

# Varmgang i alunskifertipp

Miljøgeologi og historikk  
FoU-prosjektet MilGRO 2022–2024

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 977



**Tittel**

Varmgang i alunskifertipp

**Undertittel**

Miljøgeologi og historikk  
FoUI-prosjektet MilGRO 2022–2024

**Forfattere**

Cecilie Hallingstad, Halldis Fjermestad,  
Per Hagelia

**Avdeling**

Fagressurser Utbygging

**Seksjon**

Geofag Utbygging

**Prosjektnummer**

VVB12055-013

**Rapportnummer**

977

**Prosjektleder**

Finn Sverre Daniel Karlsen

**Godkjent av**

Pål-Steinar Karlsen

**Emneord**

Varmgang, alunskifer, syredannelse,  
mellomlager, miljøgeologi, geologiske  
forundersøkelser

**Sammendrag**

I 2019 oppstod det varmgang i en massetipp bestående av såkalte blandmasser av alunskifer og andre «ikke forurensede» bergarter nær Kistefoss på Jevnaker.

Massene bestod av berg tatt ut i skjæring i forbindelse med omlegging av Kistefossveien og de inneholdt mer alunskifer enn antatt ut fra forundersøkelsene.

Rapporten inneholder også en sammenstilling av undersøkelser, analyser og tiltak som er utført på massene, og prøver av vannkvalitet i nærheten, før, under og etter varmgang.

Rapporten peker på faktorer som kan ha forårsaket varmgangen.

**Title**

Overheating in alum shale tip

**Subtitle**

Environmental Geology and History  
R&D Project MilGRO 2022–2024

**Authors**

Cecilie Hallingstad, Halldis Fjermestad,  
Per Hagelia

**Department**

Planning and Engineering Services

**Section**

Geomechanics

**Project number**

VVB12055-013

**Report number**

977

**Project manager**

Finn Sverre Daniel Karlsen

**Approved by**

Pål-Steinar Karlsen

**Key words**

Heating, alum shale, acid formation,  
intermediate storage, environmental geology,  
geological preliminary investigations

**Summary**

In 2019, there was overheating in an intermediate storage tip consisting of mixed masses of alum slate and “non-contaminated” rocks near Kistefoss on Jevnaker.

The masses consisted of rock taken out in cutting in connection with the conversion of Kistefossveien and those contained more alum slate than expected in the preliminary investigations.

The report contains also a compilation of surveys, analyzes and measures carried out on the masses, and water quality samples close by, before, during and after the overheating.

The report points to factors that may have caused the overheating.



## Forord

Denne rapporten er utarbeidet som en del av FoU-prosjektet MILGRO som har som mål å redusere miljøpåvirkningen ved veibygging. MILGRO har til hensikt å vise at miljøgeologi-undersøkelser kan redusere kostnader og miljøpåvirkningen i Statens vegvesen sine prosjekt.

*«Miljøgeologisk riktig planlegging og bygging» er et FoU-prosjekt i Statens vegvesen ved Utbyggingsdivisjonen. Prosjektet startet opp i januar 2022 og er planlagt slutført i 2024, men det vil bli søkt om midler for 2025 også. Prosjektet bygger på miljøpolicyen i Utbyggingsdivisjonen til Statens vegvesen og FN sine bærekraftsmål. Det overordnede målet for prosjektet er å komme fram til metoder, rutiner og regelverk for god utnytting av massene som ressurs og med minst mulig forurensning og avfall.*

*Moderne vegprosjekt innebærer omfattende håndtering og transport av berg- og løsmasse. Karakterisering og klassifisering av slike geologiske masser må i større grad, enn tilfellet er i dag, bygge på geologisk kunnskap og metode. Generell geologi og miljøgeologi er derfor nødvendige fag for å oppfylle bærekraftsmålene. En sentral miljøgeologisk oppgave i utbyggingsprosjektene i Statens vegvesen er å skille mellom forurenset berg- og løsmasser og ikke-forurensete masser «rene masser».*

*Forurensete masser, f.eks. syredannende- eller strålefarlige bergarter, påvirker det ytre miljøet i varierende grad. Det er nødvendig å utføre miljørisikovurdering i hvert enkelt prosjekt; både før-, under- og etter bygging av ny veg. Dette krever tverrfaglig samarbeid med miljøfaglig og biologisk kompetent personell.»*

Denne rapporten omhandler varmgang og selvantennning i en alunskifertipp på Jevnaker. Det ble samlet inn mye informasjon og data i forbindelse med gjennomføring av prosjektet, som kan være til nytte for andre fremtidige prosjekt med tilsvarende grunnforhold og problemstillinger.

Takk til Prosjekt Vestoppland og alle på kontorsted Jevnaker som har bidratt med informasjon til denne rapporten. Takk til Pål-Steinar Karlsen, Birgitte Opås og Lene Sørli Heier som har lest igjennom rapporten og kommet med gode innspill.

## Innhold

1	Sammendrag .....	5
2	Innledning.....	6
2.1	Bakgrunn og mål.....	6
2.2	Varmgang i alunskifer.....	6
3	Historikk, prøvetaking og resultat .....	7
3.1	Tidslinje.....	7
3.2	Utsprengning og etablering av massetipper .....	9
3.3	Undersøkelse av mulig gjenbruk av massene .....	13
3.3.1	Syredannende potensial.....	13
3.3.2	Gjenbruk av blandmasser i vegoppbygning .....	14
3.3.3	Mekaniske tester .....	15
3.3.4	Ristetester for vurdering av utlekkingspotensial .....	17
3.4	Varmgang i Massetipp 1.....	20
3.5	Opprydningsprosess .....	22
3.5.1	Transport til deponi.....	22
3.5.2	Gassmålinger og arbeidsmiljøtiltak .....	24
3.5.3	Massetipp 2 .....	25
3.5.4	Massetipp 3 .....	25
3.6	Vannanalyser.....	26
3.6.1	Vannprøver rundt massetippene .....	26
3.6.2	Vannprøver fra vann i direkte nærhet til Massetipp 1.....	28
3.6.3	Vannprøver i vassdrag i nærheten av Massetipp 1 og 2 .....	30
3.6.4	Jord- og vannprøver på jorde oppstrøms massetippene .....	36
3.6.5	Oppsummering av vannanalysene .....	39
3.7	Analyser av alunskifer.....	39
3.7.1	Kjemiske analyser ved HH-XRF og ICP-MS.....	40
3.7.2	XRD .....	44
3.7.3	Mineralkjemisk analyse ved Scanning elektronmikroskopi (SEM) .....	46
4	Diskusjon .....	58
4.1	Syrepotensial på bakgrunn av totalkjemi og mineralogi.....	58
4.2	Varmgang med utvikling av SO <sub>2</sub> -gass .....	59
4.3	Læringspunkt og tiltak.....	60

4.3.1	Betydningen av geologiske feltundersøkelser.....	60
4.3.2	Analyse av bergarter og mineraler .....	61
4.3.3	Mellomlagring og tildekking .....	61
5	Konklusjon .....	62
6	Referanser .....	64
7	Vedlegg.....	66

# 1 Sammendrag

I 2019 oppstod det varmgang i en massetipp bestående av såkalte blandmasser av alunskifer og andre «ikke forurensede» bergarter nær Kistefoss på Jevnaker. Massene bestod av berg tatt ut i skjæring i forbindelse med omlegging av Kistefossveien, og de inneholdt mer alunskifer enn antatt ut fra forundersøkelsene. Det finnes få dokumenterte tilfeller med varmgang i masser på mellomlager, og hensikten med rapporten er å dele de erfaringene prosjektet har gjort seg i forbindelse med uttak, mellomlagring og håndteringen av massene. Rapporten inneholder også en sammenstilling av undersøkelser, analyser og tiltak som er utført på massene, og prøver av vannkvalitet i nærheten, før, under og etter varmgang. Rapporten peker på faktorer som kan ha forårsaket varmgangen.

Undersøkelser utført på stein fra Massetipp 1 og Kistefosskjæringen viste et relativt høyt totalinnhold av svovel (5-7 %) sammenlignet med andre forekomster i alunskifer i Norge. Det aller meste av svovelet forekom i svært finkornet og reaktiv svovelkis med et mulig, men ikke sikkert identifisert innslag av magnetkis. Det ble påvist høyt innhold av framboidal svovelkis og en begynnende naturlig forvitring i utsprengt skjæring. Disse faktorene har sannsynligvis bidratt til at berget har et større potensial for varmgang.

Undersøkelser som ble utført for å vurdere mulig gjenbruk av masser iblandet alunskifer viste at de var uegnet til vegoppbygning både pga. mekaniske egenskaper og syredannende egenskaper med påfølgende utlekkingspotensial.

Massetippene på Kistefoss ble ikke tildekket tilstrekkelig det første halvannet året, noe som gjorde at nedbør kom i kontakt med massene. Vannanalysene våre viste at jordsmonnet på stedet hadde preg av lokal alunskifer og at massetippene ikke førte til svært mye forurensning. I vannansamlinger lokalt rundt Massetipp 1 og Massetipp 2 ble det påvist forhøyede konsentrasjoner av flere metaller og noe nedadgående pH. Massetippene var lokalisert i kanten av en myr med lite gjennomstrømming av vann. Tidligst mulig tildekking bidrar til å redusere forvitningsprosessene og avrenning til miljøet. Ved mellomlagring bør en unngå at varme akkumulerer under tildekkingen.

Alunskifer har store geokjemiske og mineralogiske variasjoner med ulikt potensial for varmgang. Dette tilsier at tiltak bør ta utgangspunkt i en tilstrekkelig relevant dokumentasjon fra hvert enkelt prosjekt.

## 2 Innledning

### 2.1 Bakgrunn og mål

Når alunskifer, også kalt bergartenes sorte får, kommer i kontakt med vann og oksygen fra luft forvitrer den og det dannes svovelsyre. Alunskiferen inneholder i tillegg radioaktive stoffer som uran i tillegg til tungmetaller som blant annet jern, sink og kobber. Når pH synker, vil disse stoffene kunne løses ut og føre til økte konsentrasjoner i miljøet rundt. I henhold til forurensningsforskriften, kap. 2 er grunn som danner syre eller andre stoffer som kan medføre forurensning i kontakt med vann og/eller luft, regnet som forurenset grunn dersom ikke annet blir dokumentert.

I forbindelse med forberedende entrepris for prosjektet E16 Eggemoen-Olum ble Kistefossveien lagt om. Omleggingen omfattet blant annet etablering av nye bergskjæringer. Ved uttak av berg i bergskjæringene ble det avdekket mer alunskifer enn antatt ut fra forundersøkelsene. Massene som var sprengt ut var såkalte blandmasser, og besto av alunskifer og intrusjonsbergarter, som monzonitt og mænaitt. Intrusjonsbergartene ble i videre undersøkelser omtalt om hverandre, men det antas å ha bestått mest monzonitt som er en gangbergart. Massene ble lagt i en felles massetipp i påvente av klassifisering og bestemmelse av endelig disponering. Prosjektet ønsket å se på muligheten for å kunne gjenbruke massene i den kommende entreprisen E02, Åsbygda – Olum, uten at det skulle utgjøre en uakseptabel miljørisiko.

Det ble undersøkt om massene kunne benyttes som fyllmasser, frostsikringslag eller forsterkningslag. Etter omtrent 2 år, ble det våren 2019 avdekket forvitningsreaksjoner og svoveldioksid (SO<sub>2</sub>)-dannelse i massene med varmeutvikling og på sensommeren 2019 førte varmgangen til kraftig røykutvikling.

I denne rapporten har vi gått igjennom hendelsesforløpet og de samlede undersøkelsene som er utført på alunskifermassene i massetippen som utviklet varme. Målet med rapporten er å sammenstille de miljøgeologiske undersøkelsene som ble gjort før, under og etter varmgang. Rapporten skal også prøve å avdekke faktorer som forårsaket varmgangen, og hva som eventuelt skiller alunskiferen på Kistefoss fra andre varianter av alunskifer. Resultater fra mekanisk testing og vurderinger med tanke på brukbarhet som vegbygningmateriale inngår også i rapporten.

### 2.2 Varmgang i alunskifer

Alunskifer er en karbonrik og sulfidførende leirskifer dannet fra slam avsatt ved svært sakte sedimentasjon i sjø under reduserende forhold. Alunskifer forvitrer ofte raskt ved tilgang på oksygen og vann (Bastiansen m.fl. 1957, Bjørlykke 1974). Denne svarte skiferen inneholder flere prosent svovelkis (pyritt) og litt av andre sulfidminerale, som i en forvitningsprosess kan føre til utslipp av svovelsyre til omgivelsene. Skiferen har i tillegg vanligvis forhøyede verdier av metaller som uran, nikkel, kadmium og sink som også løses ut i forvitningsprosessen. Innholdet av sulfider, tungmetaller og karbonater i alunskifer varierer innen den enkelte forekomst. Varianter som inneholder karbonater vil kunne bufre syra til pH ca. 7-8 for en lenger periode avhengig av innholdet av karbonater og samtidig binde flere tungmetaller, mens karbonatfrie alunskifervarianter gir raskere lav pH og metallutlekking (Jeng 1991, 1992).

Under forvitring av svarte skifere kan det frigis varmeenergi til omgivelsene. Oksidasjon av svovelkis er en eksoterm kjemisk reaksjon (Goa & Parizek, 1994). Opp igjennom historien har det vært eksempler på varmgang i massene etter uttak og lagring av alunskifer. Sulfidoksidasjonen fører også

til at det dannes sulfater, blant annet gips og jarositt. Gipskrystaller krever særlig stor plass, og fører til heving av fundamenter og fyllinger. Et eksempel er ved byggingen av Jernbanelinjen Jaren-Røyken i slutten av 1800-tallet der det ble anlagt en fylling med alunskifer. Etter påfølgende forvitring ble resultatet både varmgang og heving som varte i 5-6 år. Snøen la seg ikke før etter noen år (Bastiansen m.fl. 1957). Et nyere eksempel er en fylling av alunskifer på Slemmestad der det ifølge entreprenør også sto stikkflammer opp fra fyllinga. Kombinasjonen av sulfidoksidasjon og høyt innhold av organisk karbon er årsaken til at dette problemet oppstår. Det er ikke mange slike hendelser som har blitt godt dokumentert her i landet, men problematikken er velkjent blant annet fra kullgruver (Restuccia m.fl. 2017, Ma m.fl. 2023).

## 3 Historikk, prøvetaking og resultat

### 3.1 Tidslinje

Undersøkelsene ved Kistefoss startet opp i 2014. Prøvetaking og analyser har blitt utført på flere tidspunkt: i forbindelse med forundersøkelsene, under anleggsarbeidet og etter ferdigstillelse av E16. Både innleide konsulenter og Statens vegvesen (SVV) har vært involvert. Undersøkelser av mineralsammensetning ble utført i forbindelse med FoU-prosjektet MilGRO i SVV i 22/23. I andre halvdel av 2022 tok NGI kontakt med SVV for å få i stand et samarbeid med Universitetet i Oslo (UiO) med tanke på en masteroppgave om varmegang i alunskifer. Masteroppgaven startet opp våren 2023 og skal slutføres innen sommeren 2024. Tabell 1 gir en oversikt over aktiviteter, prøvetaking og rapporter fram til 2023.

TABELL 1. TIDSLINJE FOR RELEVANTE AKTIVITETER FRA PROSJEKTET NY KISTEFOSSEVEG.

År	Aktivitet	Prøver	Rapporter/ dokument	Saksgang
2014	Borkjerne på 27 meter boret på Kistefoss	Geologisk tolking, XRF-målinger på kjerne viste lagvis innslag av svartskifer.		
2016	Geologiske forundersøkelser til forberedende entrepriser og utarbeidelse av tiltaksplan	Visuell studie av blottlagt skifer	Rapporter: <i>Kistefossvegen - Tiltaksplan for håndtering av utgravde masser</i> (COWI, 2016a)  <i>NATURMANGFOLD KISTEFOSSEVEGEN BYGGEPLAN</i> (COWI, 2016b). Rapporten inkluderer også vurderinger mtp forurensing ved inngrep i alunskifer	Utarbeidet tiltaksplan ble ved en feil ikke sendt til kommunen for godkjenning før i 2019.  Naturmangfold-rapport sendt til miljømyndigheter (kommuner, fylkeskommune, fylkesmannen og NVE) for vurdering og avklaring iht. miljøregelverk
2017	Mars-april: Uttak av stein fra skjæring på Kistefoss. Masser med alunskifer ble lagt i massetipper i	- XRD - kjemisk analyse av stein - vannprøver i vannforekomster	Okt: E16 – Prosjektet Kistefos, Tiltaksplan mellomlagrede masser (Structor Geomiljø, 2017b)	



År	Aktivitet	Prøver	Rapporter/ dokument	Saksgang
	påvente av avklaring mtp. gjenbruk i anlegget.  Mars – juli: prøvetaking og vurderinger av massene  Sept: Massene ble tildekket med plastduk	rundt massetippene (aug, sept)	Nov: Vurdering av gjenbruk sprengstein i to tipper (Structor Geomiljø, 2017c)	
2018	Overvåking og videre undersøkelser av Massetipp 1  Okt: Massene ble dekket med tett presenning	Vannprøver i vannforekomster rundt massetippene (april, juni)	Nov: Vurdering av gjenbruk sprengstein i to tipper, rev2 (Structor Geomiljø, 2018)	Nov: Møte med miljømyndigheter (DSA, Miljødirektoratet, Fylkesmannen og kommuner) angående ønske om gjenbruk av svartskifermasser i parsell E02 Åsbyda–Olum
2019	5. mars: Befaring på tipp hvor vi oppdaget forvittringsmateriale og dannelse av SO <sub>2</sub> -gass  30. april Registrert høy varme på toppen av tippet under presenning, SO <sub>2</sub> damp og utfellinger  1.mai: Prosess med å bestille bortkjøring av masser påbegynnes. Avtale underskrives 28.08.19  1.sept: varmgang med kraftig røykutvikling  September-oktober: bortkjøring til deponi	Mars: - Ristettest - XRD av utfellinger - tester av steinkvalitet (Micro deval, Los Angeles)  Aug/sept: - temperatur - SO <sub>2</sub> -målere - stråling (DSA)  Mai/ Okt: vannprøver	Mai: Risikovurdering for E20 Bortkjøring av alunskifer (Statens vegvesen, 2019)	Febr: SVV sender intern søknad om FoU-midler til «Gjenbruk av svartskifer i frostsikringslag».  Mai: SVV sender brev (Statens vegvesen 2019b) til Fylkesmannen i Oslo og Viken med informasjon om massetipp 1 ved Kistefoss og planlagt bortkjøring til deponi. Det gis også bakgrunns-informasjon vedrørende omlegging av Kistefossbekken.  Tilsyn av DSA 2.september etter røykutvikling og delvis selvantenning i massene
2020			Tilsynsrapport DSA 24.04.2020 (DSA, 2020)	April: Tilsynsrapport fra DSA. Det ble pekt på to avvik. Mai: SVV sendte etterspurt tilleggsinformasjon til DSA i hht tilsynsrapport. «Redegjørelse for prosedyrer ved forekomst av potensielt syredannende berg» ettersendes i desember 2020. (Statens vegvesen, 2020)  Tilsyn fra DSA avsluttes

År	Aktivitet	Prøver	Rapporter/ dokument	Saksgang
2022	Oppstart MilGRO FoU-prosjekt i SVV 30.09.23 innsamling av prøver fra skjæring ved Kistefossveien Høst: Initiativ fra NGI om masteroppgave & kontakt med UiO	30.09.23: Analyse med XRF og SEM på prøver fra Kistefossveien	Analyserapporter UiO 30.08.2022/12.10.2022 2 (mineralanalyse)	
2023	Vår: Oppstart MSc v/Silje N Falkenhaus i samarbeid med UiO, NGI og SVV	12 april: Utboring alunskiferkjerner fra Kistefossveien for masteroppgave		

### 3.2 Utsprengning og etablering av massetipper

Våren 2017 startet uttaket av berg i skjæring langs Kistefossvegen. Til tross for at det ble avdekket svartskifer i borkjerne fra Kistefossområdet i 2014, var det ut fra forundersøkelsene i 2016, som bestod av feltbefaring, forventet lite innhold av svartskifer/alunskifer i aktuell trasé for ny veg. Det ble likevel utarbeidet en tiltaksplan av rådgivende konsulent for håndtering av svartskifer/alunskifer (COWI 2016). Tiltaksplanen var kun basert på vurderinger av synlige bergblotninger i området og det ble ikke utført kjemiske analyser av skiferen eller sett på tidligere XRF-analyser av kjerneprøver. De synlige blotningene av skiferen ble vurdert til å være lite reaktive, men det ble presisert at svartskiferen måtte håndteres som forurenset masse med mindre videre detaljerte undersøkelser eventuelt ville vise at massene ikke var forurenset (COWI 2016).

Berguttaket ved sprenging ble gjennomført uten å ta hensyn til at det var både alunskifer og magmatiske bergarter i veiskjæringa (figur 1). Bergartene i området bestod av tre ulike bergartstyper; alunskifer, mænaitt og monzonitt. Bergartene opptrådte som subhorisontale lag med varierende mektighet med alunskifer imellom. Underveis i uttaket ble det påtruffet mer alunskifer enn antatt mellom profil 630 og 760. Massene var sammenblandet etter sprenging og det var nå anleggsteknisk vanskelig å skille alunskiferen fra de magmatiske bergartene, blant annet på grunn av svart støvbelegg fra skiferen.



FIGUR 1. FOTO FRA SKJÆRING LANGS NY KISTEFOSSEVEG TATT 23.06.17 VISER SUBHORIZONTALT LAG AV MÆNAITT, MONZONITT OG ALUNSKIFER. FOTO: CECILIE HALLINGSTAD.

Det ble i samråd med rådgivende konsulent, bestemt at de utsprengte sammenblandete massene fra profil 630 og 760, skulle legges i en egen massetipp (figur 2 og 3) i påvente av videre undersøkelser.

Massetippen, videre referert til som **Massetipp 1** i denne rapporten, ble lagt på en såle av knust stein 0-4 mm med fiberduk under. Rådgivende konsulent anslo at massetippen hovedsakelig besto av den magmatiske bergarten monzonitt med innslag av svartskifer på ca. 30% (tippen er referert til som tipp 2 i Structor sin rapport) (Structor Geomiljø, 2017c).

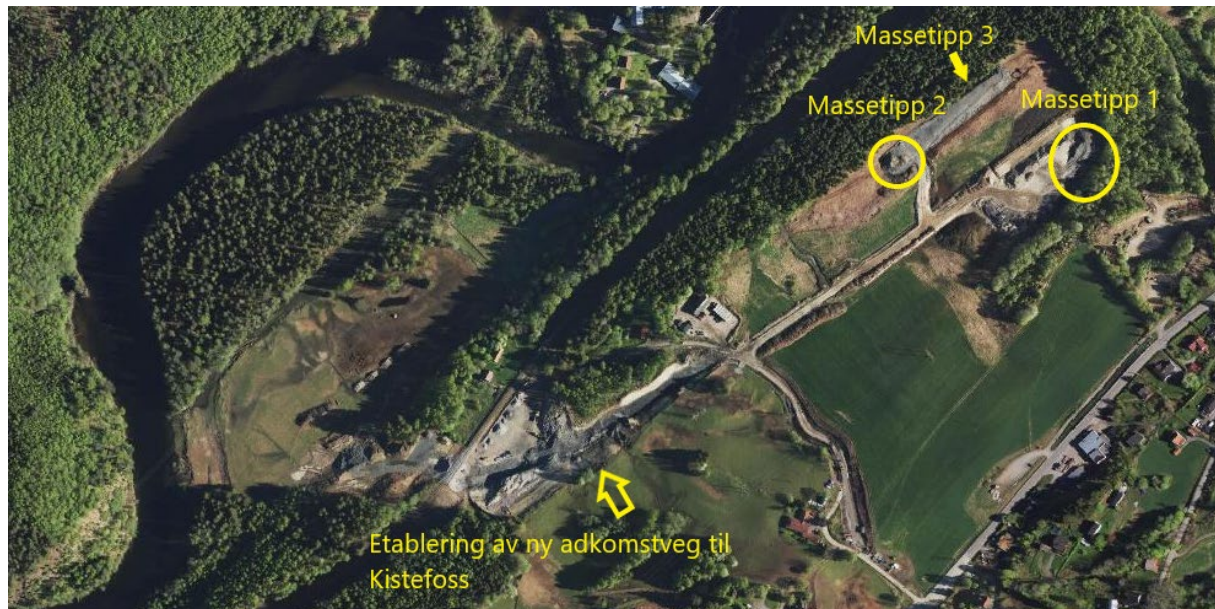
Videre var anbefalingen fra rådgivende konsulent at:

*«Mellomlagrede masser med monzonitt og svart leirskifer kan ut fra eksisterende bakgrunnsverdier for grunnstoffer gjenbrukes til vegformål. Med referanse til i de eksisterende bakgrunnsverdiene, er massene da heller ikke å betrakte som forurenset. Massene anbefales benyttet iht arealbruk og tilstandsklasser med referanse til Tabell 6 i dette dokumentet.*

*Det er et forventet masseunderskudd på strekningen Kistefoss – Moselva. Denne strekningen har bakgrunnsverdiene i berggrunnen som tilsvarer Kistefoss anlegget og kan også være noe høyere. Når massene i tillegg gjenbrukes med samblending med andre masser/sprengstein vil dette resultere i en fortykning /lavere konsentrasjoner i massene enn bakgrunnsverdiene. Bakgrunn for en slik vurdering er at mengden mikrosyenitt er ca.3,5 ganger mengden med masser av monzonitt og svart leirskifer. Massene i mellomlager med monzonitt og svart leirskifer vil da tynnes ved en jevn samblending.»*

Det skulle gjøres videre undersøkelser for å finne den faktiske mengden svartskifer i forhold til mænaitt og monzonitt, og hvilken miljøpåvirkning massene hadde eller kunne få på omgivelsene. Videre skulle det vurderes om massene var syredannende og dermed definert som forurenset grunn i henhold til forurensningsforskriften §2.3. Intensjonen var å undersøke muligheten for gjenbruk av hele, eller deler av Massetipp 1 i den kommende entreprisen E02, E16 Åsbygda – Olum som fyllmasser, frostsikringslag eller forsterkningslag.

Det ble samtidig etablert to andre tipper i samme område. Den ene tippen, videre kalt Massetipp 2, besto av avskavede løsmasser som lå over berget på strekningen. Andelen svartskifer i denne tippen ble anslått til 10-20%. Den tredje tippen, kalt Massetipp 3, besto av utsprengt berg fram til pel ca. 630. Massen var antatt å bestå av monzonitt med et lite innslag av svartskifer/alunskifer (mindre enn 5%) og var planlagt gjenbrukt i parsell E02 (Åsbygda-Olum), med oppstart i 2020.



