonostratigraphic overview. In: Gee, D.G. & Sturt, B.A. (eds), *The Caledonide Orogen - Scandinavia and Related Areas*, 135-162.

Stølen, L.K., 1985: Et geologisk stadium av solitære ultramafiske bergarter og omkringliggende metasedimenter og metavulkanitter tilhørende Kølidedekene i Krutådalsområdet, Hattfjelldal, Nordland. Hovedfagsoppgave, Universitetet i Oslo, 1985, 148 + 135 sider (tekst og figurer).

Øvereng, O., 1978: Kalkstein/dolomitt i Hattfjelldal-Susendalområdet, Nordland. NGU-rapport 1556/4C, 15 sider.



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
· NGU ·

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no