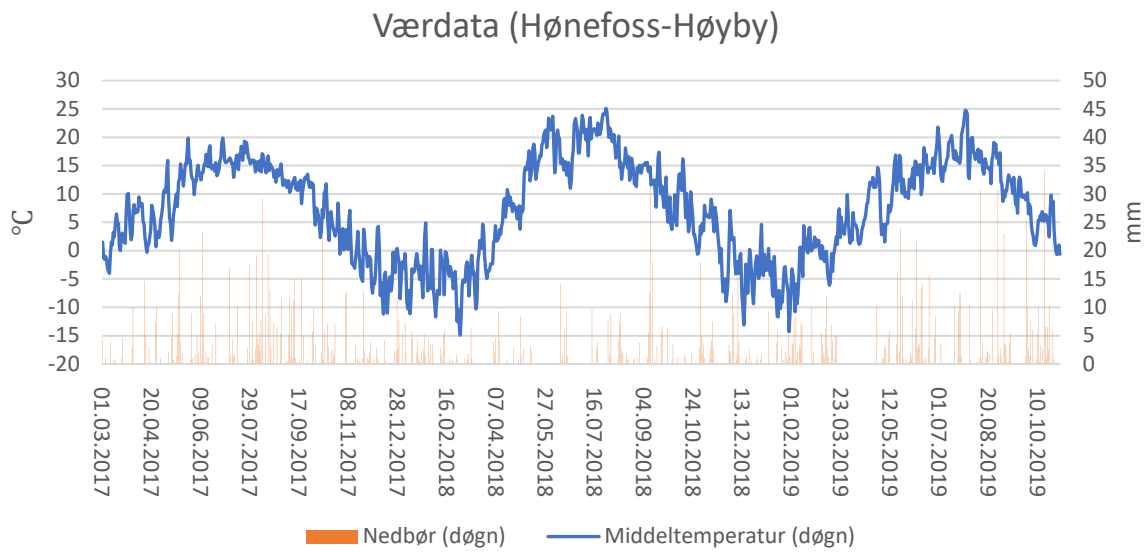
FIGUR 2. FLYFOTO OVER AKTUELT OMRÅDE PÅ KISTEFOSS, SOM VISER Plassering av Massetipp 1, 2 og 3. Randselva går til venstre i bildet. Fv. 241 til høyre (fra Finn.no, 2017).



FIGUR 3. FOTO AV UTLEGGING AV STEIN TIL MASSETIPP 1, FOTO FRA 16.JUNI 2017 ( FOTO CECILIE HALLINGSTAD).

Høsten 2017 ble det bestemt at Massetipp 1 og Massetipp 2 skulle tildekkes mens videre undersøkelser pågikk. Dette var et avbøtende tiltak for å hindre nedbør til massene og påfølgende forvitring og mulig forurensende avrenning til miljøet. Tildekkingen ble først gjort med tynn plastduk i september 2017. Denne viste seg med tiden å ikke dekke alle områder tilstrekkelig, og ett år etterpå, i oktober 2018, ble plasten byttet ut med helt tett letpresenning med planker over for å holde presenningen på plass. Lufttemperatur og nedbør i mellomlagringsperioden fra våren 2017 til høsten

2019 er vist i figur 4. Foto av tildekkingen er vist i figur 5. Det ble også lagt en plan for prøvetaking av vannforekomster i området rundt massene.



FIGUR 4. NEDBØR OG TEMPERATUR I PERIODEN FRA MASSENE BLE SPRENGT UT FRA KISTEFOSSEVEGEN VÅREN 2017 TIL DE BLE KJØRT BORT HØSTEN 2019 (KILDE [OBSERVASJONER OG VÆRSTATISTIKK - SEKLIMA \(MET.NO\)](#)).



FIGUR 5. FOTO AV TILDEKKING AV MASSETIPP 1 OG 2, FOTO FRA OKTOBER 2017 TIL SEPTEMBER 2019. FOTO: ØVRE OG MIDTRE BILDER: HALDIS FJERMESTAD, NEDERSTE BILDER: GINE LØVSTAD HEGSETH.

### 3.3 Undersøkelse av mulig gjenbruk av massene

#### 3.3.1 Syredannende potensial

For å finne det syredannende potensialet av massene i Massetipp 1 og hvilken miljøpåvirkning de kunne få på omgivelsene ved eventuell gjenbruk, ble det utført en rekke analyser i form av håndholdt XRF (HH-XRF), kjemiske analyser ved ICP-MS, XRD og SEM-analyser. Det ble utført undersøkelser i den nye skjæringa langs Kistefossveien på strekningen der hvor massene i Massetipp 1 ble tatt ut, og i selve Massetipp 1, se foto av skjæring langs Kistefossveien i figur 6. Videre omtale av metoder, hvilke analyser som er utført og resultater finnes i kapittel 3.7.



FIGUR 6. NY SKJÆRING LANGS KISTEFOSSEVEIEN, 07.06.17 FOTO: CECILIE HALLINGSTAD

De kjemiske analysene rådgiverne utførte for å finne sammensetning til den svarte leirskiferen indikerte at skiferen var etasje 2 i alunskiferformasjonen.

Konsulent anbefalte i sin rapport (Structor 2017 b og c) å benytte massene til veiformål. Bakgrunnen for dette var blant annet at kontaktvarmen fra de magmatiske intrusjonene skal ha påvirket den kjemiske sammensetningen slik at alunskiferen var blitt endret til «*en mer massiv variant med et langsommere forvittringsløp*» og dermed hadde et lavere syrepotensiale enn uomodnet sedimentær alunskifer (Structor 2017c). Det ble forutsatt at dersom volumet av alunskifer er tilstrekkelig lavt, vil den ikke lenger kunne danne syre. Det ble foreslått å fortynne massene med monzonitt og svart leirskifer 8 ganger ved en jevn spredt blanding. «Dette kan betraktes som en fortynning av en potensielt forurensende kilde. Men ved å tynne ut svart leirskifer tilstrekkelig, så vil den ikke lenger falle inn under definisjonen «grunn som danner syre». Det vil da være en vurdering om en ved uttynning kan tilbakeføre de naturlig forekommende grunnstoffer tilbake i kretsløpet innenfor akseptable konsentrasjoner».

Et annet argument for at massene kunne gjenbrukes, var at massene i Massetipp 1 hadde konsentrasjoner av tungmetaller som var tilsvarende eller lavere enn bakgrunnsverdiene i løsmassene i området rundt.

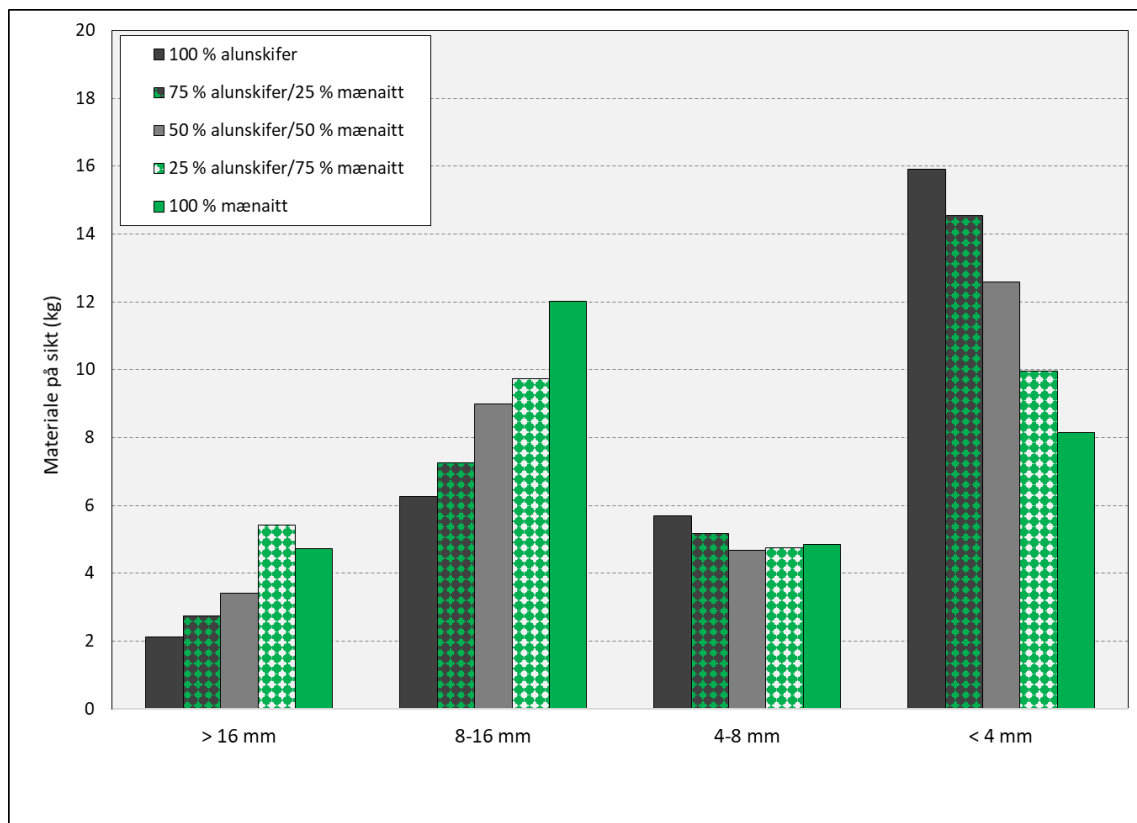
### 3.3.2 Gjenbruk av blandmasser i vegoppbygning

Prosjektet ønsket å undersøke videre om en kunne bruke blandmasser med tilstrekkelig lav prosentandel alunskifer i vegoppbygning. På samme tid ble det arbeidet med å finne en metode for å skille den mekanisk svake skiferen fra den mekanisk mye sterkere mænaitten. Det ble undersøkt muligheten for å kunne knuse og sikte disse bergartene fra hverandre på anlegget. Alunskiferen var antatt å ville foreligge som finstoff etter knusing og burde dermed kunne siktes ut. Dette ble senere gjennomført på Massetipp 3 i 2022 av Skanska, se kap. 3.5.4.

For å avklare om blandmassene kunne benyttes i vegoppbygning, ble det besluttet at SVV med interne ressurser innledningsvis skulle utføre mekaniske tester for å finne bæreevnen og frostsikringsegenskapene til massene. Dette skulle gjøres som et forarbeid til et foreslått FoU-prosjekt. Resultatene ble sammenstilt i et notat (Ulvik, 2022), og de viktigste funnene er oppsummert i kapittelet under. Samtidig ble utlekkingssegenskaper fra massene undersøkt ved å utføre en ristetest (kapittel 3.3.4).

### 3.3.3 Mekaniske tester

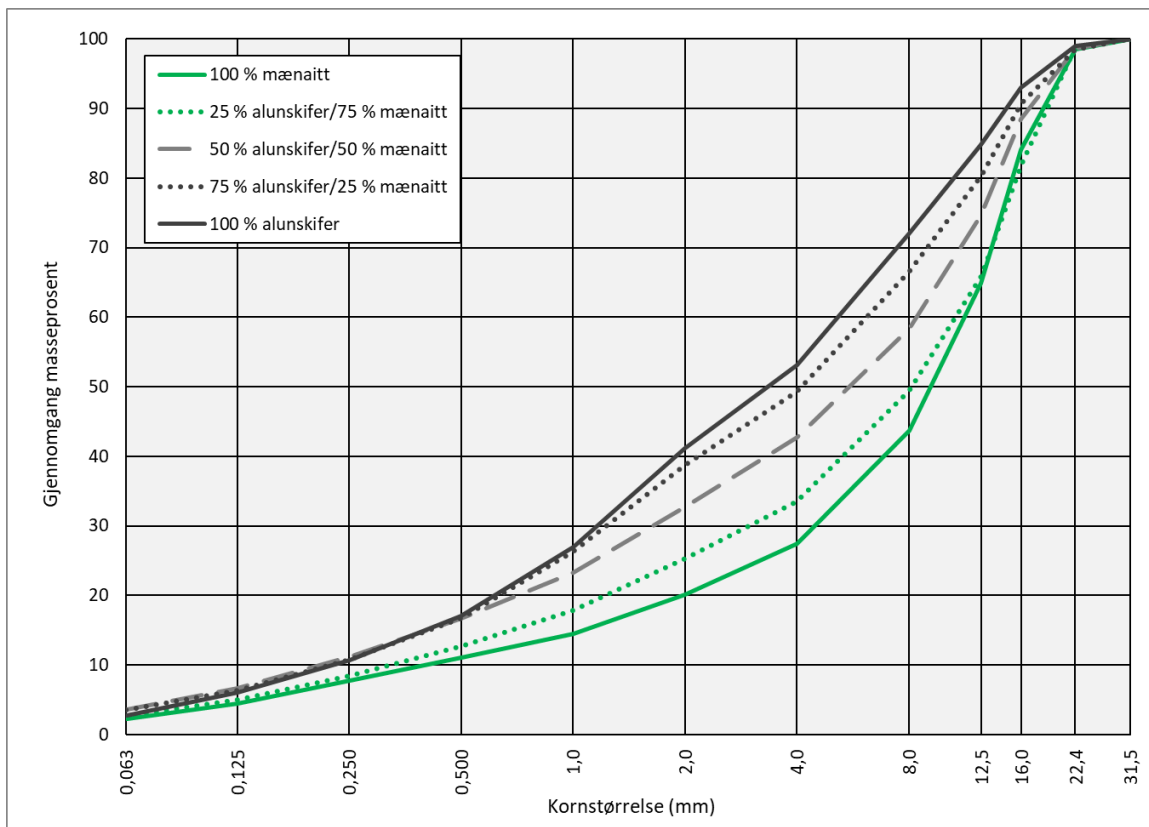
5.mars 2019 ble det samlet inn prøver av alunskifer og mænaitt fra massetipp 1. Testene ble utført ved Laboratorium Øst, Statens vegvesen. Materialet av mænaitt og svartskifer ble satt sammen med ulik prosentvis sammensetning i fem prøver på 30 kg hver, med 100 % alunskifer og 100 % mænaitt som ytterpunkt, med 50 % av hver bergartstype, og med variasjon mellom 25 % og 75 % mænaitt og alunskifer (se figur 7). Laboratorieknuser ble benyttet for framstilling av de ulike fraksjonene, og for å kunne se hvordan produktets beskaffenhet var. Ren mænaitt (grønn søyle) ga mest materiale av grove kornstørrelser (> 8 mm) med ca. 12 kg, mens alunskifer (svart søyle) resulterte i ca. 6 kg med denne kornfraksjonen. For kornstørrelser mindre enn 4 mm var det motsatt, her ble mengde alunskifer dobbelt så mye som mænaitt.



FIGUR 7. KNUSERESULTAT MED INNBYRDES KORNTØRRELSFORDELING FOR PRØVEMATERIALET.

Finstoffandelen mellom prøvene, dvs. materiale < 0.063 mm viste svært liten forskjell, med variasjon mellom 2.2 % og 3.6 %. I figur 8 er kornfordelingskurvene for de ulike variantene vist.



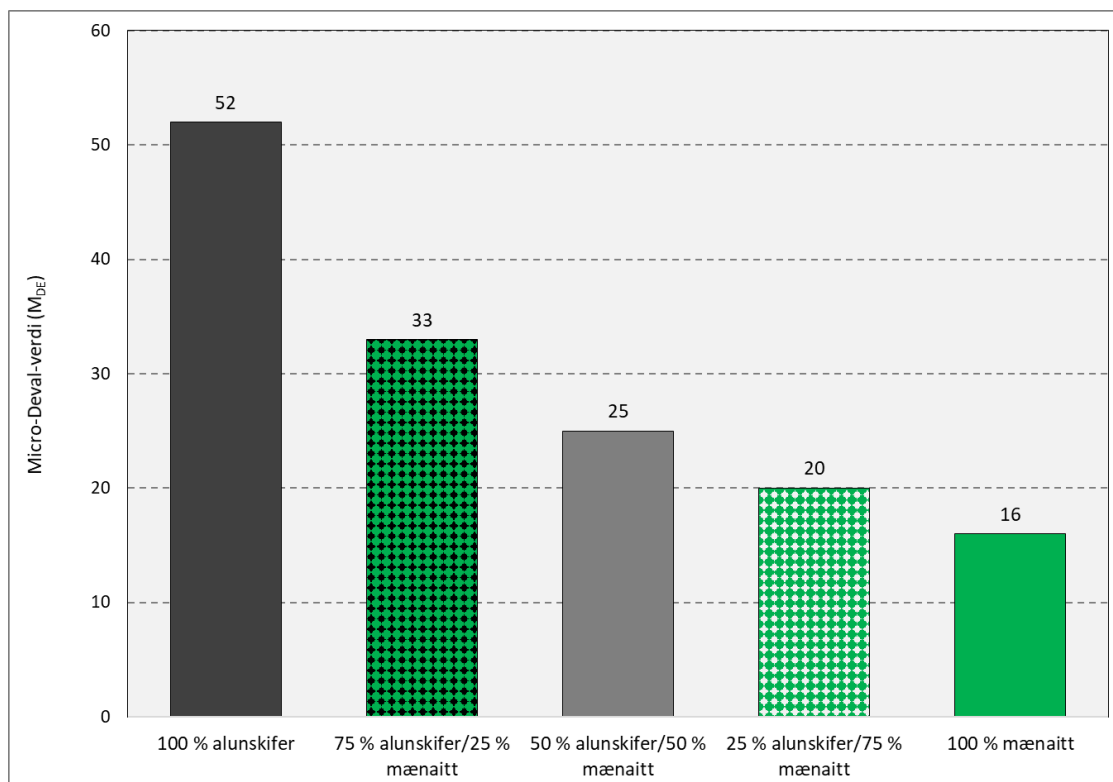


FIGUR 8. Kornfordelingskurver for de ulike prøveblandinger.

Testmetoder som ble benyttet var Micro-Deval og Los Angeles. Micro-Deval er en metode som brukes til å bestemme materialets evne til å motstå slitasje, mens Los Angeles brukes til å finne materialets evne til å motstå nedknusing. Det ble utført Micro-Deval for alle fem prøvene, mens det ble kun utført Los Angeles på prøvene med mænaitt fordi det ble produsert for liten materialmengde til å utføre testing på alunskifer. Resultatene er vist i figur 9.

Resultatet fra testing med Micro-Deval ( $M_{DE}$ ) av ren mænaitt, viste at den var godkjent til forsterkningslag, med verdi på 16, der kravverdien er tallverdi mindre enn 20. Ren alunskifer oppnådde en  $M_{DE}$ -verdi på hele 52. Analyseresultatene viste at med kun små mengde alunskifer blandet med mænaitt, ble materialet umiddelbart svakere. Med 25 % alunskifer iblandet ble verdien 20, og tallverdien økte i takt med økende andel alunskifer. Med 50 % innblanding ble  $M_{DE}$ -verdien 25, med 75 % innblanding ble den 33. Los Angeles-verdien for mænaitten ble målt til 19, noe som var godt innenfor kravet som stilles til forsterkningslagsmasser og bærelagsmasser (lavere verdi enn 35), så verdien på materialet ble vurdert som god.

Det stilles ikke krav til mekaniske egenskaper for materialer som skal brukes som frostsikring, men kornfordelingskurve og kornstørrelser mindre enn 0.063 mm har betydning. Laboratrieknusing viste et gunstig lavt innhold av finstoff for alle prøveblandinger. De ble alle ansett som egnet til frostsikring ut fra finstoffkriteriet, men fordi alunskifer er et svakt materiale, er det stor sannsynlighet for at finstoff genereres når massene legges ut og komprimeres. For «normale» materialer er det erfaringsmessig vanlig at finstoffsøkningen ved komprimering utgjør 1-3 %. For alunskifer er denne andelen vanligvis betydelig høyere.



FIGUR 9. MICRO-DEVALVERDI (MDE) FOR DE ULIKE PRØVEBLANDINGENE.

Basert på mekaniske egenskaper mot fastsatte krav i N200 ble alunskifer betraktet som uegnet i øvre del av vegoverbygningen. Det gjaldt både som rent materiale og i blanding med en sterkere bergart. Det ble på bakgrunn av resultatene konkludert med at alunskifer var uegnet både til frostsikringslag og forsterkningslag.

### 3.3.4 Ristetester for vurdering av utlekkingspotensial

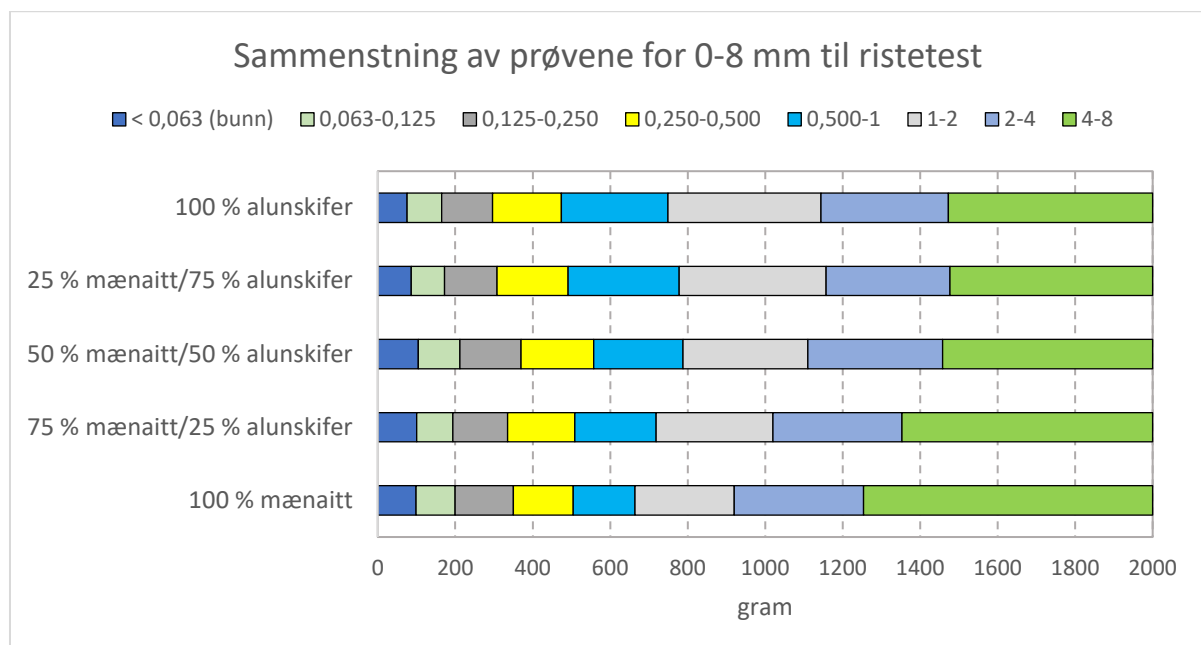
Som en del av undersøkelsene for å undersøke om blandinger av alunskifer og mænaitt kunne gjenbrukes i vegfylling, uten potensiale for skadelig avrenning, ble det utført ristetest på materialet. En ristetest vil kunne indikere «worst case utlekking». Ristetesten ble gjort etter at steinmassene hadde vært lagret ute i halvannet år og bar preg av forvitring. Testen ble utført på fem prøver med ulikt volumforhold mellom mænaitt og alunskifer fra 100 % alunskifer til 100 % mænaitt. Prøvene ble knust i forkant av ristetesten, deretter siktet i forskjellige fraksjoner. Fraksjonene fra 0 – 8 mm ble blandet sammen i et volumforhold vist i figur 10. Hver prøve bestod av 2 kg. Prøvene ble analysert med XRF i forkant av at ristetesten ble utført, se resultater i tabell 2 og vedlegg 3. Ristetest av prøvene ble utført av Eurofins AS. Testene ble utført etter standarden SS-EN 12457/1-4 på material < 4 mm etter knusing og med et forhold vann:faststoff 10:1 og med 24 timers varighet på ristingen. Resultatene ble vurdert i henhold til grenseverdier i Avfallsforskriften kap. 9 vedlegg 2. I tillegg ble det utført analyse for flere metaller i eluatet fra ristetesten.

Resultater fra ristetesten er vist i tabell 3 og 4. For sammenligningens skyld er grenseverdier for inert avfall, grenseverdi for samblanding av farlig avfall og ordinært avfall på ordinært deponi og grenseverdi for farlig avfall (avfallsforskriften kap. 9, vedlegg II) vist i tabell 3, selv om disse analysene alene ikke kan definere hvor opprinnelig masse må deponeres. Resultatene viser en relativ høy utlekking av parameter som kadmium, nikkel, selen, sink og sulfat.

Alle blandingene med alunskifer til stede på minimum 25 % viste pH-verdier under 5,5 og bekreftet dermed at alunskifermassene hadde et syredannende potensial. Laveste pH-verdi på 3,7 ble påvist i blandingen med 75% alunskifer og 25 % mænaitt. Prøven med 100 % mænaitt viste pH 7,9 (tabell 3 og figur 11). Det var en relativt liten forskjell i pH på utlekkingsvannet fra prøvene med 50, 75 og 100 % alunskifer (pH varierte fra 4,3 – 3,7), og prøven med 100 % alunskifer viste pH 4,2. Dette skyldes sannsynligvis en naturlig variasjon av sulfidinnhold i prøvene.

Prøven med lavest pH i utlekkingsvannet (blandingene med 75% alunskifer og 25 % mænaitt) hadde også høyeste utlekte verdier av uran (460 µg/l), kadmium (110 µg/l), kobber (1300 µg/l) og nikkel (5600 µg/l). Kadmium, kobber og nikkel viste også høyeste utlekte konsentrasjoner i samme prøve med henholdsvis verdier på 110 µg/l, 1300 µg/l og 5600 µg/l. Sink hadde høyeste utlekte verdier fra prøven med 25 % alunskifer der verdien var 7100 µg/l.

Innhold av utvalgte grunnstoff i de ulike blandingene ved bruk av HH-XRF er vist i vedlegg 3. Tabell 2 viser innhold i rene blanding av vasket mænaitt og alunskifer. Uran ble målt til 33 – 47 mg/kg i alunskifermassene, mens svovelinnholdet lå på 4,2 – 6,0 %.



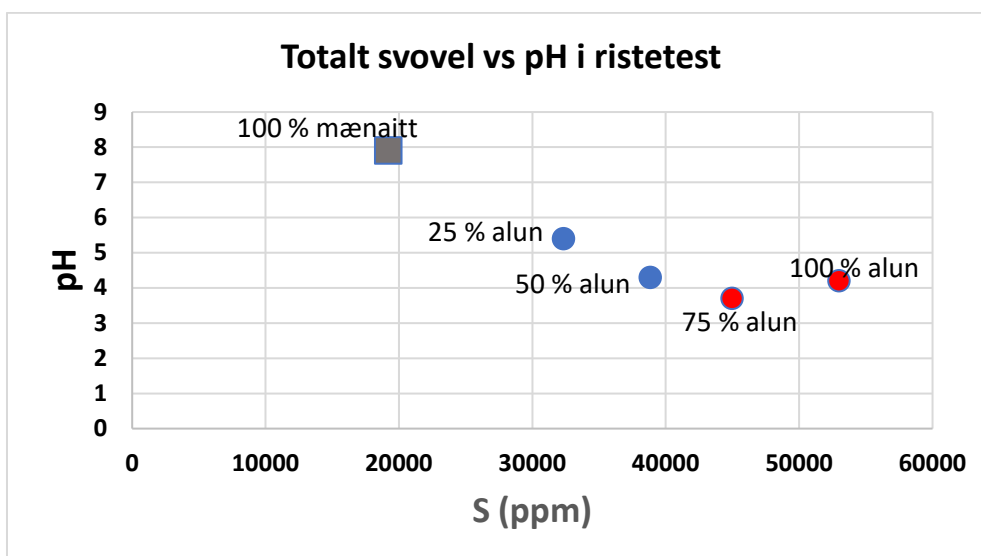
FIGUR 10. SAMMENSETNING AV PRØVENE TIL RISTETEST. DE ULIKE FARGENE REPRERENTERER SIKTESTØRRELSE I MILLIMETER (FIGUR VED ARNHILD ULVIK, SVV)

TABELL 2. MINIMUM- OG MAKSIMUMSVERDIER AV UTVALGTE GRUNNSTOFFER FRA XRF-ANALYSER AV KNUST STEIN I ULIKE FRAKSJONER. SE VEDLEGG 3:

	Mænaitt uvasket (mg/kg), 6 prøver	Mænaitt -vasket (mg/kg), 1 prøve	Alunskifer (mg/kg), 5 prøver
Ni	< 40 - 64	161	50 - 97
Cu	20 - 82	28	73 - 106
Zn	65 - 129	61	87 - 120
AS	19 - 26	12	52 - 73
Mo	15 - 25	20	50 - 63
Pb	< 8 - 13	< 8	18 - 37
U	15 - 22	8,17	33 - 47
Ca	27 000 – 47 000	53 000	20 000 – 38 000
S	13 000 – 25 000	6 000	42 000 – 60 000
Fe	48 000 – 61 000	55 000	55 000 – 66 000

TABELL 3. RISTETEST PÅ FIRE PRØVER MED ALUNSKIFER OG MÆNAITT MED ULIK FORDELING. VANN /FASTSTOFF (L/S) = 10:1 VERDIER SOM OVERSKRIDER GRENSENE FOR INERT AVFALL, SAMBLANDING AV FARLIG AVFALL OG ORDINÆRT AVFALL OG FARLIG AVFALL I AVFALLSFORSKRIFTEN ER MARKERT MED HENHOLDSVIS GUL, RØD OG LILLA FARGE.

	Enhet	grenseverdi inert avfall	samblanding ordinært og farlig avfall	grenseverdi farlig avfall	100 % alunskifer	25 % mænaitt/ 75 % alunskifer	50 % mænaitt/ 50 % alunskifer	75 % mænaitt/ 25 % alunskifer	100 % mænaitt
Konduktivitet i utlekkingsvæske	mS/m				320	360	310	260	140
pH i utlekkingsvæske					4,2	3,7	4,3	5,4	7,9
Temperatur i utlekkingsvæske	°C				23,3	22,9	23,4	23,1	22,9
Tørrestoff	mg/kg TS				35000	42000	34000	26000	12000
Arsen (As)	mg/kg TS	0,5	2	25	0,061	0,096	0,059	<0,050	<0,050
Barium (Ba)	mg/kg TS	20,0	100	300	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Kadmium (Cd)	mg/kg TS	0,04	1	5	0,94	1,1	0,8	0,5	0,017
Krom (Cr)	mg/kg TS	0,5	10	70	<0,050	0,17	<0,050	<0,050	<0,050
Kobber (Cu)	mg/kg TS	2,0	50	100	5,2	14	3,8	3	<0,20
Kvikksølv (Hg)	mg/kg TS	0,01	0,2	2	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Molybden (Mo)	mg/kg TS	0,5	10	30	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,24
Nikkel (Ni)	mg/kg TS	0,4	10	40	56	64	48	33	0,56
Bly (Pb)	mg/kg TS	0,5	10	50	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Antimon (Sb)	mg/kg TS	0,06	0,7	5	<0,0060	<0,0060	<0,0060	<0,0060	0,0097
Selen (Se)	mg/kg TS	0,1	0,5	7	0,68	0,95	0,64	0,2	0,015
Sink (Zn)	mg/kg TS	4	50	200	29	36	27	75	<0,40
Klorid	mg/kg TS	800	15000	25000	<10	<10	<10	<10	<10
Fluorid	mg/kg TS	10	150	500	47	46	34	7,6	3,8
Sulfat	mg/kg TS	1000*	20000	50000	25000	28000	22000	18000	7700
Fenolindeks	mg/kg TS	1	800	1000	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,10
Løst organisk karbon (LOC)	mg/kg TS	500	60000	100000	56	68	52	34	<20



FIGUR 11. pH I UTELEKKINGSVESKE SAMMENLIGNET MED TOTALT SVOVEL OG ANDEL ALUNSKIFER I PRØVEN.

TABELL 4. KJEMISK INNHOLD I ELUATET FRA RISTETESTEN (L:S = 10). ALLE RESULTATER ER PÅ FILTRERTE PRØVER

	Enhet	100 % alunskifer	25 % mænaitt/ 75 % alunskifer	50 % mænaitt/ 50 % alunskifer	75 % mænaitt/ 25 % alunskifer	100 % mænaitt
Arsen (As)	µg/l	4,5	9,5	4,1	1,5	0,24
Bly (Pb)	µg/l	0,26	0,75	0,46	0,010	< 0,010
Kadmium (Cd)	µg/l	93	110	79	52	1,5
Kobber (Cu)	µg/l	370	1300	270	220	0,24
Krom (Cr)	µg/l	2,5	11	2,0	< 0,050	< 0,050
Kvikksølv (Hg)	µg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Nikkel (Ni)	µg/l	5200	5600	4300	2800	52
Sink (Zn)	µg/l	3000	3500	2600	7100	3,4
Aluminium (Al)	µg/l	43000	94000	30000	930	8,3
Barium (Ba)	µg/l	30	< 20	26	30	21
Fosfor (P)	mg/l	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30
Jern (Fe)	µg/l	20000	20000	27000	2200	3,5
Kobolt (Co)	µg/l	1800	2000	1500	900	12
Mangan (Mn)	µg/l	44000	48000	39000	26000	5600
Molybden (Mo)	µg/l	0,19	< 0,40	0,14	0,38	18
Strontium (Sr)	µg/l	1700	1900	2100	2200	1100
Svovel (S)	mg/l	1100	1300	1000	810	340
Vanadium (V)	µg/l	0,081	< 0,40	< 0,020	< 0,020	0,034
Kalium (K)	mg/l	2,0	3,0	3,2	4,9	9,1
Magnesium (Mg)	mg/l	110	170	98	77	38
Natrium (Na)	mg/l	< 0,10	< 2,0	0,13	1,1	0,99
Silisium (Si)	mg/l	3,8	5,9	3,6	1,9	3,3
Kalsium (Ca)	mg/l	520	600	500	560	310
Thallium (Tl)	µg/l	0,33	0,31	0,27	0,19	0,25
Uran (U)	µg/l	210	460	170	18	18

### Konklusjon fra forarbeid til foreslått FoU-prosjekt

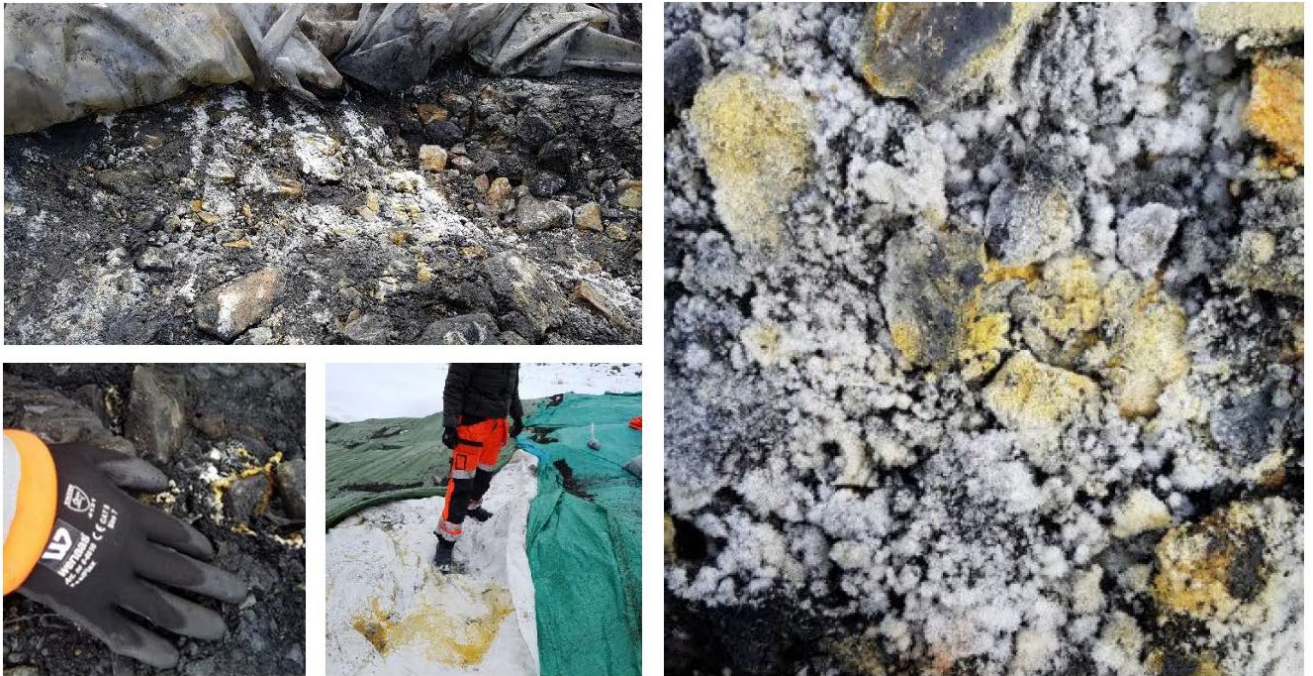
Resultatene viste at masse med 25 % alunskifer eller høyere ikke ville gi tilfredsstillende egenskaper, verken som frostsikringslag eller forsterkningslag. I tillegg viste resultater fra ristetest på masser med innhold fra 25 % alunskifer at massene førte til redusert pH i utlekkingsvannet. Disse faktorene gjorde gjenbruk av masser med innhold av alunskifer uønsket. Det ble ikke gjort tester med lavere prosentandel av alunskifer, og det var dermed ikke på bakgrunn av testene mulighet for å sette en akseptabel nedre grense for hvor mye alunskifer som kunne ha vært forsvarlig å gjenbruke i prosjektet ved samblending med andre masser.

### 3.4 Varmgang i Massetipp 1

Første tegn på omfattende sulfidoksidasjon ble registrert under prøvetakingen av alunskifer og mænaitt for undersøkning av vegtekniske egenskaper. Da massene i tippet ble blottlagt den 5. mars 2019, ved at presenningen ble lagt til side, opplevdes en skarp og ubehagelig lukt som gjorde det vanskelig å puste. Den skarpe, ubehagelige lukten var svoveldioksid, SO<sub>2</sub>, dannet på grunn av oksidasjon i alunskiferen. Det ble også oppdaget utfellinger av forvittringsmateriale på toppen av Massetipp 1 (figur 12). Det ble tatt ut prøver av forvittringsmaterialet, se videre beskrivelse av hvilke analyser som ble utført på disse og resultater i kapittel 3.7.3.

Det ble på dette tidspunkt/sted ikke konstatert spesiell varmgang. Etter forholdsvis kort tid forsvant lukten og det ble tatt ut steinprøver bestående av både alunskifer og mænaitt i hver sine poser. Ved undersøkning av tippet den 30. april 2019 var toppen av tippet under presenningen allerede blitt så

varm at det var umulig å legge hånda på skifer materialet uten å brenne seg. SO<sub>2</sub>-dampen var varig og svært plagsom og det ble registrert hvite, gule og brune utfellinger. Det ble samme dag konstatert at Massetipp 1 måtte kjøres til godkjent deponi og arbeid med anskaffelse for bortkjøring av alunskiferen ble satt i gang. Endelig avtale for bortkjøring av massene ble signert 28.08.2019.



FIGUR 12. BILDER FRA UTFELLINGER UNDER PRESENING PÅ MASSETIPP 1 05.03.19 OG 30.04.19. FOTO HALLDIS FJERMESTAD.

1. september 2019 ble brannvesenet varslet av naboer grunnet røykutvikling i Massetipp 1. Innen representanter fra Statens Vegvesen rakk å komme på plass, ble det av brannvesenet brukt ca. 10 m<sup>3</sup> vann for å kjøle ned disse massene. Videre ble det, i samråd med geolog, besluttet å ikke bruke mer vann i slukningsarbeidet. I stedet for å bruke vann, som bidrar til å eskalere oksidasjonen og videre forvitringen av massene, ble det besluttet å ta av det øverste laget i området med varme masser og spre det utover. På bildene i figur 13 kan man se røyk og damp til venstre for gravemaskinen som sammenfaller med det stedet det kommer røyk og damp fra på bildet under. Damp og røyk til høyre for gravemaskinen kommer fra masser som er lagt der for avkjøling.



FIGUR 13. LOKAL VARMEUTVIKLING SØNDAG 1. SEPTEMBER (FOTO: PÅL-STEINAR KARLSEN).

DSA ble kontaktet av brannvesenet og de hadde tilsyn ved Massetipp 1 og i nærområdet dagen etter, den 02.09.19. Det kom en tilsynsrapport fra DSA i april 2020 (DSA, 2020), hvor det ble pekt på to avvik i forbindelse med lagring av massene i Massetipp 1;

*Avvik 1: «Potensielt syredannende bergarter har ikke blitt håndtert på en tilstrekkelig sikker måte for å unngå forurensning av radioaktive stoffer».*

*Avvik 2: «Radioaktivt avfall har ikke blitt levert til mottaker med tillatelse til å motta denne type avfall innen 1 år».*

Etter krav fra DSA ble det oversendt dokumentasjon på at alunskiferen var kjørt til godkjent deponi.

Det var også et krav om at *Statens vegvesen skulle utarbeide og/eller videreutvikle og implementere prosedyrer som sørger for at slike typer masser etterlever krav satt i avfallsforskriftens § 16-7. I tillegg skulle prosedyrene beskrive metoder for at potensielt syredannende bergarter blir mellomlagret på en trygg måte, slik at oksiderende prosesser ikke skal forekomme.*

Redegjørelse for prosedyrene til Statens vegvesen (Statens vegvesen 2020) ble sendt til DSA i desember 2020, der det ble henvist til tekst i Statens vegvesens oppdaterte håndbøker. Avvikene og tilsynet ble deretter lukket (DSA 2024).

## 3.5 Opprydningsprosess

### 3.5.1 Transport til deponi

Transport av massene i Massetipp 1 startet 10. september. Den 30. september startet bortkjøring av tipp 2 (figur 14 og 15). Det siste lasset til Heggvin gikk den 1. november 2019. Det ble benyttet én 20 tonn gravemaskin og seks biler med henger som hver gikk to turer om dagen totalt 12 dager.



FIGUR 14. MASSETIPP 1 10.SEPTEMBER 2019. ROSA OMRÅDER, FOR DET MESTE NÆR RØYK VED TOPPEN AV TIPPEN, VISER FULLSTENDIG AVBRENNING AV ORGANISK KARBON. FOTO: RUNE ANDRE SOLLI.

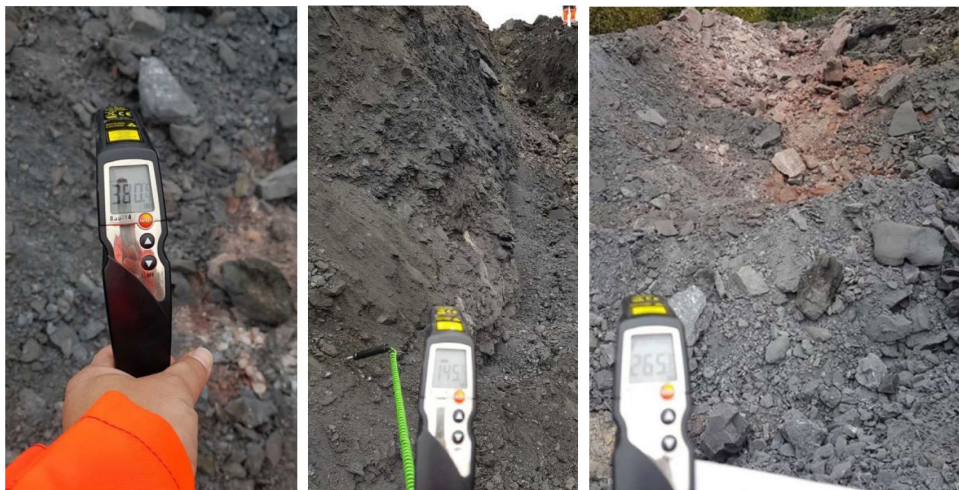
I forbindelse med mottak av massene til deponi, er det krav fra mottaker om informasjon om massene. Mottaket krevde i dette tilfellet også kartlegging for å finne omfanget av varmeutvikling i massene. Massene med varmgang ble delt i to kategorier: varme masser og veldig varme masser. Deponiavgiften ble vesentlig høyere enn opprinnelig pris, særlig for de veldig varme massene. Varmeutviklingen i massetipp 1 hadde påviselig en tydelig avgrensning i tippen (figur 15). Det ble registrert svært høye temperaturer, opp til 384°C, i noen områder i massetippen, mens det på samme tid ble det målt lufttemperatur tilsynelatende uten varmepåvirkning i nærheten. Det ble i tillegg utført åtte målinger med HH-XRF på utvalgte prøver, se resultatene i kapittel 3.7.1. Antatt volum i Massetipp 1 ble beregnet til ca. 1060 m<sup>3</sup>, noe som tilsvarer ca. 760 faste m<sup>3</sup>. 760 faste m<sup>3</sup> utgjorde omtrent 28,1 % av de totale 2700 faste m<sup>3</sup> som ble meldt inn og har en vekt på ca. 2050 tonn basert på en egenvekt på 2,7 tonn pr. m<sup>3</sup>.

Statens vegvesen logget temperaturer i massene før- og under arbeidet med transport av masser til deponi. Den 23. September 2019 ble det målt temperaturer fra 13°C til maksimalt 380°C (figur 16). Det ble benyttet to typer temperaturmålere. Det ene var en laserpistol, hvor man kunne stå på avstand og måle på et punkt i nærheten. Det andre instrumentet bestod av en målepinne som ble satt ca. 30 cm ned i massene. De høyeste temperaturene ble målt med instrumentet med målepinne (Ciur 2019). I områdene med de høyeste temperaturene var det ikke mulig å komme til og Statens vegvesen sin kontrollingeniør fikk smeltemerker på skosålen under målingene. Det var med andre ord ikke mulig å frambringe målinger av maksimumstemperaturen.





FIGUR 15. OVERSIKTSBILDE LOKALISERING AV VARME MASSER. FOTO: PAL-STEINAR KARLSEN SVV.



FIGUR 16. OVERSIKTSBILDE LOKALISERING AV VARME MASSER VED BRUK AV LASER TEMPERATURMÅLER 23. SEPTEMBER. FOTO: GABRIEL CIUR, SVV.

Etter 1. september ble det målt temperaturer på over 300 °C over tre uker i Massetipp 1. Det ble observert flere områdene hvor massene hadde fått en rosa farge etter avbrenning av organisk karbon. De høyeste temperaturene som ble målt i tippene, så ut til å sammenfalle med de områdene hvor massene hadde den rosa fargen.

Den 2. – 10. november, mens bortkjøring av massene pågikk, utførte entreprenøren temperaturmålinger som viste fra 13 til 246 °C (totalt 24 prøver). Det ble i tillegg utført temperaturmålinger på alle lastebillasser ved mottaket på deponiet. Her ble 180°C målt som høyeste temperatur, mens gjennomsnittstemperaturen av 645 målinger var 27,7°C (Sirkula 2020).

### 3.5.2 Gassmålinger og arbeidsmiljøtiltak

Som nevnt opplevdes det en stikkende lukt som gjorde det ubehagelig å puste i forbindelse med prøvetaking på massetipp 1 våren 2019. Dette var svoveldioksid (SO<sub>2</sub>) dannet på grunn av kraftig oksidering av sulfider i massene.

Etter kontakt med STAMI (Statens arbeidsmiljøinstitutt) ble det anbefalt å gjøre målinger av SO<sub>2</sub> under opprydningsarbeidet ved av Massetipp 1.

Arbeidstilsynet har grenseverdier for maks konsentrasjoner/tid en kan oppholde seg i områder med SO<sub>2</sub>:

- For 15 min er det 1 ppm (2,7 mg/m<sup>3</sup>)
- For 8 timer er det 0,5 ppm (1,3 mg/m<sup>3</sup>)

I «risikovurderingen for bortkjøring av svartskifer» (Statens vegvesen, 2019a) ble det derfor beskrevet tiltak for å hindre fare for innånding av svoveldioksid (SO<sub>2</sub>). Tiltakene var at arbeiderne skulle bære personlige SO<sub>2</sub>-målere og ha tilgang på vernemaske. Ved overskridelse av grenseverdier, skulle vernemaske tas på.

Videre ble det beskrevet at dersom en registrerer verdier høyere enn det vernemaska er laget for, kan en rote kort i massene, for deretter kjøre ut av området. SO<sub>2</sub>-nivået var antatt mye lavere rett ved siden av tippene, så gravemaskinarbeiderne ventet til massene fikk luftet seg før en jobbet videre.

Før arbeidet med bortkjøringen startet, ble det bestilt inn verneutstyr fra Dräger Norge AS for de arbeiderne som skulle jobbe i nærheten av massene. Det ble bestilt 3 stk. bærbare målere for SO<sub>2</sub> (PAC 7000 SO<sub>2</sub>) med alarm ved 1 og 2 ppm. I tillegg ble det bestilt hel- og halvmasker med tilhørende filter for SO<sub>2</sub>. Maskene skulle brukes ved overskridelse av grenseverdien på målerne. Halvmasken kunne brukes opp til 30 ppm SO<sub>2</sub>, mens helmaske tålte konsentrasjoner opp til 400 ppm.

I utførelsen var det flere overskridelser på de bærbare alarmene og de avga gjentakende alarm ved piping. Arbeiderne brukte vernemasker noen få ganger, ved behov.

### 3.5.3 Massetipp 2

Massetipp 2 var antatt å bestå av avskavede løsmasser som lå over berget på strekningen. Andel alunskifer i denne tippene ble anslått til 10 - 20%. Denne massetippen ble besluttet transport til godkjent deponi, sammen med massene fra Massetipp 1.

### 3.5.4 Massetipp 3

Massetipp 3 var antatt å bestå av «rene masser» bestående av utsprengt berg fram til pel ca. 630. Massen var antatt å bestå av monzonitt med et lite innslag av alunskifer (mindre enn 5%). Massene var planlagt gjenbrukt i parsell E02 (Åsbygda-Olum), med oppstart i 2020. Ved oppstart av anleggsarbeidene, med Skanska som entreprenør, ble det observert større mengder alunskifer i massene. Alunskiferen ble observert både i selve tippene og i midlertidig anleggsvei. Mengdene ble antatt å være opp mot 20% av totalvolumet og dermed vurdert å kunne ha et potensiale for sur avrenning (Skanska, 2020). Volumet av svartskiferholdige masser ble estimert til i overkant av 6.000 m<sup>3</sup> eller ca. 12.000 tonn. Dette var et betydelig volum, og det ble derfor besluttet å finne metoder for å skille ut svartskiferen for å sikre gjenbruk av de syenittisk/monzonittisk kvalitetsmassene. Basert på kontrasten i styrke mellom disse to bergartene, ble det gjennomført et testopplegg med en gitt knuse- og siktemetode på et knuseverk. Testingen viste at man ville få ut ca. 90% av svartskiferinnholdet i blandmassene i fraksjonen 0-22mm. NGI gjennomførte miljørisikovurdering av massene slik de lå i tippene etter knusing og sikting, og videre for oppryddingsmetodikken som senere ble valgt til oppredning av massene (Skanska, 2020). Med testresultatene, samt NGI sine

miljørisikovurderinger, ble det besluttet å gjennomføre oppredningen av blandmassene i tippen i full skala (figur 17).



FIGUR 17. DET BLE GJENNOMFØRT OPPREDNING AV MASSETIPP 3 VED BRUK AV KNUSE OG SIKTEVERK. BILDE TIL VENSTRE VISER UTTAK AV FRAKSJONEN 22-50MM. DISSE MASSENE BLE SAMMEN MED FRAKSJONEN 50-120MM LAGT UT OG GJENBRUKT. BILDET TIL HØYRE VISER UTTAK AV SVARTSKIFERHOLDIG 0-22MM SOM BLE KJØRT TIL GODKJENT DEPONI. FOTO: CECILIE HALLINGSTAD



FIGUR 18. DET BLE UTFØRT STIKKPRØVEKONTROLLER UNDERVEIS I KNUSE- OG SIKTEPROSESSEN. FOTO: CECILIE HALLINGSTAD

Skanska gjennomførte stikkprøvekontroller underveis i knuse- og sikteprosessen (figur 18).

Dokumentasjonen viste at andelen svart leirskifer økte med avtakende kornstørrelse. Det var < 2% skifer i fraksjonen som var > 50 mm, mens fraksjonen 8 – 16 mm inneholdt 20% svart leirskifer. Det ble vurdert at det var de finstoffholdige massene < 20 mm som hadde størst miljørisiko, som forutsatt i miljørisikovurderingen til NGI.

Etter utført oppredningsarbeid hadde omtrent 70% av de opprinnelige blandmassene fått et svært lavt svartskiferinnhold og kunne benyttes fritt i linja uten fare for uakseptabel miljørisiko. Prosjektet hadde på den måte oppnådd en betydelig miljøgevinst og en kostnadsbesparelse.

## 3.6 Vannanalyser

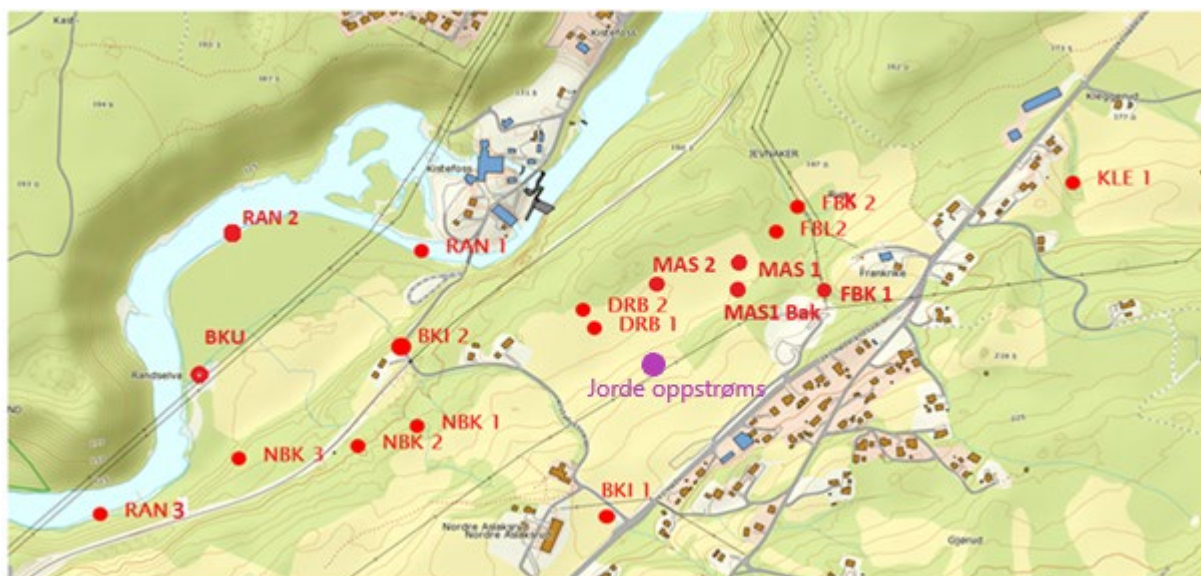
### 3.6.1 Vannprøver rundt massetippene

Etter at massene med alunskifer ble lagt på mellomlager, ble det etablert målepunkter for å prøveta avrenning og vannansamlinger fra de to massetippene og vannkvaliteten i de nærmeste bekkene. Tabell 5 viser datoene vannforekomster og oppsamlet vann ble undersøkt i området (figur 19 og 20). Sommeren 2018 var det tørt med lite nedbør, og flere av de mindre vannforekomstene var tørrlagte. Metallkonsentrasjonene i vannprøvene er vurdert etter tilstandsklasser i veileder M608

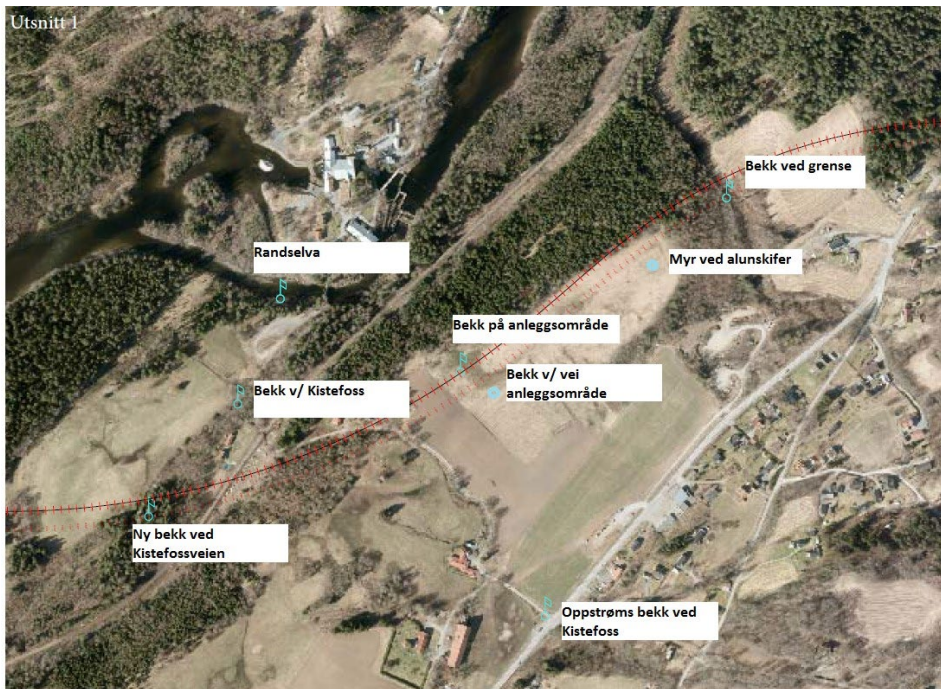
(Miljødirektoratet 2016) og uranverdier er vurdert over eller under WHO sine grenseverdier for drikkevann på 30 µg/l (WHO 2022).

**TABELL 5. OVERSIKT OVER TIDSPUNKTER FOR PRØVETAKING AV VANNANSAMLINGER OG VASSDRAG I OMRÅDET. PRØVENE HENTET I 2017 OG PRØVENE FRA 14.05.2018 ER UTFØRT VED ALS LABORATORY GROUP NORWAY AS. RESTERENDE PRØVER FRA DE ANDRE PRØVETAKINGENE BLE ANALYSERT VED EUROFINNS ENVIRONMENT TESTING NORWAY AS. PRØVETAKING GJORT AV NIBIO ER SUMMERT OPP I NIBIOs ÅRSRAPPORTER (NIBIO 2019 OG NIBIO 2021). PRØVETAKING UTFØRT AV STRUCTOR ER BESKREVET I EGEN RAPPORT (STRUCTOR GEOMILJØ 2018).**

Dato	Utført av	Områder	Koder i figur 19	Værforhold, kommentarer
30.08.17	SVV	Massetipp 1, ny Kistefoss-bekk, grensebekk, Randselva	MAS1, DRB1, DRB2, BKI1, BKI2, NBK3, FBK2, RAN1	Oppholdsvær. Prøvetaking før massetipp ble tildekket.
19.09.17	SVV	Massetipp 1 og 2, ny Kistefoss-bekk, grensebekk	MAS1, MAS2, NBK2, NBK3, DRB1	Oppholdsvær. Massetipper var tildekket med plast.
28.09.17	SVV	Grensebekk, ny Kistefoss-bekk, overflatevann på jorde oppstrøms	NBK3, BKU, DRB1, DRB2, BKI1	Oppholdsvær. Hogst var gjennomført ved DRB 2
23.04.18	SVV	Massetipp 1 og 2, ny Kistefoss-bekk, grensebekk, drepsbekk ved massetipp 2, Randselva, oppkomme ved Kleggerud	MAS2, BKI1, BKU, NBK3, DRB1, DRB2, FBK1, FBK2, RAN2, RAN3, KLE1	Nedbør og høy vannføring i bekkene
15.05.18	Structor Geomiljø	Massetipp 1 og 2, ny Kistefoss-bekk, grensebekk, drepsbekk ved Massetipp 2	DRB1, MAS1, MAS1 bak, MAS2, FBK2, NBK1, NBK2	Tørr og varm periode (nedbør under normalen)
11.06.18	NIBIO	ny Kistefoss-bekk, grensebekk, Randselva	RAN2, RAN3, BKU, FBK2	Tørr periode, med lite vann i bekkene. Flere små vannforekomster var tørre.
19.09.18	NIBIO	Grensebekk, Randselva, Kleggerud	RAN2, RAN3, FBK2, KLE2	Oppholdsvær, men en del nedbør i tiden før prøvetaking
10.05.19	NIBIO og SVV	Massetipp 1 og 2, ny Kistefoss-bekk, grensebekk, drepsbekk ved massetipp 2, Randselva,	MAS1, MAS2, MAS1 bak, BKI1, NBK2, NBK3, BKU, DRB1, FBK1, FBS2, RAN2, RAN3,	Nedbør på prøvetakingsdag
07.10.19	NIBIO	Massetipp 1, ny Kistefoss-bekk, grensebekk, drepsbekk ved Massetipp 2, Randselva	BKI1, NBK2, NBK3, MAS1 bak, DRB1, FBK1, FBK2, RAN2, BKU	Prøvetaking etter at massene hadde blitt sendt til deponi.



**FIGUR 19. OVERSIKT OVER DE VIKTIGSTE PRØVEPUNKTENE SOM HAR BLITT FULGT OPP I PRØVETAKINGSPROGRAMMET FRA 2017 – 2019.**



FIGUR 20. OVERSIKT OVER PRØVETAKINGSPUNKTENE FOR VANNFOREKOMSTER PÅ ANLEGGET.

### 3.6.2 Vannprøver fra vann i direkte nærhet til Massetipp 1

Det ble tatt prøver i stillestående vann som periodevis, ved større nedbørsmengder og snøsmelting, samlet seg på myrområdet ved siden av Massetipp 1 og 2 (figur 21, 22 og 23). Resultater fra disse prøvene er vist i tabell 6. Vannet viste tydelig tegn på at det var forvitningsreaksjoner fra skiferen, med forhøyede metallverdier av kadmium (< 0,05 - 4 µg/l), kobber (1,7 – 29 µg/l), nikkel (3,3 - 358 µg/l), sink (0,9 - 178 µg/l) og uran (2,6 - 55 µg/l) ved flere av prøvetakingsrundene. Samtidig var også sulfat forhøyet (22 - 950 mg/L). I vannsaget fra masselageret var det også jernutfellinger ved prøvetakingen i 2018 (figur 22). pH-verdien i det stillestående vannet ved massetippene var på prøvetidspunktene mellom 8,2 (i 2017) og 6,8 (i 2019). Det var dermed ikke surt miljø ved prøvetidspunktene, men det var en nedadgående trend i pH fra 2017 til 2019 fra begge tippene. Alkaliniteten varierte fra 4,5 – 0,7 mmol/l, med lavest verdi ved målingen 10. mai i 2019 ved Massetipp 2. Det var også en nedadgående trend for alkalinitet, med unntak av den høyeste målte verdien på 4,5 mmol/l i mai 2018.

TABELL 6. VANNKVALITET I VANNPRØVER RUNDT MASSETIPP 1 OG 2 I PERIODEN 2017-2019. FARGENE PÅ METALLENE REPRERENTER TILSTANDSKLASSER FOR STOFFER I FERSKVANN (M608). PRØVENE SOM BLE TATT 15.05.2018 BLE IKKE FILTRERT OG SAMMENLIGNES DERMED IKKE MED GRENSEVERDIENE I M608. PRØVER MED \*\* FRA 15.05.18 ER GJENNOMSNIITT FRA TO PRØVER TATT FRA ULIKE STEDER I SAMME DAM. KONSENTRASJONER AV URAN OVER WHO'S GRENSEVERDI FOR DRIKKEVANN (30 µg/L) ER MERKET MED RØD SKRIFT.

ELEMENT	Enhet	myr ved massetipp 1			Vannansamling bak massetipp 1			Stillestående vann ved massetipp 2			
		19.09.2017	30.08.2017	15.05.2018*	15.05.2018**	10.05.2019	08.10.2019	19.09.2017	04.04.2018	15.05.2018**	10.05.2019
Ca (Kalsium)	mg/l	121	131	161	56	42	70	304	160	237	100
Fe (Jern)	µg/l	136	87	945	112	90	360	3,7	16	786	5,2
K (Kalium)	mg/l	3,9	4,1	5,2	4,8	2,1	2,7	13	4,2	6,8	2,8
Mg (Magnesium)	mg/l	22	18	25	2,6	2,4	3,3	69	29	48	16
Na (Natrium)	mg/l	12	11	7,7	7,3	7,3	10	13	4,7	8,6	2,3
Al (Aluminium)	µg/l	168	32	168	20	28	15	40	41	461	31,0
As (Arsen)	µg/l	0,74	1,4	<0,5	0,6	0,52	0,57	0,28	0,18	0,4	0,12
Ba (Barium)	µg/l	58	57	50	52	63	54	77	34	28,6	16
Cd (Kadmium)	µg/l	1,2	0,34	4,2	<0,05	0,051	0,044	4	1,2	2,6	1
Co (Kobolt)	µg/l	17	2,16	73	<0,2	0,34	0,59	81	23	62,8	13
Cr (Krom)	µg/l	0,16	0,461	<0,9	<0,9	0,22	0,24	0,031	0,07	<0,9	<0,050
Cu (Kopper)	µg/l	29	5,5	15	1,7	3,1	1,9	14	6	26,7	4,2
Hg (Kvikksølv)	µg/l	<0,002	0,0022	<0,02	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,02	<0,002
Mn (Mangan)	µg/l	443	240	2570	9,8	30	46	2350	820	2305	540
Mo (Molybden)	µg/l	57	84,9	17,7	10	8,7	6,7	107	13	17,9	3,6
Ni (Nikkel)	µg/l	143	63,1	359,0	3,3	5,9	4,2	368	90	273,0	51
P (Fosfor)	µg/l	9,8	45,3	<0,5	<0,5	<0,30	<0,30	<1	<0,30	<0,5	<0,30
Pb (Bly)	µg/l	0,013	0,0635	143,0	<4	0,05	0,044	<0,01	<0,010	79,8	0,02
Si (Silisium)	mg/l	2,21	2,48	0,24	0,36	2,9	3,4	3,2	2,7	0,4	0,96
Sr (Strontium)	µg/l	541	584	28,5	55	170	240	2420	1300	38	940
Zn (Sink)	µg/l	19,5	12,1	2,7	0,9	3,2	1,9	176	39	2,1	28
V (Vanadium)	µg/l	0,19	0,39	760	208	0,28	0,06	0,049	<0,020	2050	<0,020
B (Bor)	µg/l	17,1	17,9	<20	<20	3,8	4,6	23	6,8	<20	8,1
Th (Thorium)	µg/l		<0,02	<0,2	<0,2					<0,2	
U (Uran)	µg/l	36,5	55,2	26,2	4,7	2,6	13	35	11	20	4,3
TOC	mg/l	11	12	4,8	3,2	7,1	8,1	5,1	4,9	4,3	3,2
Alkalinitet pH 4.5	mmol/l	3,8	3,1	4,5	2,2	1,3		2,1		1,9	0,7
Ledningsevne	mS/m	76	74	93,8	38	26	43	170	105	135	58
Turbiditet	FNU	4,8	1,6	4,3	2,4			1,7		4,2	
Suspendert stoff	mg/l	8,4	2	4,0	2,5	6,6		0,8		7,5	5,6
pH		8,2	7,8	7,6	7,8	6,8	7,1	8	7,6	7,9	7,2
N-total	mg/l	1,3	1,1	0,88	2,6			2,6		1,6	
P-total	mg/l	0,035	0,057	0,051	0,04	0,02	0,052	<0,003	0,011	0,0	0,02
Filtering		Ja	ja	nei	nei	ja	ja	Ja	ja	nei	ja
Klorid (Cl-)	mg/l	15	16	11	11	12	22	5	3,33	4,5	1,54
Sulfat (SO4)	mg/l	220	220	405	30	22	32	950	453	723	249
Nitrat-N (NO3-N)	mg/l	0,75	0,17	0,51	2,1	5500	2400	1,5	3800	1,3	2700
Fosfat-P	mg/l	0,021	0,037	0,006	0,007			<0,001		0,0	
S (Svovel)	mg/l	110	66,8	135,0	10,6	9,5	14	314		249	110
Ammonium (NH4-N)	µg/l					50	82		56		190



FIGUR 21. PRØVETAKING 30.08.17 PÅ MYR FORAN MASSETIPP 1. FOTO: HALDIS FJERMESTAD



**FIGUR 22. AVRENNING FRA MASSETIPP 1 23.04.18 (TIL VENSTRE) OG 10.05.19 (I MIDTEN), DER DET ER TYDELIGE RUSTUTFELLINGER I AVRENNINGEN. BILDET TIL HØYRE VISER BAKSIDEN AV TIPPEN DER DET SENERE BLE EN VANNANSAMLING (BILDE FRA 10.05.2019). FOTO: HALDIS FJERMESTAD.**



**FIGUR 23. VANN VED MASSETIPP 2 VED PRØVETAKING 19.09.17 (TIL VENSTRE) OG 23.04.18 (TIL HØYRE), DA DET BLE OBSERVERT GULE UTFELLINGER I VANNANSAMLINGEN RUNDT TIPPEN. FOTO: HALDIS FJERMESTAD.**

### 3.6.3 Vannprøver i vassdrag i nærheten av Massetipp 1 og 2

#### 3.6.3.1 Drensbekk på anleggsområdet

Det var et vannsig på anleggsområdet som mottok vann fra jordet oppstrøms og rant i vegggrøft og videre forbi anleggsområdet mot Randselva. I prøveprogrammet ble denne kalt «Drensbekk». Prøvepunkt DRB 1 ble tatt i grøft ved anleggsvei rett ved anleggsgrensa mot jordet oppstrøms anlegget (figur 24). Vannet drenerte fra stedlige jordmasser, og prøvetakingen her hadde til hensikt å dokumentere bakgrunnsverdier i området (se også kapittel 2.). Punktet antas imidlertid også å kunne være tidvis påvirket fra anleggsaktivitet ettersom transport og masselagring foregikk i nærheten av prøvetakingspunktet. Prøvepunktet lenger nedstrøms hadde noe drenering av avrenning fra vann i området ved Massetipp 2 (MAS2). Analysene er vist i Tabell 7. Prøvepunktet oppstrøms (DRB1) viste i 2017 og 2018 forhøyede verdier av uran (16 - 26 µg/l på filtrerte prøver og en ufiltrert prøve med verdi 83,1 µg/l) og tidvis kobber (1,9 - 8 µg/l). Nikkel var også noe forhøyet (fra 4,6 – 23,2 µg/l). Flere

av prøvene på oppstrøms punkt ble tatt i stillestående vannansamlinger da det var hentet fra grøft langs vegen som tidvis hadde lite vann, mens punktet nedstrøms hadde mer vannstrøm. Ved tre prøvetakingsrunder ble det prøvetatt både nedstrøms og oppstrøms i området. Det var lavere verdier for flere metaller nedstrøms sammenlignet med oppstrøms prøven. Det var også tidvis jernutfellinger både oppstrøms og lengre nedstrøms i Drensbekken (19.09.17 og 15.05.18). Slike jernutfellinger var også observert i 2017 nedstrøms i bekken før fjellskjæringen ble sprengt ut.

pH i bekken/siget var mellom 8,0 og 6,4, med lavest måling i oktober 2019 etter at massene var kjørt vekk fra området. Alkaliniteten var mellom 2,7 og 5,4 mol/l bortsett fra en måling på 0,9 mmol/l den 10. mai 2019.



FIGUR 24. PRØVEPUNKT VED DRENSBEKK (DRB1, 30.08.17). FOTO: HALLDIS FJERMESTAD.



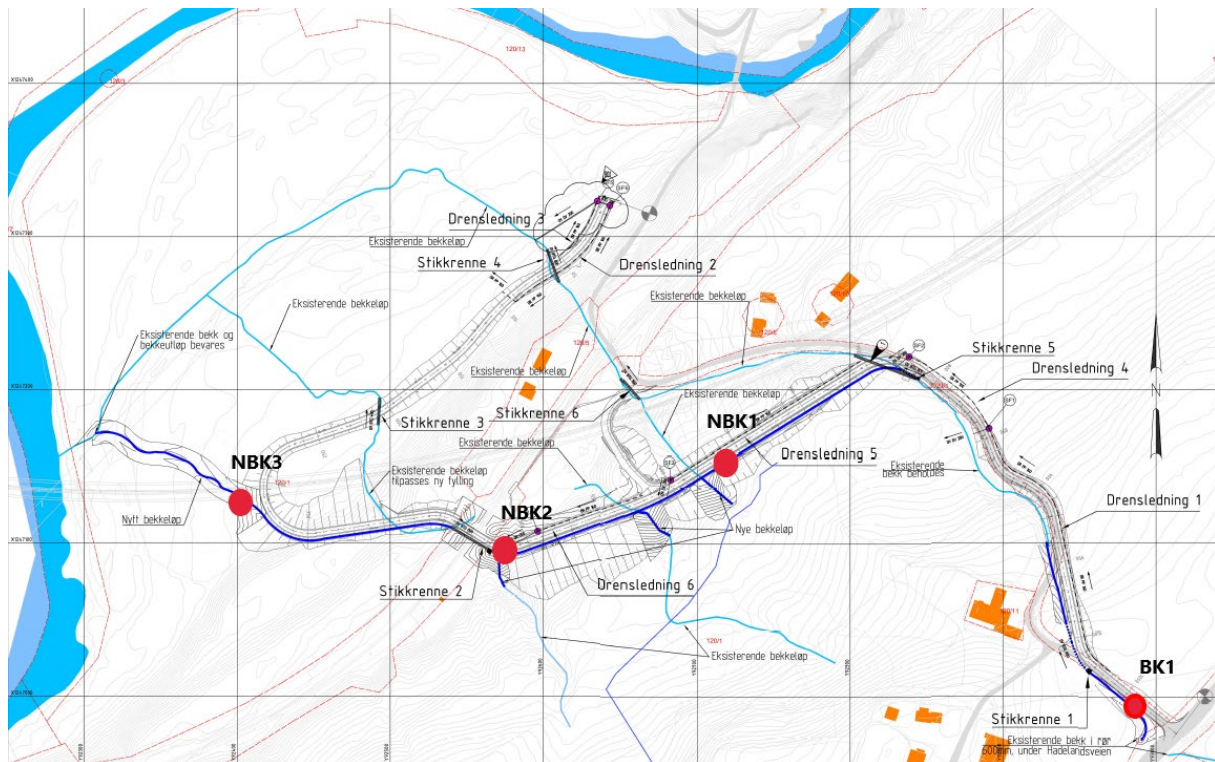
TABELL 7. VANNPRØVER AV DRENSBEKK PÅ ANLEGGSSOMRÅDET I PERIODEN 2017 – 2019. FARGENE PÅ METALLENE REPRERENTERER TILSTANDSKLASSE FOR STOFFER I FERSKVANN (M608). PRØVE TATT 15.05.2018 BLE IKKE FILTRERT OG DERMED SAMMENLIGNES DEN IKKE MED GRENSEVERDIENE I M608. KONSENTRASJONER AV URAN OVER WHO'S GRENSEVERDI FOR DRILKEVANN ER MERKET MED RØD SKRIFT.

Element	Enhet	Drensbekk ved anleggsveg							Drensbekk nedstrøms		
		30.08.2017	19.09.2017	28.09.2017	23.04.2018	15.05.2018*	10.05.2019	07.10.2019	30.08.2017	28.09.2017	23.04.2018
Ca (Kalsium)	mg/l	88,1	86	95,6	56	198	92	150	80	87,6	54
Fe (Jern)	µg/l	43,7	184	382	120	2470	93	650	604	906	300
K (Kalium)	mg/l	2,05	2,02	2,28	3,3	5,45	4,9	5,5	2,4	2,64	3
Mg (Magnesium)	mg/l	3,19	3,24	3,81	3,2	10,5	8,4	12	3,33	3,77	3,5
Na (Natrium)	mg/l	7,95	6,86	8,09	4,7	8,82	4,7	6,2	6,81	7,22	3,7
Al (Aluminium)	µg/l	44,1	29,3	290	17	163	33	88	67,3	74,8	30
As (Arsen)	µg/l	0,391	0,427	<0,5	0,8	1,61	0,57	1,1	0,921	0,772	0,62
Ba (Barium)	µg/l	86,8	93,3	87,6	45	122	59	87	72,9	84,5	45
Cd (Kadmium)	µg/l	0,213	0,0997	0,168	0,03	0,185	0,041	0,086	0,0876	0,0911	0,047
Co (Kobolt)	µg/l	0,823	0,517	0,985	0,12	2,61	0,14	0,75	0,831	1,23	0,65
Cr (Krom)	µg/l	0,305	0,234	<0,9	0,09	<0,9	0,19	0,35	0,432	<0,9	0,15
Cu (Kopper)	µg/l	8,13	4,69	8,91	1,9	4,71	2	4,2	4,47	3,29	2,6
Hg (Kvikksølv)	µg/l	<0,002	<0,002	<0,02	<0,002	<0,02	<0,002	0,006	0,0034	<0,02	<0,002
Mn (Mangan)	µg/l	51	48,1	48,7	12	1720	57	390	209	509	150
Mo (Molybden)	µg/l	7,89	7,36	7,31	14	40,7	6,1	4,9	6,88	8,41	8
Ni (Nikkel)	µg/l	8,72	6,19	8,7	4,6	23,2	5,1	9,2	6,96	6,39	5
P (Fosfor)	µg/l	9,83	10,9		< 300	73,9	<0,30	< 0,30	30,9		< 300
Pb (Bly)	µg/l	0,0416	0,0205	<0,5	0,021	<0,5	0,029	0,26	0,0983	<0,5	0,031
Si (Silisium)	mg/l	4,36	4,17		2,8	4,69	1,6	3,2	4,1		3
Sr (Strontium)	µg/l	291	289		220	810	380	620	292		220
Zn (Sink)	µg/l	7,67	2,55	4,23	0,4	<4	3,8	5,7	11,6	<4	0,97
V (Vanadium)	µg/l	0,672	0,405	1,54	<0,020	1,63	0,21	0,5	0,476	0,602	<0,020
B (Bor)	µg/l	16,4	17	<20	8,9	<20	9,7	8	17,2	<20	10
Th (Thorium)	µg/l	0,0134	<0,2	<0,2		<0,2			0,083	<0,2	
U (Uran)	µg/l	23,5	16,3	20	26	83,1	0,59	0,91	11,9	17,5	9,5
TOC	mg/l	8,7	13	7,4	9,7	51	18	42	17	12	11
Alkalinitet pH 4.5	mmol/l	3,3	3,3	3,2		5,44	0,91		2,7	3,1	
Ledningsevne	mS/m	46	46	45	33	93,7	51,1	82,2	40	45	31,5
Suspendert stoff	mg/l	6,8	11	2,6		7	11		8,8	2,6	
pH		7,1	7,8	6,9	7,6	8	7,1	6,4	7,7	7,4	7,7
N-total	mg/l	1,8	3,2	3,1		3,07			2,1	2,9	
P-total	mg/l	0,021	0,038	0,01	0,08	0,054	0,051	0,16	0,058	0,013	0,053
Klorid (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	10	8	8	7,68	12,3	7,49	11,3	9	8	6,15
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	58	59	48	49,9	250	202	381	57	51	63,3
Nitrat-N (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l	1,3	2,7	2,6	1,1	1,28	0,18	0,022	0,79	2,2	1,7
S (Svovel)	mg/l	16,8	17,9	18,3	23	87,6	89	170	15,7	18,4	30

### 3.6.3.2 Ny Kistefossbekk

Det ble anlagt et nytt løp til den gamle Kistefossbekken langs den nye Kistefossvegen. Denne bekken mottok ikke avrenning fra massetippene, men lå langs skjæringen med alunskifer, der massene som ble lagt på tippene ble hentet fra. Bekken ble anlagt oppå to lag klasse 5 fiberduk som til sammen skulle være tilnærmet tett, slik at bekken ikke skulle drenere direkte på områder med alunskifer.

Det ble tatt prøver fra denne bekken i flere omganger. I tabell 8 er prøveresultater vist. Figur 25 viser prøvepunktene på kart og figur 26 viser foto av Kistefossbekken. Det er spor av at bekken er påvirket av drenering i alunskifer da spesielt nikkelverdiene er noe forhøyet i prøvene tatt nedstrøms (1,4 – 13 µg/l), sammenlignet med prøvene tatt lengre opp i bekken (ved BK1) (1,4 – 2,19 µg/l). Uranverdien varierte mellom 0,11 og 32,8 µg, og var på det høyeste da bekken var nyanlagt. pH varierte mellom 7,9 og 8,4 og alkaliniteten lå mellom 1,5 og 3,1 mmol/l både oppstrøms og nedstrøms i bekken.



FIGUR 25. OVERSIKT OVER PRØVETAKINGSPUNKT I NY KISTEFOSSEBEKK. MASSETIPPENE LÅ I OMRÅDET MOT ØVRE HØYRE HJØRNE.



FIGUR 26. NY BEKK LANGS DEN NYE KISTEFOSSEVEGEN. TIL VENSTRE ER NEDSTRØMS I BEKKEN FØR UTLØP TIL RANDELSVA (34.04.18). BILDET TIL HØYRE ER BEKKEN LANGS KISTEFOSSEVEI ETTER FERDIGSTILLELSE (10.05.19). FOTO: HALDIS FJERMESTAD

TABELL 8. VANNPRØVER FRA NYTT BEKKELØP «KISTEFOSSEBKKEN» (KALT NBK I PRØVEPROGRAMMET) I PERIODEN 2017 – 2019. FARGENE PÅ METALLENE REPRERENTERER TILSTANDSKLASSE FOR STOFFER I FERSKVANN (M608). URAN OVER WHOS GRENSEVERDI FOR DRIKKEVANN ER MARKERT I RØDT.

		Nedstrøms i bekk, før utløp Randselva						Bekk ved kulvert			Bekk midt	Oppstrøms i bekk		
		NBK 3	NBK 3	NBK 3	NBK 3	NBK3	NBK 3	NBK2	NBK2	NBK 2	NBK1	BK1	BK1	BK1 1
ELEMENT	Enhet	30.08.17	19.09.17	28.09.17	04.04.18	10.05.19	07.10.19	10.05.19	19.09.17	07.10.19	19.09.17	30.08.17	10.05.19	07.10.19
Ca (Kalsium)	mg/l	101	83,9	89,5	39	48	70	45	83,2	50	70,4	74,1	44	58
Fe (Jern)	µg/l	2,46	0,76	0,97	8,4	4,3	4	4,4	2,33	2,6	14,4	2,07	3,1	2,1
K (Kalium)	mg/l	6,85	4,83	4,53	1,7	1,9	2,8	1,6	4,12	3,2	2,42	2,12	1,5	1,8
Mg (Magnesium)	mg/l	8,97	5,85	5,7	1,8	2,3	3,8	2	5,09	2,8	3,2	2,81	1,7	2,5
Na (Natrium)	mg/l	12,7	12,4	9,52	4,9	6,8	10	5,8	11,4	14	13,4	3,2	5	4,3
Al (Aluminium)	µg/l	41,2	27,2	15,1	11	11	7,1	12	11,7	4,5	9,62	3,05	< 1,0	2,8
As (Arsen)	µg/l	0,575	0,547	0,518	0,24	0,2	0,24	0,18	0,346	0,14	0,381	<0.3	0,15	0,13
Ba (Barium)	µg/l	81,7	72,2	74,6	33	49	66	42	77,5	80	81,9	74,8	38	58
Cd (Kadmium)	µg/l	0,113	0,0842	0,0618	0,034	0,06	0,059	0,066	0,171	0,036	0,0262	0,0472	0,036	0,05
Co (Kobolt)	µg/l	0,228	0,118	0,114	0,081	0,063	0,051	0,067	0,677	0,044	0,122	0,0454	0,041	0,038
Cr (Krom)	µg/l	0,229	0,0445	0,0398	0,061	0,061	< 0,050	0,077	0,0242	0,059	0,0187	<0.05	0,06	< 0,050
Cu (Kopper)	µg/l	0,963	0,605	0,57	1,1	1,2	0,96	1,2	0,68	0,62	0,747	1,4	1	0,99
Hg (Kvikksølv)	µg/l	<0.01	<0.002	<0.002	<0,002	<0,002	<0,002	0,005	<0.002	<0,002	<0.002	<0.01	<0,002	0,004
Mn (Mangan)	µg/l	18,7	10,1	4,53	3,3	0,44	0,71	0,66	58,1	2,2	111	0,181	0,2	0,54
Mo (Molybden)	µg/l	61,8	39,3	44	3,2	3,4	5,9	4	32,5	2,4	4,77	1,64	1,5	1,6
Ni (Nikkel)	µg/l	9,12	7,97	13	4,4	5,5	7,3	5,8	15,6	1,4	1,62	2,19	1,4	1,7
Pb (Bly)	µg/l	<0.05	<0.01	<0.01	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<0.01	< 0,010	<0.01	<0.05	< 0,010	< 0,010
Si (Silisium)	mg/l	3,78	3,75		3	3,1	3,6	3,1	3,8	3,4	4,1	4,78	3,3	3,8
Sr (Strontium)	µg/l	585	414		130	170	260	150	364	180	243	218	150	180
Zn (Sink)	µg/l	4,98	1,43	4,12	1,2	1,9	1,4	2,2	2,07	0,5	1,27	3,03	1,7	1,4
V (Vanadium)	µg/l	0,311	0,225	0,206	< 0,020	0,32	0,12	0,34	0,16	0,21	0,128	0,113	< 0,020	0,06
B (Bor)	µg/l	20,1	15,6	17,1	6,7	8,7	7,2	6,1	14,4	8	15,1	15,6	8,9	7,1
U (Uran)	µg/l	32,8	19	19,2	0,11	3,7	11	3,1	18,7	2,4	4,09	1,31	0,42	1
TOC	mg/l	3	2,7	1,7	3	2,8	2,4	2,9	2,4	1,8	3,5	2,5	3	3,1
Alkalinitet pH 4.5	mmol/l	3	3	3,1		1,6		1,5	3,1		3	3	1,5	
Ledningsevne	mS/m	59	50	49	23,7	28,8	42,9	26,4	49	36,2	42	35	23,1	34,8
Suspensert stoff	mg/l	27	41	14		5,1		15	65		32	1,4	< 2	
pH		8,4	8,4	8,3	8,1	7,9	8,1	7,9	8,4	8,1	8,3	8,4	7,9	8
N-total	mg/l	1,3	2,7	2,6					3,3		4,2	3,1		
P-total	mg/l	0,014	0,018	0,013	0,032	0,028	0,019	0,016	0,024	0,02	0,016	0,015	0,013	0,02
Klorid (Cl-)	mg/l	19	17	14	8,74	11	16,1	8,09	18	19,5	20	3	7,13	4,95
Sulfat (SO4)	mg/l	130	71	71	18,3	30,5	61,9	24,4	61	26,1	25	23	14,8	20,2
S (Svovel)	mg/l	43	23,4	25,7	8,1	13	27	11	20,2	12	7,56	6,75	5,9	9,1

### 3.6.3.3 Grensebekk

Bekken som går ved kommunegrensa mellom Jevnaker og Ringerike (og den gamle fylkesgrensa mellom Buskerud og Oppland) lå omtrent 100 meter fra Massetipp 1 og ble prøvetatt i perioden da svartskifermasser ble lagret på området. Bekken ble navngitt Grensebekken/Fylkesbekken (FBK) i undersøkelsesprogrammet (figur 27). Bekken ble prøvetatt nedstrøms eventuell avrenning fra massetippen. I 2019 ble den også prøvetatt på et punkt oppstrøms anleggsområdet for å få med bakgrunnsverdiene. Tabell 9 viser prøveresultatene. Det var generelt lave verdier av potensielt forurensende metaller i bekken nedstrøms. En høy sinkverdi i 2017 på 22,6 µg Zn/l stakk seg ut og kan ha sammenheng med svartskifermassene lagret på området, men det er vanskelig å si hva dette skyldes da vi ikke hadde en oppstrøms måling i bekken. Høyeste målte uranverdi var på 4,1 µg/l i september 2018. Det var graveaktivitet like ved bekken på prøvetakingstidspunktet, noe som førte til høyt partikkelinnhold i prøven. pH var mellom 8,2 og 7,3 og alkaliniteten mellom 3,7 og 1,5 mmol/l både oppstrøms og nedstrøms i bekken og disse parameterne så ikke ut til å påvirkes av anleggsaktiviteten og mellomlagring av alunskifer i nærheten.



FIGUR 27. GRENSEBEKKEN (10.05.19) FOTO: HALLDIS FJERMESTAD

**TABELL 9. PRØVERESULTATER FRA «GRENSEBEKKEN» KALT FBK I FIGUR 19. FARGENE PÅ METALLENE REPRESENTERER TILSTANDSKLASSE FOR STOFFER I FERSKVANN (M608). METALLANALYSENE FRA 15.05.18 BLE IKKE FILTRERT FØR ANALYSERING, OG DERMED SAMMENLIGNES DE IKKE MED GRENSEVERDIENE I M608.**

ELEMENT	Enhet	Grensebekk nedstrøms anleggsområde							Grensebekk oppstrøms	
		30.08.17	23.04.2018	15.05.2018	11.06.2018	19.09.2018	10.05.2019	07.10.2019	10.05.2019	07.10.2019
Ca (Kalsium)	mg/l	69	31	45,4	60	84	47	55	38	56
Fe (Jern)	µg/l	14,9	9,6	43,5	8,4	45	11	6	2,7	2,4
K (Kalium)	mg/l	2,12	0,89	1,49	1,8	2,8	1,5	1,8	1	1,5
Mg (Magnesium)	mg/l	3,18	1,2	2,01	2,8	4,9	2,7	2,7	1,7	2,6
Na (Natrium)	mg/l	18,6	4	11,1	17	21	9,3	17	7,4	17
Al (Aluminium)	µg/l	38,2	12	26,6	11	10	11	3,6	6,1	2,8
As (Arsen)	µg/l	0,146	0,16	<0,5	0,17	0,61	0,16	0,12	0,14	0,12
Ba (Barium)	µg/l	54,5	15	34,2	64	98	34	52	25	47
Cd (Kadmium)	µg/l	0,03	0,008	<0,05	0,022	0,007	0,026	0,025	0,011	0,024
Co (Kobolt)	µg/l	0,1	0,057	<0,2	0,12	0,33	0,073	0,074	0,047	0,068
Cr (Krom)	µg/l	0,228	0,067	<0,9	0,065	0,071	0,095	0,098	0,091	0,09
Cu (Kopper)	µg/l	1,24	0,97	<1	0,95	0,89	1,3	1,1	1,2	1,3
Hg (Kvikksølv)	µg/l	<0,002	<0,002	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Mn (Mangan)	µg/l	4,14	0,23	3,9	1,9	66	3,2	3,1	0,058	0,16
Mo (Molybden)	µg/l	1,14	0,57	1,12	1,4	9,5	1,9	0,92	0,7	0,79
Ni (Nikkel)	µg/l	1,3	0,84	1,15	0,8	1,3	2,8	0,94	0,86	0,92
P (Fosfor)	µg/l	4,52	<0,30	<10	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30
Pb (Bly)	µg/l	0,0502	<0,010	<0,5	<0,010	0,054	<0,010	<0,010	<0,010	0,024
Si (Silisium)	mg/l	4,47	3	3,73	3,7	4,3	3,5	4	3,5	4
Sr (Strontium)	µg/l	243	99	176	250	380	180	210	140	210
Zn (Sink)	µg/l	22,6	0,63	<4	1	0,69	1,1	0,69	0,96	1,1
V (Vanadium)	µg/l	0,146	<0,020	0,203	0,37	1,1	0,14	0,039	0,11	0,063
B (Bor)	µg/l	20,5	4,8	<20	17	<1,0	4,1	11	5,1	10
U (Uran)	µg/l	2,06	0,5	1,15	2,4	4,1	1,6	1,6	0,5	1,1
TOC	mg/l	3,1	4,9	2,7	5,6	380	4,3	2,7	3,6	2,6
Alkalinitet pH 4.5	mmol/l	2,7		2,34	2,8	3,7	1,6		1,5	
Ledningsevne	mS/m	43	19,8	33,3	44,5	57,6	28,8	39,5	23,4	39,5
Suspendert stoff	mg/l	2		<2	22	3800	10		2,4	
pH		8,2	7,9	8	8,1	7,3	7,7	7,9	7,6	7,3
P-total	mg/l	0,003	0,024	0,008	0,036	5,1	0,012	0,023	0,01	0,017
Klorid (Cl-)	mg/l	30	8,2	16,4	36,3	44,9	14,8	24,5	11,5	22,7
Sulfat (SO4)	mg/l	26	12,7	15,9	31,9	92,9	32	26,6	18,2	26,5
Nitrat-N (NO3-N)	mg/l	2,7	3		3,4	3,3	3,2	3	3,4	2,8
Ammonium (NH4-N)	mg/l		6,2		16	96	6,5	5,3	<5	<5
S (Svovel)	mg/l	7,55	5,4		13	45	14	12	7	12

### 3.6.3.4 Randselva

Randselva er et stort vassdrag og det var ikke forventet at elva skulle påvirkes av diffus avrenning fra massetippen. Prøver tatt oppstrøms og nedstrøms i perioden 2017 - 2019 viste lave konsentrasjoner av næringsstoffer og metaller samt normale og lave verdier for de viktigste kationene og anionene.

### 3.6.4 Jord- og vannprøver på jorde oppstrøms massetippene

Det ble den 28.09.2017 tatt tre prøver av jord på jordet oppstrøms massetippene (se figur 28 og tabell 10, samt kartet i figur 19 i kapittel 3.6.1). Prøvene viste naturlig høye verdier av uran i toppjord (59 mg/kg) og i overgangen til fjellet under (20 mg/kg). I tillegg ble det påvist konsentrasjoner over normverdier for forurenset grunn (vedlegg 1 til forurensningsforskriften, kapittel 2) av arsen (12 mg/kg i toppjord og 32 mg/kg i leire/fjell-prøven, kadmium (1,7 mg/kg i toppjord) og krom (53 og 58 mg/kg i undergrunnsjorda). Svovelinholdet i massen under leirelaget var høyt (2,3 %) og sannsynligvis var dette en overgang til berggrunnen under jorda som bestod av svartskifer. I stillestående overflatevann på jordet ble det observert jern- og manganutfellinger (figur 29). Overflatevannet ble prøvetatt uten filtrering og det ble påvist høye verdier av grunnstoff med alunskifersignatur (se resultater i tabell 11) med blant annet urankonsentrasjon på 140 µg/l. pH var 6,8 og alkaliniteten (pH 4,5) var 3,9 mmol/l.



FIGUR 28. PRØVEGROP DER TRE JORDPRØVER BLE TATT UT I ULIKE LAG. BILDET TIL VENSTRE VISER JORDPROFILET DER DET BLE TATT UT PRØVER. BILDET TIL HØYRE VISER OMRÅDET FOR UTTAKET AV JORDPRØVER, SOM LÅ OPPSTRØMS OMRÅDET FOR MELLOMLAGRING AV ALUNSKIFER. FOTO: HALDIS FJERMESTAD

TABELL 10. KJEMISK INNHOLD I JORD/LØSMASSER OPPSTRØMS JORDE. DER KONSENTRASJONER OVERSTIGER NORMVERDIER FOR FORURENET GRUNN (VEDLEGG 1 TIL FORURENSNINGSFORSKRIFTEN, KAP 2.) ER DISSE MARKERT MED TILSTANDSKLASSE FOR FORURENET GRUNN (SFT 2009,TA-2553), DER GRØNN ER TILSTANDSKLASSE 2 «GOD» OG GUL ER TILSTANDSKLASSE 3 «MODERAT».

ELEMENT	Enhet	Toppjord øvre halvmetre	Jord under toppjord	Leire/fjell under grus < 1,5 m dyp
Tørrstoff (L)	%	48,1	78,7	87,1
SiO <sub>2</sub>	% TS	51,9	74	64,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% TS	10,2	12,7	15,8
Kalsiumoksid (CaO)	% TS	2,54	1,91	1,52
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% TS	2,41	3,87	5,98
K <sub>2</sub> O	% TS	1,88	2,47	2,78
MgO	% TS	0,86	1,57	1,79
MnO	% TS	0,0276	0,0363	0,0517
Na <sub>2</sub> O	% TS	1,22	1,96	2,41
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% TS	0,282	0,13	0,244
TiO <sub>2</sub>	% TS	0,525	0,625	1,1
Glødetap (LOI)	% TS	20,8	2,2	6,8
As (Arsen)	mg/kg TS	11,7	5,21	32
Ba (Barium)	mg/kg TS	789	546	692
Be (Beryllium)	mg/kg TS	2,08	1,64	2,86
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	1,74	0,276	0,669
Co (Kobolt)	mg/kg TS	9,14	10,5	21,9
Cr (Krom)	mg/kg TS	39,6	53,1	57,9
Cu (Kopper)	mg/kg TS	67	18,1	74,1
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	0,125	<0,02	0,0478
Mo (Molybden)	mg/kg TS	16,9	3,94	37,7
Nb (Niob)	mg/kg TS	7,05	18,4	41,5
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	46	40,6	50
Pb (Bly)	mg/kg TS	16,7	11,4	19,6
S (Svovel)	mg/kg TS	2680	253	22900
Sc (Scandium)	mg/kg TS	10,1	10,9	11,9

ELEMENT	Enhet	Toppjord øvre halvmetre	Jord under toppjord	Leire/fjell under grus < 1,5 m dyp
Sn (Tinn)	mg/kg TS	1,64	1,86	2,43
Sr (Strontium)	mg/kg TS	182	235	237
V (Vanadium)	mg/kg TS	177	90,1	199
W (Wolfram)	mg/kg TS	0,876	0,796	1,59
Y (Yttrium)	mg/kg TS	30,7	23,3	28,5
Zn (Sink)	mg/kg TS	73,8	57,9	85,1
Zr (Zirkonium)	mg/kg TS	227	285	293
U (Uran)	mg/kg TS	59,3	4,64	19,9
Th (Thorium)	mg/kg TS	6,62	7,27	10,2
Tørrstoff (E)	%	50,8	81,8	87,8
TIC	% TS	0,038	0,02	0,059
TOC	% TS	9,38	0,668	2,46

TABELL 11. VANNPRØVE FRA OVERFLATEVANN PÅ JORDE OPPSTRØMS ANLEGGET. PRØVEN BLE IKKE FILTRERT FØR ANALYSE AV METALLER. ETTERSOM MYE PARTIKLER BLE MED I VANNPRØVEN VIL KONSENTRASJONER AV FLERE METALLER VÆRE HØYERE ENN DET VILLE VÆRT I EN FILTRERT PRØVE. RESULTATENE KAN DERMED IKKE SAMMENLIGNES MED GRENSEVERDIER I M608.

ELEMENT	SAMPLE	Overflatevann, jorde oppstrøms
Ca (Kalsium)	mg/l	137
Fe (Jern)	mg/l	429
K (Kalium)	mg/l	12,1
Mg (Magnesium)	mg/l	16,3
Na (Natrium)	mg/l	12,4
Al (Aluminium)	µg/l	66800
As (Arsen)	µg/l	468
Ba (Barium)	µg/l	1800
Cd (Kadmium)	µg/l	6,33
Co (Kobolt)	µg/l	48,8
Cr (Krom)	µg/l	78,8
Cu (Kopper)	µg/l	215
Hg (Kvikksølv)	µg/l	0,678
Mn (Mangan)	µg/l	3650
Mo (Molybden)	µg/l	94,2
Ni (Nikkel)	µg/l	158
Pb (Bly)	µg/l	78,9
Zn (Sink)	µg/l	372
V (Vanadium)	µg/l	482
Th (Thorium)	µg/l	19,7
U (Uran)	µg/l	140
B (Bor)	µg/l	45,7
S (Svovel)	mg/l	15,9
TOC	mg/l	8,2
Alkalinitet pH 4.5	mmol/l	3,9
Ledningsevne (konduktivitet)	mS/m	39
Turbiditet	FNU	180
Suspendert stoff	mg/l	4900
pH		6,8
N-total	mg/l	17
P-total	mg/l	10
Klorid (Cl-)	mg/l	14
Sulfat (SO4)	mg/l	22
Nitrat-N (NO3-N)	mg/l	0,089
Fosfat-P	mg/l	0,015



FIGUR 29. VANN SOM BLE PRØVETATT I GRØFT PÅ JORDET HADDE SYNLIGE UTFELLINGER AV JERN OG MANGAN. FOTO: HALLDIS FJERMESTAD

### 3.6.5 Oppsummering av vannanalysene

I vann rett i nærheten av tippene ble det funnet forhøyede konsentrasjoner av flere stoffer som har samme kjemiske signatur som alunskiferen som sulfat, kadmium, kobber, sink, nikkel og uran. Alunskifermassene var utildekket i omtrent 5 måneder etter utsprengning, og på denne tiden har det pågått forvitningsreaksjoner ved kontakt med nedbør, som har bidratt til utlekking av metaller fra skiferen. Etter tett tildekking kom mindre vann i kontakt med massene, og har sannsynligvis bidratt til å redusere utlekking fra massene.

Drensbekken hadde noen forhøyede verdier av sink, kobber og uran, samtidig noe forhøyet av arsen og nikkel. Analysene fra oppstrømspunktet kunne indikere at vannet i området hadde bakgrunnsverdier påvirket av berggrunnen. Samtidig var punktet for oppstrømsmålingen tatt innenfor anleggsområdet, og det er vanskelig å vite hvor mye av dette vannet som var påvirket av bakgrunnsverdier og hva som var påvirket av anleggsaktivitet. Derimot viste vannprøven som ble tatt lenger oppstrøms på jordet, helt upåvirket av anleggsdriften, høye verdier av uran, og det var også jernutfellinger i vannet. Dette viser at vannet som drenerte inn i området også var påvirket av svartskifer.

Kistefossbekken gikk i grøft langsmed alunskiferskjæring og ved flere av prøvetakingene var det noe forhøyede konsentrasjoner av metaller fra skifer som arsen, nikkel og uran nedstrøms i bekken, sammenlignet med oppstrøms verdier. Resterende verdier var i tilstandsklasse «god». Det ble observert en gradvis forbedring etter hvert som bekken ble ferdig bygd.

Fylkesbekken drenerte omtrent 100 meter fra massetippene, men det er uvisst i hvilken grad bekken mottok vann fra dette området. Prøvetakingene viste at den stort sett viste god kjemisk tilstand med generelt lave verdier av potensielt forurensende metaller i bekken nedstrøms. Det ble påvist en høy verdi av sink (22 µg/l) i 2017 og en noe forhøyet verdi av uran (4 µg/l) i perioder med gravearbeider i bekken i 2018.

## 3.7 Analyser av alunskifer

Det er utført en rekke analyser av prøvematerialet fra området på Kistefoss over tidsperiode fra 2017 til 2023. Det er utført analyser med håndholdt XRF (HH-XRF) (vedlegg 3, 4 og 6), totalkjemiske analyser ved ICP-MS (Induktivt koblet plasmamassespektrometri) (vedlegg 1 og 5), mineralidentifikasjon ved røntgendiffraksjon (XRD) (vedlegg 2 og 7) og Scanning elektronmikroskopi (SEM) (vedlegg 8 og 9). Prøvemateriale er tatt fra skjæringen langs Kistefossveien, hovedsakelig lokalitet 1 til 3, se figur 30 og 31 og fra Massetipp 1, se figur 32.

Beskrivelse av analysemetodene, hvilke prøver som er tatt og resultatene av disse er presentert i dette kapittelet.





FIGUR 30. FOTO FRA LOKALITET 1 TIL VENSTRE OG LOKALITET 3 TIL HØYRE LANGS KISTEFOSSEVEIEN. FOTO: CECILIE HALLINGSTAD, 5.APRIL 2022.



FIGUR 31. FOTO FRA LOKALITET 2 LANGS KISTEFOSSEVEIEN. FOTO: CECILIE HALLINGSTAD, 14.NOV 2020.

### 3.7.1 Kjemiske analyser ved HH-XRF og ICP-MS

Det er til sammen utført over hundre HH-XRF-analyser av steinmaterialet fra området på Kistefoss. De fleste XRF-analysene ble utført direkte på steinprøver, mens enkelte prøver er målt på prøvekopp bestående av nedknist materiale. Alle prøvene har vist et relativt høyt innhold av svovel i området (variasjon fra 0,5 – 6,3 % S målt med XRF).

HH-XRF (X-ray/Røntgen fluorescens) er et måleinstrument, som bruker røntgenstråler for å analysere kjemisk innhold i en prøve. Instrumentet gir en rask påvisning og kvantifisering av grunnstoff i prøver. Instrumentet er håndholdt og kan enkelt brukes i felt. XRF-analyse er en overflateanalyse, og det er det viktig å være bevisst på ved valg av prøvematerialet. Instrumentet kan også stettes opp med stativ. Bruk av stativ gjør det mulig å bruke prøvekopper med nedknist materiale. Preparat av fint nedknist materiale gir sikrere analyseresultat. Analyse direkte på stein-, jord- eller sedimentprøver gir noe lavere analysekvalitet (Statens vegvesen 2016).

Prøver som er sendt til kjemisk analyse på lab hos ALS Laboratory Group AS er analysert med ICP-SFMS iht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Totalt uorganisk karbon (TIC) er analysert iht. ISO 10694, EN 13137 og EN 15936.



FIGUR 32 DET BLE TATT UT REPRESENTATIVE POSEPRØVER AV MASSETIPP 1 FOR VIDERE KJEMISKE ANALYSER, FOTO: CECILIE HALLINGSTAD.

Rett etter første utsprenning i mars 2017, tok rådgivende konsulent (Structor 2017a) ut åtte prøver fra de utsprenge massene i skjæringen for våtkjemisk analyse, hvorav seks av de var tatt av alunskifer. I juni 2017 tok rådgiver ytterligere seks nye poseprøver fra Massetipp 1, som vist i figur 32. Prøvene skulle være representative for Massetipp 1 og bestod av blandmasser med alunskifer og mænaitt og monzonitt. Det ble sendt en prøve fra hver pose til kjemisk analyse ved ICP-MS, se resultater i vedlegg 1.

Samtidig i juni 2017, utførte SVV 20 målinger med HH-XRF i skjæringen langs Kistefossveien og av prøver i Massetipp 1, se utvalgte grunnstoffer i tabell 12 og i vedlegg 4. Det ble i tillegg tatt ut 3 utvalgte prøver som ble sendt til kjemisk analyse (ICP-MS ved ALS Laboratory), se resultater i vedlegg 5.

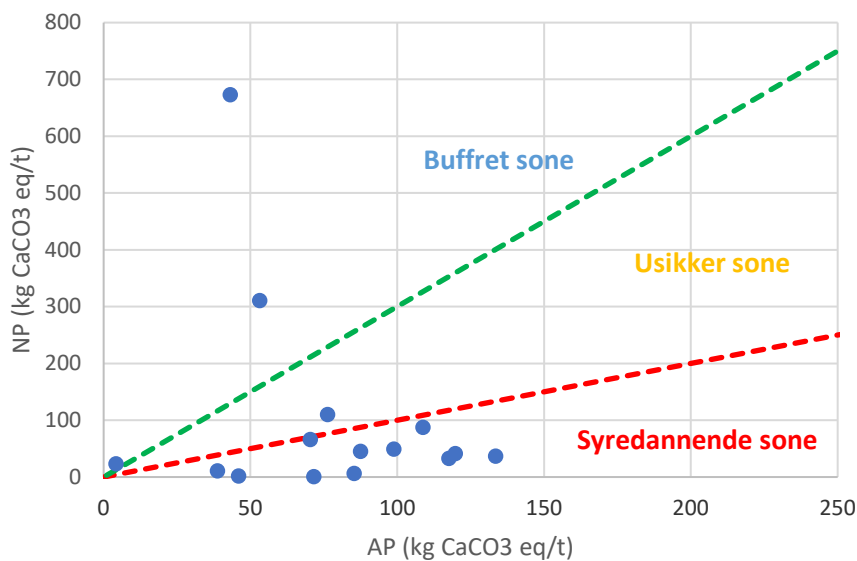
TABELL 12 RESULTAT AV UTVALGTE GRUNNSTOFFENE MÅLT MED HH-XRF PÅ ALUNSKIFERPRØVER TATT FRA MASSETIPP 1 I 2019. BENEVNING I PPM.

	Location		Merknad	S	Ca	Fe	Th <LOD=1	U	As LOD=5	Cu (LOD=3 )	Pb (LOD=1)	Mo (LOD=1)	Ni LOD=4	Zn <LOD=2	Cd <LOD=2
1	massetipp1	2019		54489	44055	60335	9	58	111	120	43	100	178	90	< LOD
2	massetipp1	2019		44506	8100	53918	10	55	65	94	26	90	107	91	< LOD
3	massetipp1	2019	stein med vørgang	77035	45623	48363	< LOD	73	94	91	32	114	154	71	< LOD
4	massetipp1	2019	stein med vørgang	112264	56487	80644	< LOD	43	41	185	13	63	82	102	< LOD
5	massetipp1	2019		52905	15491	46595	9	67	73	101	29	74	70	49	< LOD
6	massetipp1	2019		46798	11931	44024	15	61	102	64	35	73	164	76	< LOD
7	massetipp1	2019		54979	52262	39991	8	87	82	99	31	121	583	328	< LOD
8	massetipp1	2019		50026	126264	38854	< LOD	68	52	75	28	88	104	80	< LOD

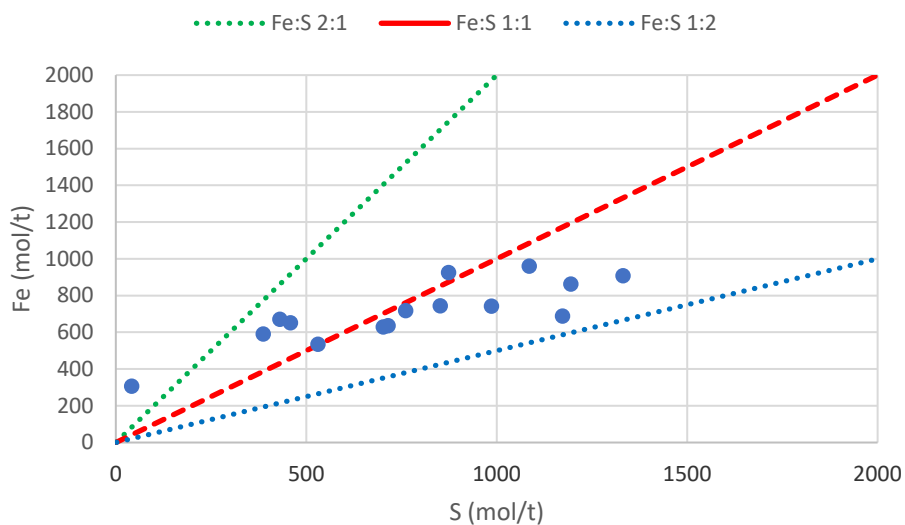
Det syredannende potensialet i de til sammen 15 prøvene av alunskifer som ble tatt ut i mars og juni 2017, er sammenstilt i henhold til metoden i NGI/Miljødirektoratets rapport M310 (NGI 2015) i figur

33. Metoden viser det syredannende potensial (AP) basert på svovelinnhold, opp mot nøytraliserende potensial (NP), basert på uorganisk karbon (TIC) i prøven. 11 av 15 prøver havnet i området for syredannende sone, en havnet i usikker sone, mens tre havnet i buffret sone. Innholdet av svovel varierte fra 1,3 – 4,3 %.

Figur 34 viser forholdet mellom jern og svovel. Dette forholdet kan indikere hvilke jernsulfider som forekommer i prøven, der Fe:S = 1:1 indikerer sulfider, Fe:S = 1:2 indikerer svovelkis (FeS<sub>2</sub>), mens Fe:S = 2:1 indikerer at Fe også er bundet i andre mineraler enn sulfider (NGI 2015). Figuren viser at de fleste prøvene havner innenfor området som indikerer sulfider og svovelkis. Ut fra diagrammet kan magnetkis (pyrrhotitt) også være til stede i massene (magnetkis har formelen FeS (egentlig Fe<sub>1-x</sub>S hvor x = 0-0,17)).



FIGUR 33. SYREDANNEDE POTENSIAL (AP) VS. NØYTRALISERENDE POTENSIAL (NP) TIL MASSENE (PRØVER FRA 2017) UT FRA KJEMISKE ANALYSER FRA ALS LABORATORY.



FIGUR 34. SAMMENSTILLING AV FORHOLDET MELLOM JERN OG SVOVELINNHOOLD I SKIFEREN (PRØVER FRA 2017) I MASSENE.

I forbindelse med transport av Massetipp 1 til deponi i 2019, ble det utført 8 målinger med HH-XRF på utvalgte prøver i felt, se utvalgte grunnstoff i tabell 12.

Før massene i Massetipp 1 ble transport bort til deponi ble det også tatt ut flere poser med diverse prøvemateriale av massene. Noe av prøvematerialer var varmt, opptil 130°C ved uttak. Noen av prøvene ble tatt fra det området med varmgang hvor en kunne se at massene var blitt omdannet og fått en rosa farge der alt det organiske karbonet var brent av. Andre prøver var blitt grå med små hvite krystaller. Typiske prøver er vist i figur 35. I tillegg ble det tatt ut prøver fra den etablerte skjæringen langs Kistefossveien i 2022 og 2023 (Lokalitet 1, 2 og 3) figur 30 og 31.

I 2023 ble det utført 44 XRF-målinger på prøvene tatt fra Massetipp 1 og 47 analyser på nye prøver tatt ut langs Kistefossveien. I vedlegg 6 er alle verdiene for de utvalgte grunnstoffene vist.

Det er videre utført analyser med XRD og SEM på materiale fra tilsvarende prøver for å få bedre kjennskap til massene og hvilke mineraler som er til stede i massen, se kapittel 3.7.2 og 2.7.3.



FIGUR 35. ET UTVALG AV PRØVER DET ER UTFØRT XRF-ANALYSER PÅ, SE VEDLEGG 6. FOTO: CECILIE HALLINGSTAD.

Resultatene for analysene utført i 2023 er vist med gjennomsnitt, median, størst og minst av utvalgte grunnstoffene i tabell 13 og 14. Resultatene er skilt på for prøver fra henholdsvis Massetipp 1 og prøver fra bergskjæringen langs Kistefossveien

TABELL 13. GJENNOMSNIITT, MEDIAN, STØRST OG MINST AV UTVALGTE GRUNNSTOFFENE MÅLT PÅ ALUNSKIFERPRØVER TATT FRA MASSETIPP 1 LANGS KISTEFOSSEVEIEN. TABELLEN ER BASERT PÅ 59 ANALYSER. ALLE VERDIENE ER I PPM. PÅ DE VERDIENE SOM ER UNDER DETEKSJONGSGRENSEN (LOD), ALTSÅ UNDER MÅLBARE VERDI, ER DET BENYTTET HALVPARTEN AV LOD-VERDIEN.

	S	Ca	Fe	Th	U	As	Cu	Pb	Mo	Ni	Zn	Cd
Gjennomsnitt	75 271	24 088	53 594	13	51	52	106	32	101	132	98	2
Median	73 715	17 273	50 445	15	44	48	101	32	100	97	59	1
Størst	171 324	126 264	108 935	27	180	124	253	64	216	583	1 189	11
Minst	9 948	1 511	15 439	2	8	3	26	5	22	15	18	1

TABELL 14. GJENNOMSNIITT, MEDIAN, STØRST OG MINST AV UTVALGTE GRUNNSTOFFENE MÅLT PÅ ALUNSKIFERPRØVER TATT FRA I BERGSKJÆRINGEN LANGS KISTEFOSSEVEIEN. TABELLEN ER BASERT PÅ 60 ANALYSER. ALLE VERDIENE ER I PPM. PÅ DE VERDIENE SOM ER UNDER DETEKSJONGSGRENSEN (LOD), ALTSÅ UNDER MÅLBARE VERDI, ER DET BENYTTET HALVPARTEN AV LOD-VERDIEN.

	S	Ca	Fe	Th	U	As	Cu	Pb	Mo	Ni	Zn	Cd
Gjennomsnitt	53 615	30 624	57 961	14	61	39	118	26	116	322	123	2
Median	50 954	21 953	53 086	15	50	43	94	25	111	116	65	1
Størst	133 980	208 504	146 912	25	323	84	1 210	61	249	3 648	1 190	10
Minst	5 120	4 356	9 718	2	24	1	2	1	2	15	9	1

XRF-analysene av prøvene fra Massetipp 1 viser at det er et gjennomsnitt på 75 271 ppm (7,5%) svovel, med størst verdi på 171 324 ppm (17%) og minste verdi på 9 948 ppm (0,9%) (tabell 13).

XRF-analysene fra Kistefossveien viser generelt noe lavere svovelverdier med gjennomsnitt på 53 615 (5,4 %), størst verdi på 133 980 ppm (13%) og minste verdi på 5120 ppm (0,5%) (tabell 14). Kalsiumverdien ligger gjennomsnittlig på mellom 24088 ppm (2,4%) og 30624 ppm (3%).

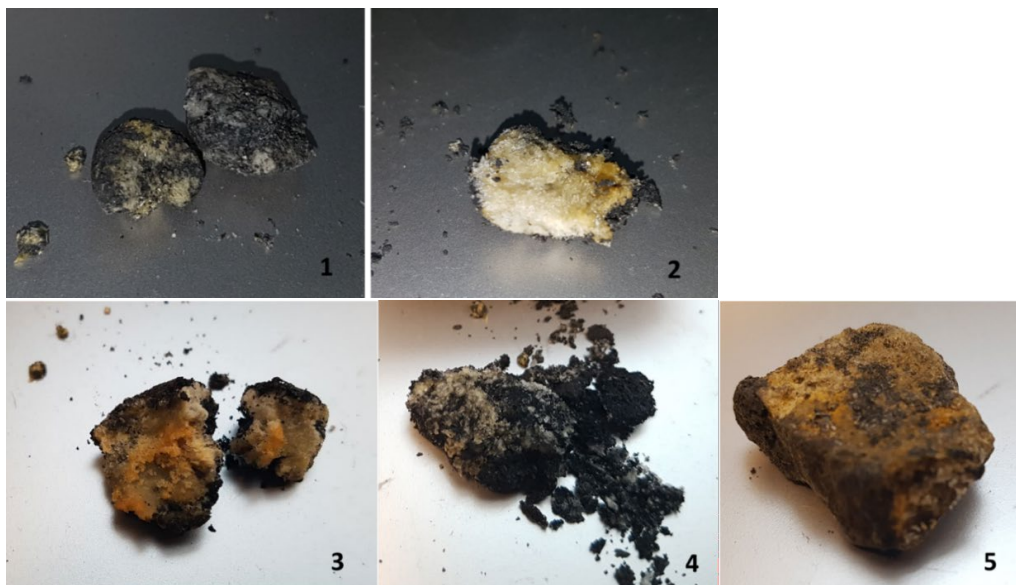
Bergarter med  $\geq 1$  bq/g radioaktivitet defineres som radioaktivt avfall (NGI, 2015). Dette antas å gjelde ved uraninnhold på større enn 80 mg/kg (omtrent 80 ppm). Generelt ligger målingene på uran fra Massetipp 1 og Kistefosveien under 80 ppm. Det er 6 målinger som ligger på mellom 100-180 og kun en måling på 323 ppm.

### 3.7.2 XRD

Det ble utført røntgendiffraksjon (XRD-analyser) på to av de seks prøver tatt ut på Massetipp 1 av rådgivende konsulent i juni 2017, P1B og P5. Røntgendiffraksjon (XRD) brukes til identifikasjon av mineralene i prøvene og resultatene er vist i vedlegg 2 (Structor, 2017b). P1B er en blandprøve av monzonitt og «svart leirskifer», P5 er en ren svart leirskifer. Prøvene ble siktet ut i fraksjonene som vist i tabellen i vedlegget (<63 $\mu$ m til 2 mm). Mineralanalysene viser at P5 inneholder mellom 6-9% svovelkis, mens innholdet av svovelkis i P1B er noe lavere og ligger på mellom 2-5%. For begge prøver stiger svovelkisinholdet i kornfraksjonen fra 63  $\mu$ m til 2 mm. Det er derfor sannsynlig at finstoffet utgjøres av svakere mineraler og sannsynlig i tillegg noe organisk karbon.

#### 3.7.2.1 Utfelling på toppen av Massetipp 1

Det ble tatt prøver av forvitringmaterialet fra toppen av Massetipp 1 da presentasjonen ble lagt til side den 5. mars 2019. Disse ble analysert ved XRD (Se figur 36).



FIGUR 36. PRØVER SOM BLE SENDT INN TIL MINERALIDENTIFIKASJON VED XRD. NUMMER PÅ BILDET TILSVARER PRØVEIDENTIFIKASJONEN I TABELL 15. FOTO HALDIS FJERMESTAD.

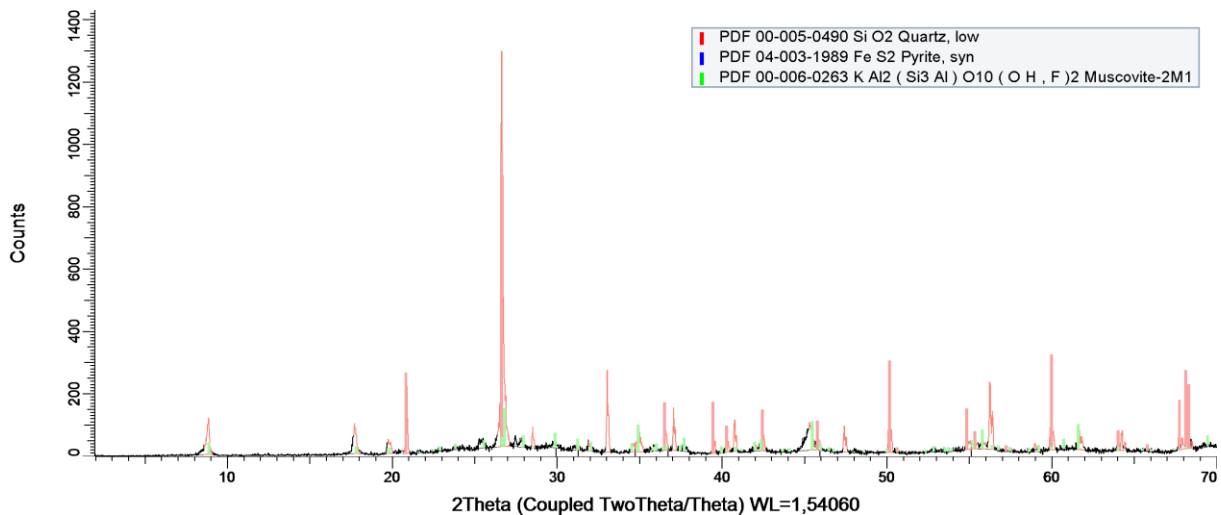
Flere av XRD-prøvene påviste alunogen ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$ ) og pickeringitt ( $\text{MgAl}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ ). Dette er forvitningsmineraler som bare dannes ved tilstedeværelse av svovelsyre eller  $\text{SO}_2$  (lav pH). Det ble også påvist gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) og heksahydritt ( $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) i prøvene. Prøve 1 inneholdt også magnesiumsulfatet epsomitt ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) og sinksulfatet goslaritt ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) og kobberkis ( $\text{CuFeS}_2$ ), Se tabell 15 og vedlegg 7.

TABELL 15. RØNTGENDIFFRAKSJON (XRD) ANALYSE AV FEM UTFELLINGER FRA MELLOMLAGRET MASSETIPP. XRD-ANALYSENE BLE UTFØRT AV NTNU. UTFELLINGENE BESTOD AV FORSKJELLIGE TYPER SULFATER. ANDRE SULFATER ENN DE SOM STÅR I TABELLEN KAN VÆRE TIL STEDE, IFØLGE LABORATORIERAPPORTEN.

Prøve mrk.	Prøve 1	Prøve 2	Prøve 3	Prøve 4	Prøve 5
J.nr.	190206	190207	190208	190209	190210
Kvarts	X	X	X	X	X
Glimmer	X	X	X	X	X
Plagioklas	X	X	X	X	X
Alkalifeltspat		X	X	X	X
Amfibol		X	X	X	X
Kloritt		X	X	X	X
Gips	X	X	X	X	
Kobberkis	X				
Epsomitt	X				
Goslaritt	X				
Alunogen	X	X	X	X	
Heksahydritt		X	X	X	
Pickeringitt		X	X		

### 3.7.2.2 Alunskifer fra Kistefossveien

En prøve av alunskifer som ble samlet inn i 2017 viste innhold av kvarts og muskovitt i tillegg til svovelkis, se figur 37. Hverken kalsitt eller magnetkis ble identifisert, men det kan ikke utelukkes at disse mineralene opptrer i små mengder under deteksjonsgrensen på 0,5-1 %.

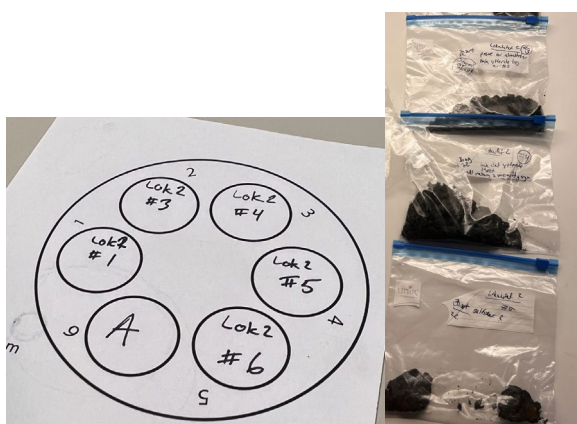


FIGUR 37. XRD OPPTAK AV PRØVE KISTEFOSS 3 FRA LOKALITET 3 VISER INNHOLD AV KVARTS OG MUSKOVITT I TILLEGG TIL SVOVELKIS.

### 3.7.3 Mineralkjemisk analyse ved Scanning elektronmikroskopi (SEM)

Analyse av mineralkjemi ved SEM er en semikvantitativ metode som gjør det mulig å analysere kjemisk sammensetning i svært små mineralkorn ved å sende en elektronstråle ned på prøver med ulike former eller på polerte tyunnslip. Prøvene blir plassert på karbon-tape montert på aluminiumsholdere og analysert i vakuumkammer. Mikrobilder basert på tilbakekastede elektroner fra strålen (BSE, Back Scattered Electrons) er relatert til atomnummer som gir grunnlag for analyser av den kjemiske sammensetningen. Sulfidminerale og andre mineraler bestående av tunge elementer vises i lyse fargenyanser, mens silikatminerale vises i gråtoner. Organisk karbon vises i svært mørke nyanser. En annen metode for visualisering er ved å basere på såkalte sekundære elektroner (SE) som viser former mer nøyaktig enn ved BSE. Analysepunktene velges direkte på digitale bilder. Det ble utført SEM-analyse på utvalgte prøver fra Kistefossveien i 2022 og fra Massetipp 1 samlet inn i 2019 (figur 38).

Svovelanlysene er generelt lavere enn reelt med denne metoden (Statens vegvesen 2016), mens andre elementer fordeler seg mer jevnt omkring reelle verdier. Prøvene er pådampet med karbon før analyse, noe som gjør at det i de fleste tilfeller ikke er mulig å legge stor vekt på karbonanalysene. Dekningsgraden med karbon varierer på grunn av topografiske effekter.



FIGUR 38. EKSEMPEL PÅ PRØVER FRA KISTEFOSSEVEIEN. MINDRE MENGDER BLIR TATT UT FRA PRØVEPOSENE I BINOKULARLUPE FOR Å FÅ MED TYPISKE VISUELLE TREKK OG ET «KART» SOM VISER HVOR DE FORSKJELLIGE PRØVENE ER Plassert PÅ KARBON-TAPEN. FOTO: CECILIE HALLINGSTAD.

Vi har hatt ekstra fokus på å prøve å finne magnetkis, som vi vet har vist seg å øke reaktiviteten i alunskifer. Magnetkis kan dannes på bekostning av svovelkis ved oppvarming av alunskifer som for eksempel i kontakt med magmatiske bergarter (mænnait m.fl.). Finkornet svovelkis er mest reaktiv og oksiderer raskere enn større korn (Bastiansen m.fl. 1957; Hawkins 2014).

### 3.7.3.1 Kistefossveien

Hensikten med uttak av prøver i skjæringa der Massetipp 1 ble tatt ut, var å identifisere mineralene i uforvitret alunskifer.

Prøvene ble samlet inn september 2022. Skjæringsflaten var etter fem år allerede kraftig forvitret med utfellinger av gule og lyse sulfatmineraler (se figurene 42 til 48).



FIGUR 39. FOTO FRA LOKALITET 2 LANGS KISTEFOSSEVEIEN. FOTO TIL VENSTRE ER TATT 5 APRIL 2022 OG FOTO TIL HØYRE ER TATT ET HALVT ÅR SENERE, 30. SEPT 2022. FOTO: CECILIE HALLINGSTAD

Den synlige forvitringen og ytterste alunskifer ble først meislet bort og det ble tatt prøver av karbonrik og tilsynelatende uforvitret alunskifer fra tre lokaliteter minst fem centimeter inn i helt svart skifer (lokalitetene 1, 2 og 3), se figur 40 og 41. Prøver fra Lokalitet 2 og Lokalitet 3 ble undersøkt i SEM ved Universitet i Oslo.





FIGUR 40. FOTO FRA LOKALITET 1. LANGS KISTEFOSSEVEIEN TATT VED UTTAK AV PRØVER I SEPTEMBER 2022. FOTO: CECILIE HALLINGSTAD.



FIGUR 41. FOTO FRA LOKALITET 2. LANGS KISTEFOSSEVEIEN TATT VED UTTAK AV PRØVER I SEPTEMBER 2022. FOTO: CECILIE HALLINGSTAD.

Tabell 16 viser resultatene med tolking. Noen analysepunkt representerer blandinger av minst to mineraler som gjør det vanskelig å gi en entydig tolking/identitet. Alle analyserte områder er gjengitt i analyserapportene fra Universitetet i Oslo (Vedlegg 8 og 9).

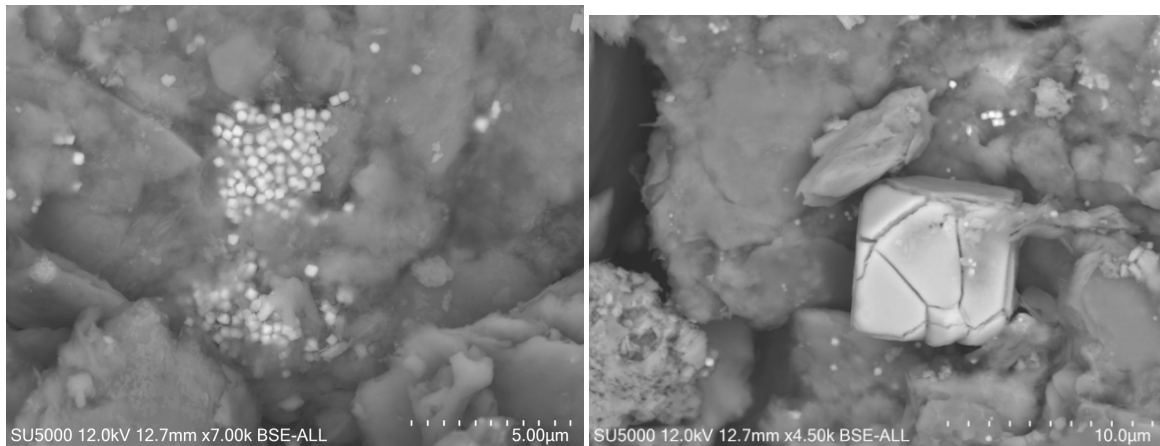
Analysene viste at alunskifer som visuelt vurdert virket å være fullstendig uforvitret likevel var delvis kraftig forvitret. Det var ikke mulig å finne helt sikre tegn på magnetkis, men noen analyser indikerte at magnetkis finnes i små mengder (se analyse 3-1-03, som er et jernsulfid med mye lavere S enn forventet for svovelkis).

TABELL 16. PRØVER FRA KISTEFOSSEVEIEN UNDERSØKT I SEM. ANALYSENE ER FRA LOK 2 OG LOK 3 OG VIST MED NUMMER GJENGITT I ANALYSERAPPORTENE (VEDLEGG 8.)

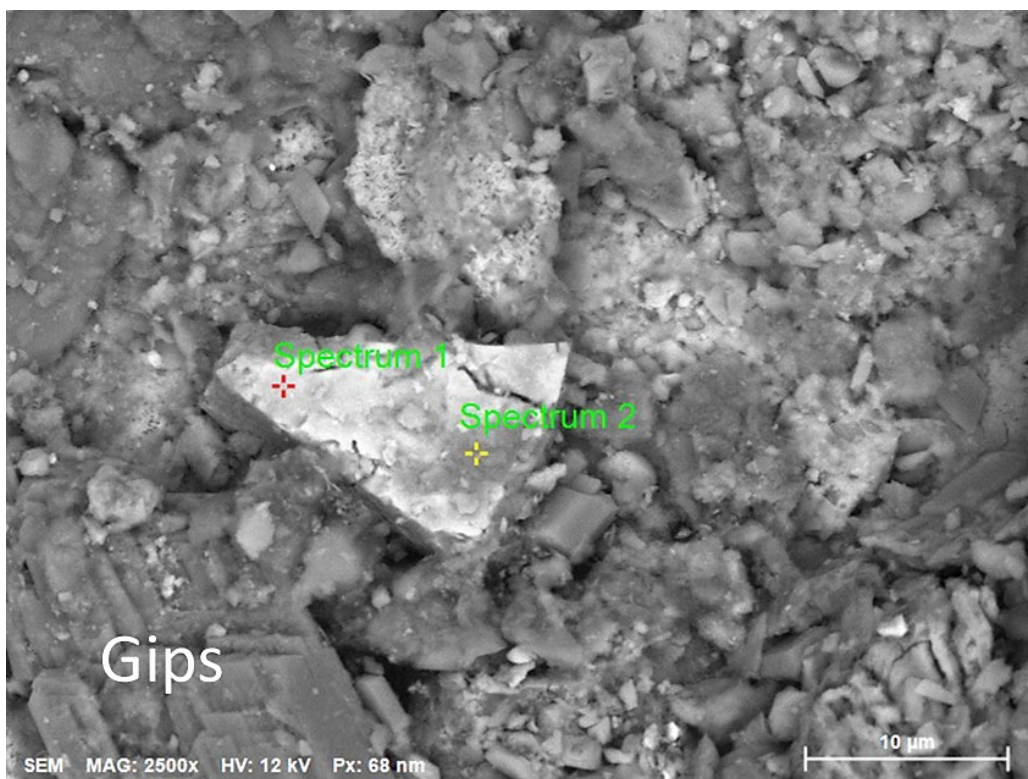
Analysepunkt	Mineral/spektrum	Beskrivelse	Kornstørrelse	Merknad
Lok 2-1-01b	Svovelkis FeS <sub>2</sub> / 1	Oppsprukket kubisk krystall	8 µm	Avgir svovelsyre ved oksidasjon
Lok 2-1-02	Svovelkis /1	Rekrystallisert Fe-sulfid	5 x 10 µm	Avgir svovelsyre ved oksidasjon
Lok 2-1-03	Schwertmannitt Fe <sub>8</sub> O <sub>8</sub> (SO <sub>4</sub> )(OH) <sub>6</sub> / 1,2,4,5	Kuleforma krystallaggregater utfelt etter framboidal svovelkis	1-2 µm	Sekundært Fe-hydroksysulfat dannet ved pH < 4,5
Lok 2-1-04	-Gips/ 1 CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O -Schwertmannitt / 3,4	-Krystall -Kuleforma aggregat Begge utfelt etter svært små svovelkiskorn i matriks	-ca. 5 µm -3-10 µm	-Lettløselig Ca-sulfat, avgir sulfationer - Fe-hydroksysulfat- -Begge dannet ved lav pH etter Fe-sulfid oksidasjon
Lok 2-3-01b	Gøthitt med S/ 1,2 FeOOH	Kuleformet krystallaggregat og flakige korn	1-4 µm	-Tungt løselig Fe oksyhydroksid. -Dannet fra Fe-sulfid etter oksidasjon
Lok 2-3-01c	-Matriks m K silikater & små svovelkiskorn/ 1 -Jarositt / 2 KFe <sub>3</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub>	Kuleformede aggregater av jarosittkrystaller på matriks med K-feltspat, glimmer og svovelkis	- < 1 µm -5-10 µm	-Oksidasjon av svovelkis bidrar med S & Fe, og silikater bidrar med K til jarositt. -Løselig sulfat som avgir syre & sulfationer
Lok 2-3-02	- Svovelkis / 1 -Oksidert svovelkis / 2	Rekrystallisert	ca. 15 µm	-Avgir svovelsyre ved oksidasjon
Lok 2-5-01	-Fe-sulfat /1 Fe-sulfat med Al, Si /2,3	Krakerert skorpe (med gips) på forvitret alunskifer	- > 200 µm	-Dannet ved oksidasjon av Fe-sulfid
Lok 2-5-02b	- Svovelkis / 1,2 -blanding m mulig alunitt / 3	Bipyramider med sprekker	-3-4 µm	-Avgir svovelsyre ved oksidasjon

Analysepunkt	Mineral/spektrum	Beskrivelse	Kornstørrelse	Merknad
				-Løselig sulfat som avgir syre & sulfationer
Lok 2-5-03	-Gips / 2 -Fe-rik skorpe / 3	Gips utfelt mellom amorf fase	-80 µm -	- Lettløselig Ca-sulfat, avgir sulfationer -Tungt løselig
Lok 3-1-1b	- Mulig svovelkis med støv av silikat-mineral / 1,2,3	Tyngre blokkforma krystallin (Fe, S, Cu, O, Ca, Si, Na,Al)	-ca 100 µm	-Avgir svovelsyre ved oksidasjon
Lok 3-1-1c	Kalifeltspat / 1,2	Mineral i skiferen	ca 30-50 µm	-Løselig v pH < 4,5. Bidrar sammen med muskovitt og leirmineraler med K til jarositt & alunitt
Lok 3-1-1d	Svovelkis/ 1 diagram (Feil tabell lagt inn i rapporten)	Rekrystallisert samme område som 3-1-1b		-Avgir svovelsyre ved oksidasjon
Lok 3-1-2	-Gips / 1 - Fe-rik skorpe / 2	Gips påvekst på amorf Fe-fase	-5-40 µm lange - større flate	- Lettløselig Ca-sulfat, avgir sulfationer -ikke løselig
Lok3-1-3	Mulig magnetkis/ 1,2 (mindre S enn svovelkis)	Blokkformet oppsprukket	-10 µm	-Evt. dannet fra framboidal svovelkis ved kontakt-metamorfose
Lok 3-1-4	Uidentifisert/ 1, 2	Samling av mange små krystaller	-1-2 µm	-Ukjent; mulig med magnetkis
Lok 3-3-01	Kiselalge / 1	Mellom forvitret lag i alunskiferen	-10-20 µm	-Stabil ved lav pH
Lok 3-3-03	-Kvarts / 1 -Kalsitt / 2 - Gips / 33	Sammen med kiselalger	-25 µm -25 µm -50 µm	-Stabil ved lav pH -Løselig ved pH < 6 -Lett løselig dannet ved oksidasjon av alunskifer
Lok 3-3-04	-Liten svovelkis / 1 -Uidentifisert/ 2 -Kalsitt / 3	I forvitret lag med kiselalger i alunskifer	< 1 µm - 8-10 µm - 8-10 µm	- Avgir svovelsyre ved oksidasjon - Ukjent -Løselig ved pH < 6

Svovelkis var stort sett svært finkornet og ofte med framboidal struktur («bringe-bærstruktur») (figur 42). Det er også typisk at svovelkis opptrer som svært små enkeltkorn spredd omkring i alunskiferen (figur 42 og 43). Enkelte korn var kubiske (figur 42) og også rekrystalliserte med tegn på oksidasjon (figur 43).

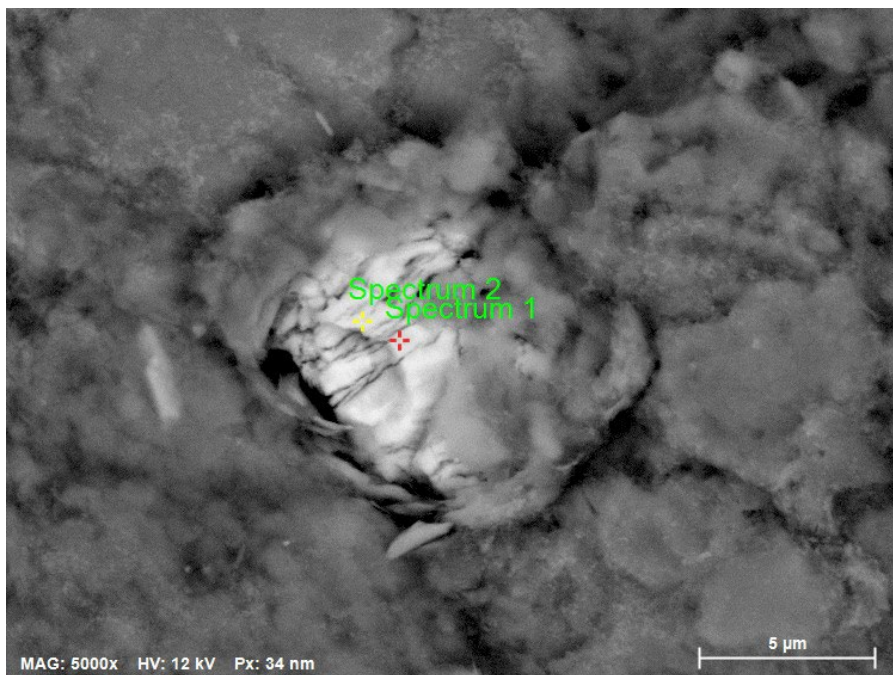


FIGUR 42. LOKALITET 2-1. VENSTRE BILDE: SEDIMENTÆR FRAMBODAL («BRINGEBÆRSTRUKTUR») SVOVELKIS OG SOM SPREDTE KORN. DE ENKELTE SULFIDKORN ER BARE CA. 0,25 µM STORE OG REGNES SOM SVÆRT REAKTIVE. HØYRE BILDE: OPPSPRUKKET SVOVELKISKRYSTALL MED SVÆRT SMÅ SEDIMENTÆRE SVOVELKISKORN SPREDD OMKRING. FOTO: SIRI SIMONSEN, UIO.



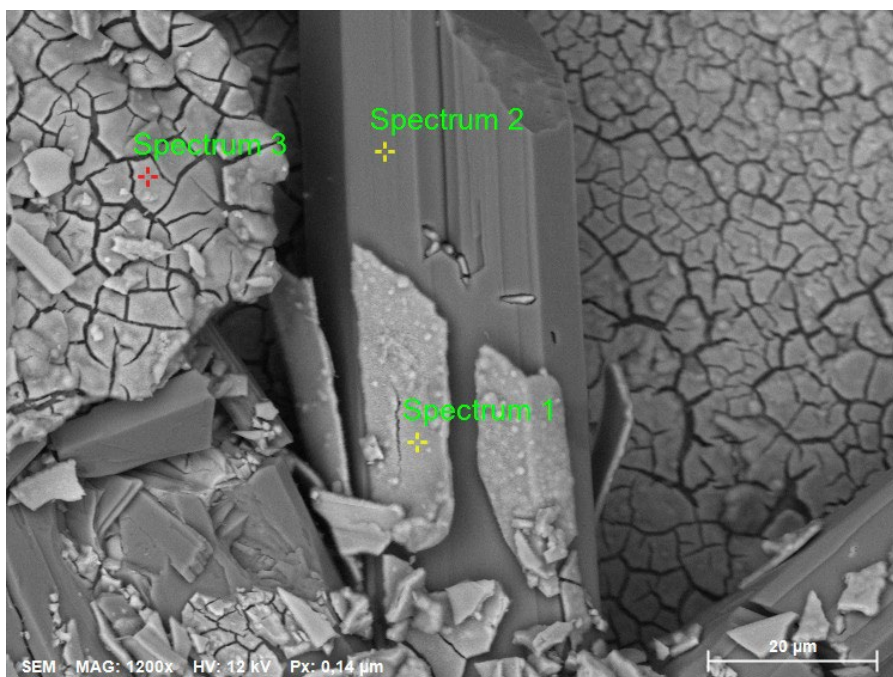
FIGUR 43. LOKALITET 2-3. REKRYSSTALLISERT SVOVELKIS, DELVIS OKSIDERT (SPEKTRUM 2) I FORVITRET ALUNSKIFER MED GIPS. FOTO: SIRI SIMONSEN, UIO.

Figur 44 viser et rekrystallisert Fe-sulfid med lavt S som antagelig er magnetkis. Størrelsen tilsvarer framboidal svovelkis og tyder på at mineralet er dannet fra svovelkis.

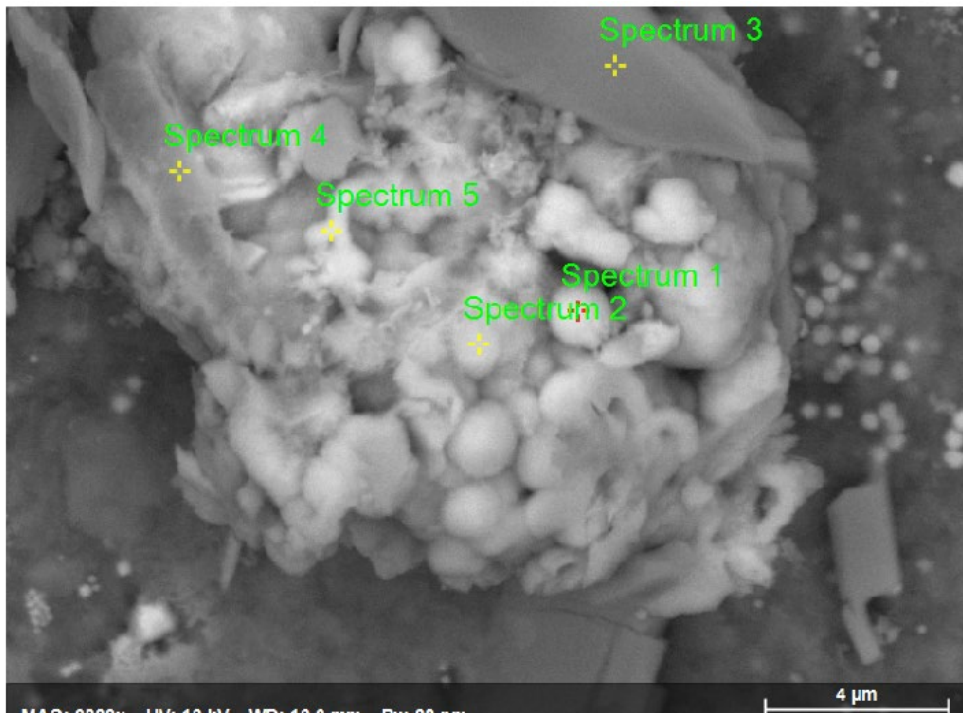


FIGUR 44. MULIG MAGNETKIS. BLOKKFORMET FE-SULFID MED RELATIVT LAVT S DANNET FRA FRAMBODIAL SVOVELKIS. FOTO: SIRI SIMONSEN, UiO.

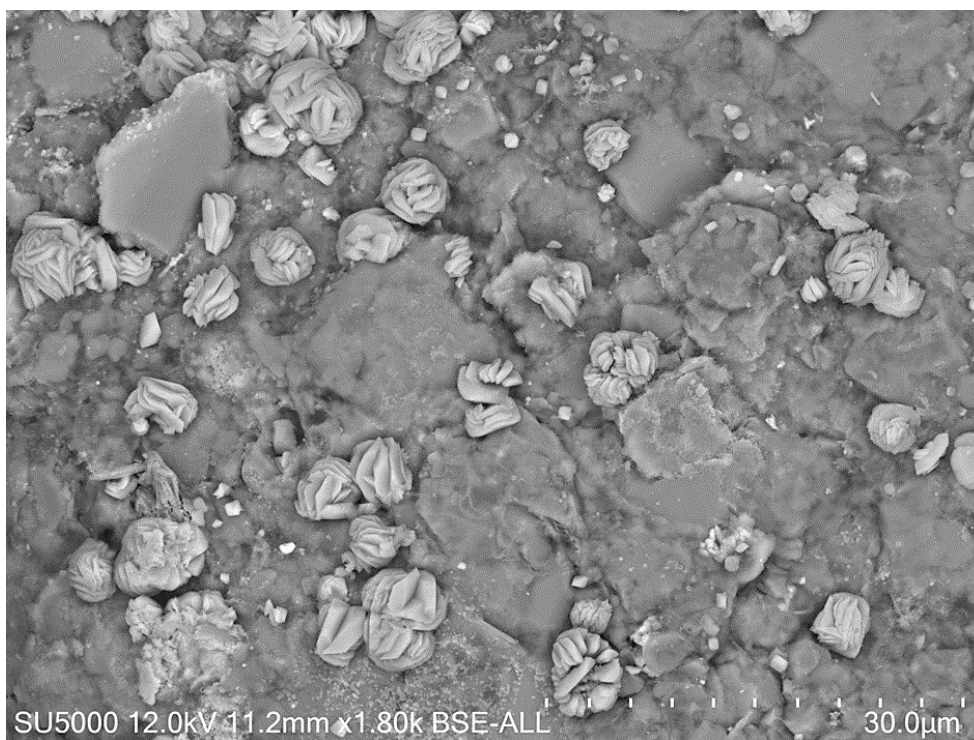
Forvittringsmineralene fra Kistefossveien dannet ved naturlig sulfidoksidasjon omfatter gips (figur 45), schwertmannitt (figur 46) og jarositt (figur 47), samt jernrike skorper. Schwertmannitt og jarositt danner svovelsyre ved oppløsning i vann (Bigham & Nordstrom, 2000). Kalsitt ble observert i mindre mengder og indikerer lav bufferkapasitet for alunskiferen fra Kistefossveien. Det forekom også en del kiselalger sammen med forvittringsproduktene (figur 47).



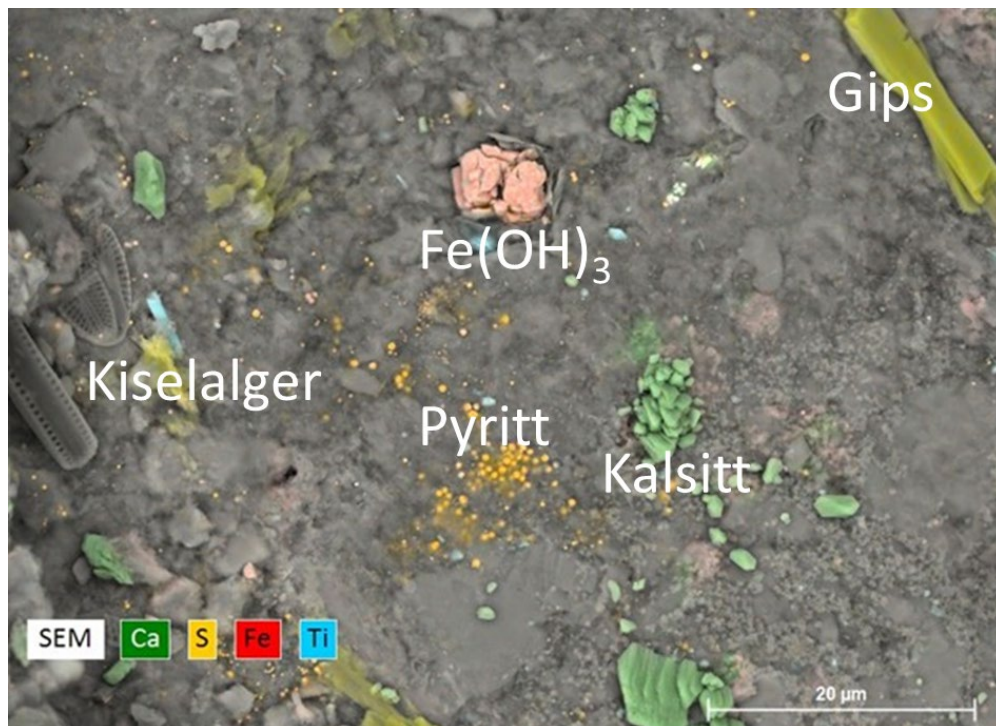
FIGUR 45 GIPS FOREKOMMER I GANSKE STORE KRYSTALLER I FORVITRET ALUNSKIFER PÅ KISTEFOSS. FOTO: SIRI SIMONSEN, UiO.



FIGUR 46. KULER AV SULFATMINERALET SCHWERTMANNITT DANNET ETTER OKSIDASJON AV FE-SULFID. FOTO: SIRI SIMONSEN, UiO.



FIGUR 47. LOKALITET 2-3. JAROSITT (LYSEGRÅ KULEFORMEDE KRISTALLAGGREGATER) DANNET MELLOM FLAK AV KALIFELTSPAT OG LEIRMINERALER (GRÅ) I NÆRVÆR AV SMÅ SEDIMENTÆRE SVOVELKISKORN (HVITE). FOTO: SIRI SIMONSEN, UiO.



FIGUR 48. LOKALITET 3-3. FORVITRET ALUNSKIFER MED GIPS, FE-HYDROKSID, KALSITT, LITT TITANOKSID OG SEDIMENTÆR SVOVELKIS. KISELALGER VAR GANSKE VANLIG I DENNE PRØVEN. FOTO: SIRI SIMONSEN, UIO.

### 3.7.3.2 Massetipp 1

Prøvene ble samlet inn fra Massetipp 1 rett etter kraftig varmegang tidlig i september 2019 og omfatter både grå prøver, delvis med lyse krystaller (Kistefoss1), og rosa varianter med avbrent karbon (tipp-sept 2019). Tabell 17 viser en oversikt over prøvene fra Massetipp 1. Alle analysene finnes i vedlegg 9.

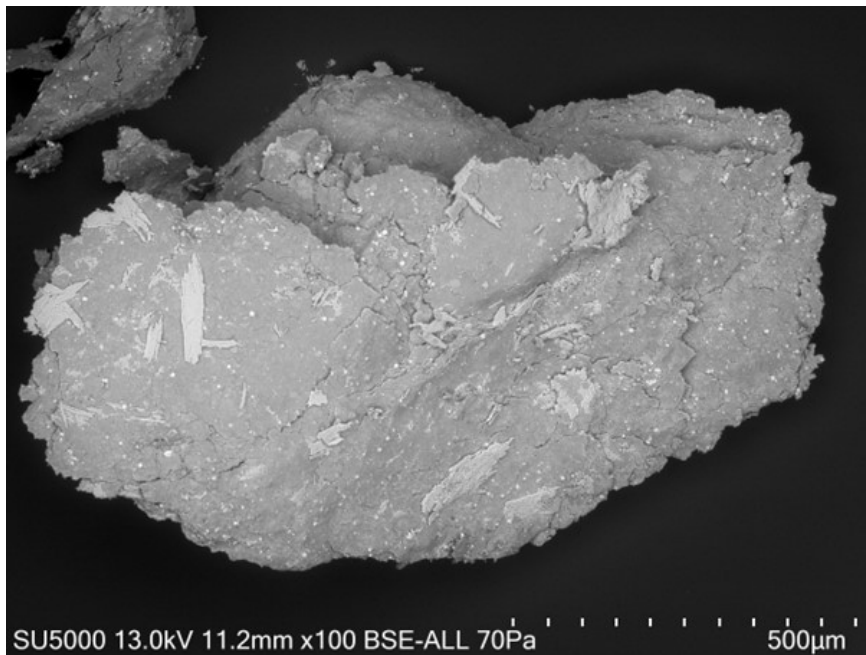
TABELL 17. PRØVER UNDERSØKT I SEM FRA MASSETIPP 1.

Analysepunkt	Mineral/spektrum	Beskrivelse	Kornstørrelse	Merknad
Kistefoss1-01b (grå prøve)	-Uidentifisert mineral; Ca,S,Al,Si / 1,4 -Svovelkis / 2 -Blandet mineral/ 5	-Lyse krystaller i finkornet grå matriks -Brent framboidal svovelkis -Finkornet matriks	-5-100 µm -5 µm (ytre) < 1-55µm	-Dannet fra gips og silikater ved varmgang  -Lite S: avbrent som SO <sub>2</sub> -Påvirket av varmgang
Kistefoss1-01c	-Svovelkis? / 1 --Uidentifisert; Ca,S,Al,Si/ 2 -Blandet mineral/ 3	-Brent framboidal svovelkis - Lyse krystaller i finkornet matriks -finkornet matriks	-6-7 µm (ytre dim.) -2 x 5 µm -2 -5 µm	-Lite S: avbrent som SO <sub>2</sub> -Dannet fra gips og silikater ved varmgang -Påvirket av varmgang
Kistefoss1-01d	-Uidentifisert -Svovelkis? / 2 -Blandet mineral/ 3	-Flakig, i matriks - Brent framboidal svovelkis -Finkornet matriks	-< 5-10 µm -7-8 µm -< 1-5 µm	-Med La, Ce -Lite S: avbrent som SO <sub>2</sub> -Påvirket av varmgang
Kistefoss1-02b	-Blandet /1, 5 -Svovelkis? / 2,3 -Uidentifisert Ca,S,Al,Si / 4,6	-Diverse matriks - Brent framboidal svovelkis -Lyse krystaller i finkornet matriks	-1-5 µm -5-10 µm (ytre dim) -5-40 µm	- Påvirket av varmgang - Lite S: avbrent som SO <sub>2</sub> -Dannet fra gips og silikater ved varmgang
Tipp-sep19-01b	-Millosevichitt / 1 -Pickeringitt / 2	-Flakige korn og tykke masser -Stenglig mineral utfelt på alunogen Og deretter jarositt	-20-100 µm -30-600 µm lange	-Dannet fra alunogen avdampa krystallvatn ved varmegang -Dannet fra SO <sub>2</sub> (etter temperatur maks?)
Tipp-sep19-01d	-Alunogen/ 1 - Hydronium-jarositt /2 -Blandet mineral /3	-Flakige korn og tykke masser -Jarositt danna etter alunogen -Finkorna matriks	-50-60 µm -5 µm -1-5 µm	-Har normalt krystallvatn -Utfelling etter varmgang -Påvirket av varmgang
Tipp-sep19-02	-- K-jarositt / 1,2	Jarositt utfelt på gips og matriks	-5 µm	Utfelling etter varmgang

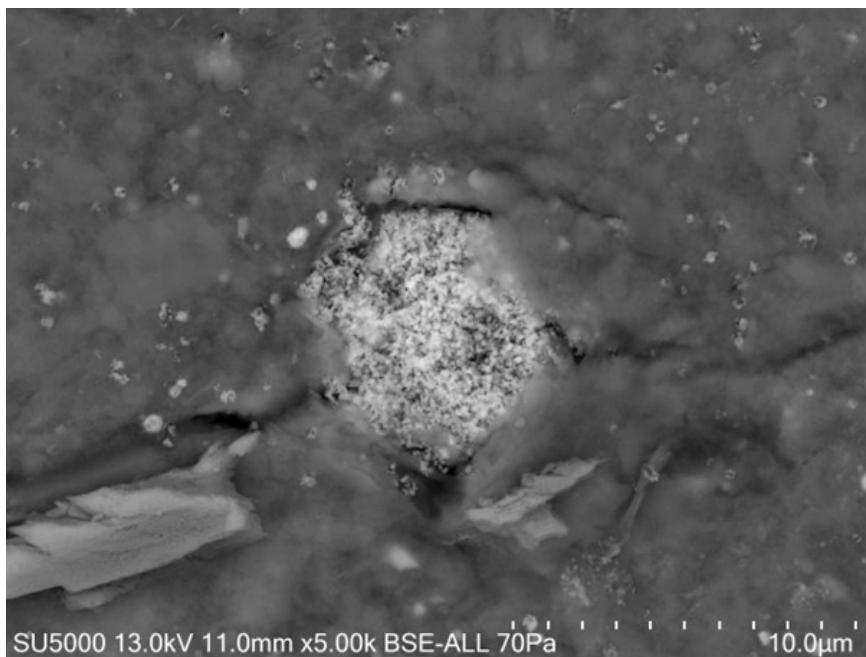
Grå prøver inneholdt ofte lyse/hvite gipslignende krystaller med mye Ca og S og noe Al og Si. Vi tolker disse som dannet fra gips ved reaksjon med silikatmineraler i skiferen under varmgang. Vi har ikke lykkes med å identifisere dette mineralet (Figur 49). Gipsen er opprinnelig dannet ved forvitring av alunskiferen i Massetipp 1 før varmgang.



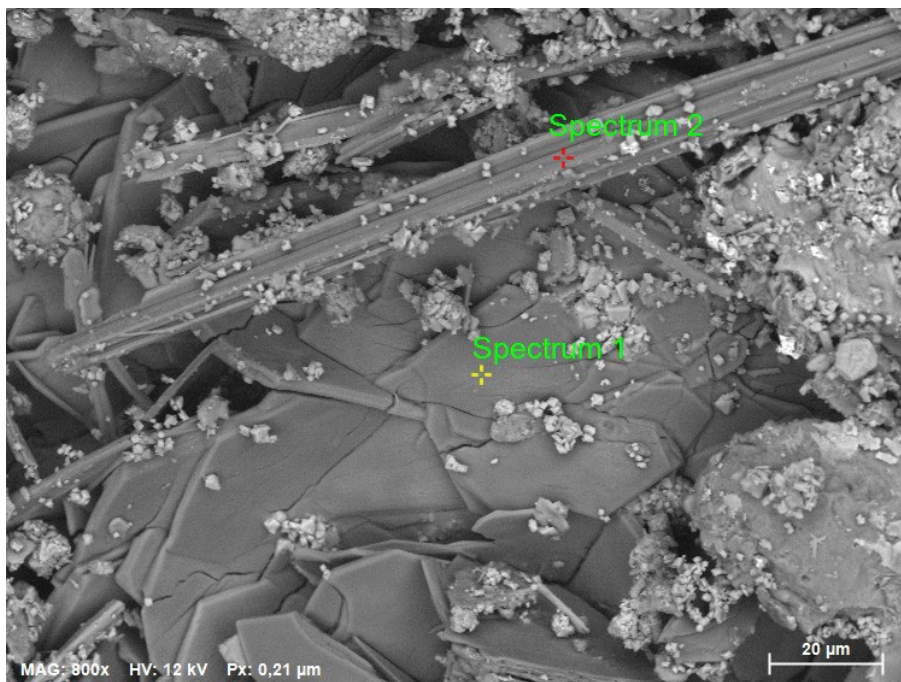
Svovelkisen i prøvene var representert med små korn, opprinnelig framboidal (figur 50). Varmgangen ved oksidasjon av svovelkisen har gitt et produkt med svært lavt S, som trolig reflekterer avgassing av  $\text{SO}_2$ .



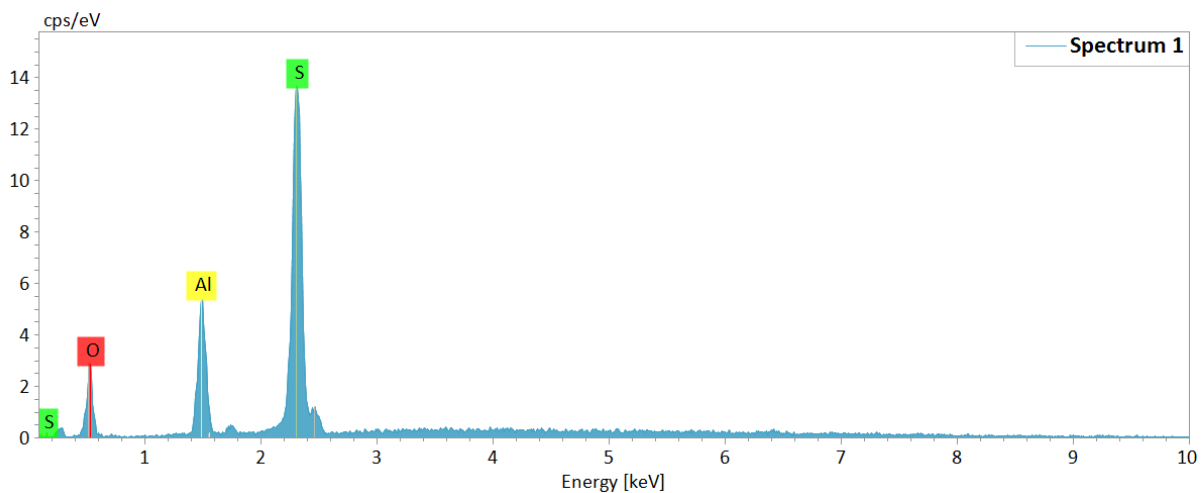
FIGUR 49. PRØVE KISTEFOSS 1. GIPS BLE TROLIG OMDANNET TIL UIDENTIFISERT MINERAL (LYSE KRYSTALLER) MED CA, S, AL, SI OG O VED VARMGANG. FOTO: SIRI SIMONSEN, UiO.



FIGUR 50. PRØVE KISTEFOSS 1. BRENT FRAMBODAL SVOVELKIS MED SVÆRT LAVT INNHOLD AV SVOVEL OG INNSLAG AV ANDRE SMÅ KRYSTALLER. DET STORE KORNET (VENSTRE) ER KJEMISK LIKT DE LYSE KRYSTALLENE I GRÅTT MATERIALE OG ER TROLIG OMDANNET FRA GIPS VED VARMGANG. FOTO: SIRI SIMONSEN, UiO.



FIGUR 51. PRØVE TIPP-SEPT 19. SPEKTRUM 1 ER ALUNOGEN UTEN KRYSTALLVANN (MILLOSEVICHITT). SPEKTRUM 2, DET STENGLIGE MINERALET, BLE UTFELT ETTERPÅ OG MED SENERE UTFELLING AV LYSE SMÅ KRYSTALLER AV JAROSITT PÅ BEGGE. FOTO: SIRI SIMONSEN, UIO.



Figur 52. PRØVE TIPP-SEPT 19. SPEKTRUM 1 VISER MILLOSEVICHITT («ANHYDROUS ALUNOGEN») SOM ER DANNET AV OPPRINNELIG ALUNOGEN PGA AVDAMPING AV KRYSTALLVANN VED TEMPERATURER MELLOM 250 °C OG 550 °C.

Prøvene av rosa varianter viste innhold av alunogen som delvis var helt uten krystallvann ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) (figur 51). Alunogen, ett rødaktig mineral, ble identifisert i utfellingsprodukt i rosa skifer der det organiske karbonet stort sett var avbrent, ofte nær den mest intense røykutviklinga toppen på tippet. Varmgangen har tydeligvis ført til avdamping av krystallvannet.

## 4 Diskusjon

Varmgang i alunskifer på Jevnaker har vært en ny erfaring for Statens vegvesen. I denne rapporten har vi dokumentert historikken, håndteringen av massene før og etter varmgang, effekter på vannmiljøet og utførte geokjemiske og mineralogiske analyser. Det vil være viktig for senere prosjekter å avklare årsakene til varmgang og komme fram til metoder som gjør oss i stand til å forutsi når det kan være fare for varmgang, hvordan mellomlagre og hvor lenge mellomlagring bør forekomme. Et av målene bør være å unngå varmgang i alunskifermassene før de blir transportert til godkjent deponi. Varmgang og framskridende forvitring krever andre tiltak og gjør det mer utfordrende for mottaket å håndtere massene, noe som fordyrer prosesser knyttet til deponeringen.

Alunskifer har store geokjemiske og mineralogiske variasjoner med ulikt potensial for varmgang. Dette tilsier at tiltak bør ta utgangspunkt i en tilstrekkelig relevant dokumentasjon fra hvert enkelt prosjekt. Diskusjonen i dette kapittelet bygger på de spesifikke egenskapene vi har avdekket på Kistefoss.

### 4.1 Syrepotensial på bakgrunn av totalkjemi og mineralogi

Det er utført mange ulike analyser av prøvematerialet fra Kistefossveien og Massetipp 1. Prøvene har vist at det er et høyt innhold av svovel i alunskiferen. Basert på 59 enkeltmålinger HH-XRF på alunskifer fra Massetipp 1 viste at det totale innholdet av svovel i gjennomsnitt var 7,5 %, mens et gjennomsnitt av 60 målinger fra skjæringen i Kistefossveien var 5,4 % svovel. Dette bekreftes ved utførte XRD-analyser, som viser at det er mellom 2-9% svovelkis i prøvene i tillegg til ca. 1% kopperkis i de fleste prøvene (Structor 2017 a og b). Analyser av alunskifer på Rv 4 Gran hadde til sammenligning 3-4,5 % total svovel (Statens vegvesen 2018). I tillegg viste flere av XRD-prøvene fra forvitningsmaterialet på Jevnaker både alunogen ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$ ) og pickeringitt ( $\text{MgAl}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ ) dannet etter varmgang. Dette er forvitningsmineraler som er dannet fra svovelsyre og  $\text{SO}_2$  gass. Alunskiferen som fikk varmgang og røykutvikling er karbonrik og har lav pH-bufferevne pga. lavt innhold av karbonater.

Basert på de prøvene som ble tatt, var innholdet av svovel (som vi legger til grunn stort sett representerer svovelkis) i alunskifermassene tilsynelatende høyt nok til at sulfidoksidasjon kunne føre til varmgang, røykutvikling og lokal selvantennning med avbrenning av karbon, som ga rosa farge på steinene. De aller fleste prøvene som ble plottet opp i NP/AP diagram faller i det syredannende området (figur 33).

Ristetesten som ble utført på forvitrede alunskifermasser med S-innhold på 4,2 – 6,0 % viste utlekking av vann med pH-verdi 4,2. Kolonneforsøk utført av NGI på utsprengt alunskifer fra Kleggerud (ca 1 km fra Kistefoss) viste også at materialet var syredannende ved at pH-verdien sank til 4 etter ti måneder (Wærsted m.fl. 2022). I kontainerforsøk med masser fra samme område ble det ikke observert pH-senking etter to år. Dette kan komme av faktorer som at kolonneforsøkene ble gjort på masser med mindre kornstørrelse (0-20 mm), høyere gjennomsnittstemperatur på laben og en annerledes frekvens på tørke og fuktighet (NGI 2023).

Det er kjent at svovelkis under metamorfose vil kunne omdannes til magnetkis (Bastiansen m.fl. 1957). Skiferen i området på Kistefoss og Kleggerud har flere magmatiske intrusiver, noe som har ført til oppvarming av skiferen som igjen kan ha omdannet noe svovelkis til magnetkis. Tilstedeværelse av

små mengder magnetkis er kjent for å kunne akselerere forvitringen av svovelkis ved å ha en katalyserende effekt ved å fungere som en anode i en galvanisk prosess (Bastiansen m.fl 1957). Våre analyser ga ingen sikre indikasjoner på magnetkis i massene fra Massetipp 1 eller fra skjæringen langs Kistefossveien. Vi har bare unntaksvis funnet mulige indikasjoner på magnetkis fra skjæringa på Kistefossveien (figur 42).

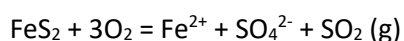
Å analysere på og finne magnetkis ved hjelp av XRD og SEM kan være utfordrende. Dette fordi magnetkis ofte forekommer i små mengder (< 1 %) som ikke kan identifiseres ved XRD. SEM analyse er semikvantitativ og gir oftest for unøyaktige analyser av jern og svovel. Magnetkis er i tillegg reaktivt og kan oksidere på veg til laboratoriet, og riktig prøvepreparering er dermed vesentlig for å avdekke magnetkis (Bastiansen m.fl. 1957). På den andre siden viser resultatene fra XRD-analyser i masteroppgavene til Børresen (2017) og Erstad (2017) at magnetkis var bevart i alunskifer på Kleggerud, som ligger ca. 1 km sørvest for Kistefoss-skjæringen, men i samme geologiske formasjon med gangbergarter. Disse undersøkelsene viste også at alunskiferen på Jevnaker inneholdt copiapitt, jarositt og schwertmanitt som er vannløselige sulfater dannet ved oksidasjon av jernsulfider. Oppløsning av disse sulfatene bidrar ikke til varmgang.

Det er uvisst om eventuelt innhold av magnetkis i prøvene fra Kistefossveien har hatt påvirkning på å akselerere syredanningsprosessene og påfølgende varmgang i massene. Observert dominans av svært reaktiv framboidal svovelkis (bringeberstruktur), kombinert med relativt høyt innhold av totalt svovel viser at oksidasjon og varmgang er ventet også i fravær av magnetkis. De mineralogiske undersøkelsene av alunskifer fra Kistefossveien tatt i 2022 viste ganske mye forvitring, på tross av uforvitret preg i prøvematerialet. Selv om det er mulig at den opprinnelige alunskiferen som ble lagt i Massetipp 1 kan ha vært mindre forvitret enn disse prøvene fra Kistefossveien er det sannsynlig at varmgang lettere oppstår i alunskifer med begynnende naturlig forvitring enn i helt uforvitret alunskifer.

## 4.2 Varmgang med utvikling av SO<sub>2</sub>-gass

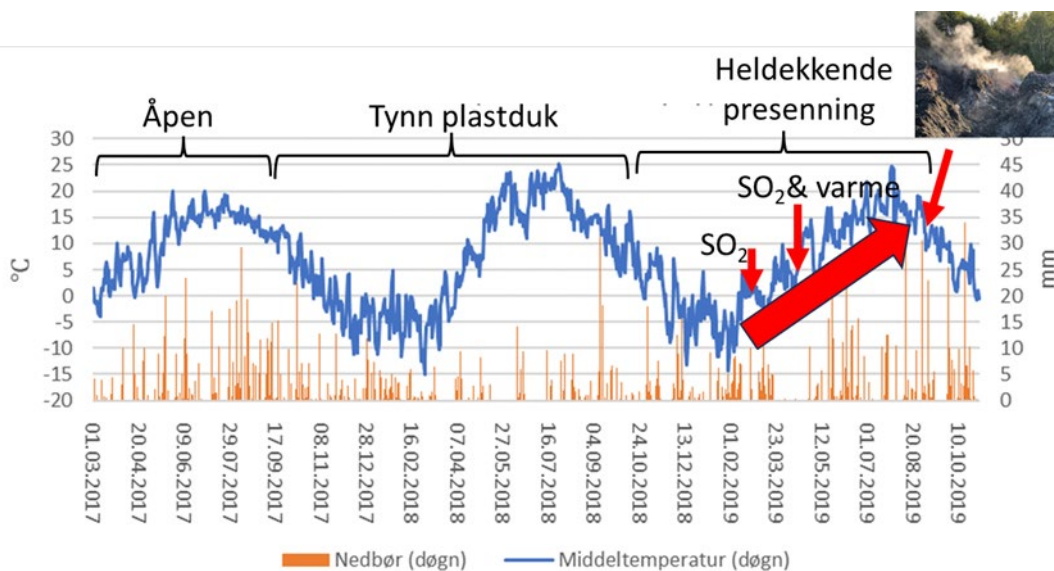
Varmen som akkumulerte i alunskiferen i Massetipp 1, viste direkte målte temperaturer opp mot 400 °C. Skifermassene lå ute i omtrent 2 år før varmgangen startet. Massene var utildekket i omtrent 5 måneder etter utsprengning (se figur 53). Massene ble tildekket etter dette, men med utilstrekkelig kvalitet det første året, før tett duk hindret all kontakt med nedbør det siste året. Under det første året av lagringen, kom derfor nedbør i kontakt med massene og har bidratt til forvitningsreaksjoner og utlekking fra massene. Etter at tett duk ble lagt på antas det at lite vann kom inn i massene, men sannsynligvis har det likevel pågått forvitningsreaksjoner da det har vært fuktighet i massene. Den tette duken kan også ha hindret varme i å slippe ut, og dermed ført til at varmen akkumulerte som igjen kan ha akselerert oksidasjonsprosessen.

Dannelse av SO<sub>2</sub>-gass er et tydelig tegn på omfattende sulfidoksidasjon og forvitring. Oksidasjon av svovelkis med avgassing kan uttrykkes med følgende reaksjon (Brunner m.fl. 2008):



Det er kjent at oksidasjonsraten for svovelkis øker med økende temperaturer (Hawkins 2014). Høy lufttemperatur over lengre tid kan også ha medvirket til at varmgangen eskalerte i sommerhalvåret. En sesongvariasjon i pH fra avrenningsvann fra alunskifer ble også sett i utlekkingsforsøket i friluft som NGI utførte på svartskifermasser fra Gran (Wærsted m.fl. 2022), der pH sank i sommerhalvåret, men økte igjen på vinterhalvåret. Vi fant derimot ikke en slik variasjon i prøvene tatt i vannansamling

nær massetippene. Det var heller ikke tatt tilstrekkelig antall prøver for eventuelt å kunne påvise dette.



Figur 53. VÆRFORHOLD OG EKSPONERINGSFORHOLD SAMMENHOLDT MED UTVIKLING AV VARMGANG I MASSETIPP 1.

Det er vanskelig å vite eksakt hvor høy maksimumstemperaturen i Massetipp 1 var, men karbonet i alunskifer er regnet som nær antrasittisk (Bastiansen m.fl. 1957). Kuznetsov m.fl. (2018) har vist at antrasittisk karbon antenner ved mellom 530 og 600 °C. Det er derfor ikke usannsynlig at prøver med fullstendig avbrent karbon reflekterer temperaturer nær eller over 500 °C. I SEM-analysene fant vi også at alunogen lokalt ble fullstendig dehydrert til aluminiumsulfatet millosevichitt  $Al_2(SO_4)_3$ . Dette foregår ved temperaturer over 250 °C og mineralet er stabilt opp til 550 °C (Kahlenberg m.fl. 2017). I Kvarntorp i midt-Sverige har selvantenning ført til brann i et alunskiferdeponi, med temperaturer over 500 °C. Svovelinnholdet var i dette tilsvarende Kistefossveien og Massetipp 1, med tydelig høyest konsentrasjon på 7,89 % svovel i finstoff av alunskifer. Alunskiferen i denne delen av Sverige er ikke påvirket av kontaktmetamorfose og inneholder ikke magnetkis. De viktigste sulfidene er pyritt og markasitt. Alunskiferen var forvitret og inneholdt større mengder jarositt og gips (Åhlgren mfl. 2021).

## 4.3 Læringspunkt og tiltak

### 4.3.1 Betydningen av geologiske feltundersøkelser

Det er viktig å utføre detaljerte og relevante geologiske forundersøkelser i felt for å avdekke hvor og hvor mye alunskifer som finnes i hvert enkelt tilfelle. Det er viktig å unngå i størst mulig grad at i større mengder inerte bergarter blir innblandet i alunskifer og sendes sammen til spesialdeponering. Dette er ikke bærekraftig. Nøyaktige geologiske forundersøkelser vil ofte også gi grunnlag for optimalisering av vegtraseer for å redusere innslaget av alunskifer og annen forurenset grunn.

Massetipp 1 inneholdt store mengder av monzonitt og andre ikke-reaktive sterke bergarter som ellers kunne ha blitt brukt i vegbyggingen. I forbindelse med forundersøkelsene utført før oppstart

bygging av Kistefossveien, ble det bare utført markbefaringer som ga inntrykk av at alunskifer var en svært underordnet bergart på stedet. Det finnes gode blotninger i nærområdet som tydelig viser veksling mellom alunskifer og monzonitt og mænaitt i horisontale lag. Det var utført en kjerneboring som påviste svartskifer, men den virker ikke til å være var hensyntatt i særlig grad. Dersom en hadde utført borer i området der hvor den nye skjæringen langs Kistefossveien skulle tas ut ville en lett ha avdekt relativt tykke lag av monzonitt og mænaitt som anleggsteknisk hadde vært mulig å skille ut under sprenging.

Relevant og tilstrekkelige geologiske forundersøkelser og kartlegging vil i de fleste tilfeller gi et svært godt grunnlag for en bedre og riktigere ressursforvaltning, både når det gjelder uttak av god stein så vel som uttak av ren alunskifer for spesialdeponering. Miljøgeologiske undersøkelser i felt legger vekt på både nøyaktig stedsfesting av de ulike bergartene og omfatter beskrivelse av interne variasjoner (forvitringstilstand mm.). I noen tilfeller vil geofysiske undersøkelser av undergrunnen kunne være utslagsgivende (Rønning 2021). Bruk av HH-XRF i felt på et tidlig tidspunkt har vist seg å være svært nyttig for å raskt påvise innhold av stoffer som kan utgjøre risiko for miljøet og gir et godt grunnlag for representativ prøvetaking for laboratorieanalyser. I tillegg er gode vannkjemiske bakgrunnsprøver viktig for å kunne si noe om naturlig bakgrunnsnivå i vannforekomster og eventuell påvirkning på vannmiljøet som følge av berguttaket.

#### 4.3.2 Analyse av bergarter og mineraler

Potensialet for varmgang i alunskifer varierer, avhengig av mineralogisk sammensetning og teksturelle forhold (kornstørrelser mm). Høyt svovelinnhold i skiferen vil indikere et større potensiale for varmgang enn masser med lavere svovelinnhold. Massetipp 1 og Kistefosskjæringen der massen kom fra, hadde et relativt høyt totalinnhold av svovel (5-7 %) sammenlignet med andre forekomster. Det aller meste av svovelet forekom i svært finkornet (framboidal) og reaktiv svovelkis med et mulig, men ikke sikkert identifisert innslag av magnetkis. Det er ellers observert at alunskiferen i området forvitret svært raskt og etter alt å dømme raskere enn alunskifer mange andre steder. Høyt totalt svovelinnhold, og stort omfang av naturlig forvitring reflekterer et større potensial for varmgang enn lite forvitret alunskifer med grovere rekrystallisert svovelkis, selv om totalinnholdet av svovel er det samme.

Analysene som er utført har avdekt viktige egenskaper i den lokale alunskiferen med tanke på potensialet for varmgang, men det er for tidlig å konkludere med at disse analysene er tilstrekkelige med tanke på å forutse varmgang. Det er behov for å få etablert testmetoder der en kan måle temperaturutviklingen i alunskiferprøver med ulik mineralsammensetning direkte. Masteroppgaven til Silje Falkenhaus ved UiO vil kaste videre lys over dette.

#### 4.3.3 Mellomlagring og tildekking

Massetipp 1 ble først anslått til å bestå av 30 % alunskifer. I ettertid antar vi at alunskifermengden kan ha vært over 50%, uten at det er dokumentert. Det store innslaget av monzonitt og andre ikke-reaktive bergarter virker ikke å ha hatt noen stor innvirkning på varmgangen. En mulig teori er at det kan bli mer varmgang i en høy tipp enn i en lav tipp. Jo tykkere lag av alunskifer, jo vanskeligere blir det for varmen å slippe ut. På samme måte slippes det ikke ut mye varme gjennom en tett membran over. Begge bidrar til å øke den totale varmen som dannes, noe som fører til en akselerert

sulfidoksidasjon og den registrerte høye temperaturen. Grad av kompaktering vil trolig også virke inn.

Vann og luft fører til akselerert oksidasjon og forvitring i nysprengt og fint fragmentert alunskifer. Tidligst mulig tildekking vil begrense vanntilførsel til massene og dermed kan forvitring reduseres.

I Miljødirektoratets veileder for håndtering av svartskifer (NGI 2015) ble åtte uker satt som maksimal varighet for mellomlagring av uforvitret alunskifer. Senere har NGI i sin rapport (2021) «Håndtering av potensielt syredannende svartskifer» anbefalt en maksimal mellomlagringstid på seks måneder for uforvitret alunskifer før endelig deponering, for å unngå problemer med senere syreproduksjon.

Dersom alunskifer inneholder større mengder jernsulfid så bør en være oppmerksom på at dette kan redusere mellomlagringstida. I tilfeller der det har gått varmgang i massene skaper det også tekniske problemer for mottaket, noe som også fører høyere kostnader for byggherren.

Generelt vil en kortest mulig mellomagringsperiode være en god sikring mot varmgang i de fleste typer alunskifer. Det er uansett behov for å følge med på tilstanden i mellomlagret alunskifer også med tanke på lukt av SO<sub>2</sub>, som er et tidlig tegn på varmgang.

Vannanalysene viste at massetippene ikke førte til svært mye forurensning og at jordsmonnet på stedet hadde preg av lokal alunskifer. Massetippene var lokalisert i kanten av en myr med lite gjennomstrømming av vann. Lokale forhold på andre steder vil derimot ikke være like. I tillegg til det varierende forurensningspotensialet i ulike varianter av alunskifer vil også de lokale hydrologiske forholdene påvirke den reelle forurensningen.

## 5 Konklusjon

Det er generelt viktig og nødvendig å utføre nøyaktige geologiske forundersøkelser for å lokalisere alunskifer og annen bergartsvariasjon. Kjemiske og mineralogiske analyser gir mye viktig informasjon med tanke på både forurensningspotensial og sannsynlighet for varmgang. Alunskifer har store geokjemiske og mineralogiske variasjoner med ulikt potensial for varmgang. Dette tilsier at tiltak bør ta utgangspunkt i en tilstrekkelig relevant dokumentasjon fra hvert enkelt prosjekt.

Undersøkelser utført på stein fra Massetipp 1 og Kistefosskjæringen viste et relativt høyt totalinnhold av svovel (5-7 %) sammenlignet med andre forekomster. Det aller meste av svovelet forekom i svært finkornet, og reaktiv svovelkis med et mulig, men ikke sikkert identifisert innslag av magnetkis. Det ble påvist høyt innhold av framboidal svovelkis og en begynnende naturlig forvitring i utsprengt skjæring. Disse faktorene har sannsynligvis bidratt til at berget har et større potensial for varmgang.

Det er viktig å unngå i størst mulig grad at i større mengder inerte bergarter blir innblandet i alunskifer og sendes sammen til spesialdeponering. Dette er ikke bærekraftig. Undersøkelser for å vurdere mulig gjenbruk av alunskifermassen innblandet med andre masser viste at de var uegnet til vegoppbygning både pga. mekaniske egenskaper og syredannende egenskaper med påfølgende utlekkingspotensial.

Massetippene på Kistefoss ble ikke tildekket tilstrekkelig det første halvannet året, noe som gjorde at nedbør kom i kontakt med massene. Vannanalysene våre viste at massetippene ikke førte til svært

mye forurensning og at jordsmonnet på stedet hadde preg av lokal alunskifer. I vannansamlinger lokalt rundt Massetipp 1 og Massetipp 2 ble det påvist forhøyede konsentrasjoner av flere metaller og noe nedadgående pH. Massetippene var lokalisert i kanten av en myr med lite gjennomstrømming av vann. Tidligst mulig tildekking bidrar til å redusere forvitningsprosessene og avrenning til miljøet. Ved mellomlagring bør en unngå at varme akkumulerer under tildekkingen.

Et av målene bør være å unngå varmgang i alunskifermassene før de blir transportert til godkjent deponi. Varmegang og framskridende forvitring krever andre tiltak og gjør det mer utfordrende for mottaket å håndtere massene, noe som fordyrer prosesser knyttet til deponeringen.



## 6 Referanser

- Bastiansen, R.; Moum, J.; Rosenqvist, T.H., 1957. Bidrag til belysning av visse bygningstekniske problemer ved Oslo-området alunskifere. Norges geotekniske institutt, publikasjon nr. 22. 81 s.
- Bigham, J.M., Nordstrom, D.K., 2000. Iron and Aluminum Hydroxysulfates from Acid Sulfate Waters. in C.N. Alpers, J-L. Jambor, D. Kirk Nordstrom (eds.): Sulfate Minerals: Crystallography, Geochemistry, and Environmental Significance. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, Chapter 7. P 351-403.
- Bjørlykke, K., 1974. Depositional history and geochemical composition of lower Palaeozoic epicontinental sediments from the Oslo region. Norges geologiske undersøkelse, 305, 1-81.
- Brunner B., Yu J.-Y., Mielke R.E., MacAskil J.A., Madzunkov S., McGenity T.J., Coleman M., 2008. Different isotope and chemical patterns of pyrite oxidation related to lag and exponential growth phases of *Acidithiobacillus ferrooxidans* reveal a microbial growth strategy. Earth and Planetary Science Letters, 270, 63-72.
- Børresen, H. S., 2017. Geochemical and mineralogical evaluation of mineral-water reactions and leaching potential in a black shale depot- Weathering and transport of Ni, Zn, Cd, Sr and Co from Alum- and Black shale. Masteroppgave, UIO. 142 s.
- Chandra, A.P., Gerson, A.R., 2010. The mechanisms of pyrite oxidation and leaching: a fundamental perspective. Surface Science Reports (65). 293-315.
- Ciur, G. 2022. E16 Kistefossvegen - Bortkjøring av svartskifer. Trimble Novapoint GO-rapport, 24. s.
- COWI, 2016. Geologisk undersøkelse i området Kistefossvegen. Tiltaksplan for håndtering av utgravde masser. Rapport 42 s.
- DSA (Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet), 2020. Tilsyn ved Statens vegvesen Øst prosjekt E16 Eggemoen - Olum, Jevnaker. Tilsynsrapport, 5 s.
- DSA, 2024, 12. Februar. Tilsyn, <https://dsa.no/tilsyn>
- Erstad, L., 2017. Leaching of uranium and heavy metals from acid producing black shales - Experiments and modeling study. Masteroppgave, UIO. 140 s.
- Goa, W.X., Parizek, R.R., 1994. Field-research on thermal anomalies indicating sulfide-oxidation reactions in mine-spoils. Environmental Geochemistry of Sulfide Oxidation. Eds. D. Blowes and C. Alpers, Washington DC. Side 645.
- Hawkins, A.B., 2014. Engineering implications of the oxidation of pyrite: An overview, with particular reference to Ireland. In A.B. Hawkins (ed.) Implications of pyrite oxidation for engineering works. Side 1-106. Springer Verlag.
- Sirkula IKS, 2020. Temperaturmålinger leveranser. E-post med vedlagt excelark.
- Jeng, A.S., 1991. Weathering of some Norwegian Alum Shales I. Laboratory simulations to study the release of metal cations (Ca, Mg, K). Acta Agric. Scand. 41, 13-35.
- Jeng, A.S., 1992. Weathering of some Norwegian Alum Shales II. Laboratory simulations to study the influence of ageing, acidification and liming on heavy metal release. Acta Agric. Scand. 42, 76-87.

- Kahlenberg, V., Braun, D.E., Krüger, H., Schmidmair, D., Orlova, M., 2017. Temperature- and moisture-dependent studies on alunogen and the crystal structure of meta-alunogen determined from laboratory powder diffraction data. *Phys Chem Minerals* 44, 95–107.
- Kuznetsov, A., Butakov, E., Burdukov, A., Pavel Plusnin, P., 2018. Study of kinetic characteristics of mechanical activated microgrinding coals in the process of thermal decomposition and ignition. *Thermophysics, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1105, 012096. doi :10.1088/1742-6596/1105/1/012096.
- Ma, M., Wang, W., Zhang, K., Shi, Z., 2023. Experimental Study on the Oxidation Reaction of Coal-Pyrite and Mineral-Pyrite with the Participation of Fe (III) and Bacteria under Acidic Conditions. *Energies* 16, 3588. <https://doi.org/10.3390/en16083588>
- Norges geotekniske institutt, 2015. Veileder for miljødirektoratet. Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter. Rapport: 20120842-01-R
- Norges geotekniske institutt, 2015. Miljødirektoratet. Deponering av syredannede bergarter, Grunnlag for veileder. Rapport: 20140693-01-R
- Miljødirektoratet, 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota, revidert 30.10.2020. Veileder M608, 13 s.
- Norges geotekniske institutt, 2021. Håndtering av potensielt syredannende svartskifer, Fagrapport til Miljødirektoratet, 108 s.
- Norges geotekniske institutt, 2023. WP1 - Temporary storage of black shales – a compilation of case studies, experiences and overall conclusions. Under Oslo, rapport 154 s.
- NIBIO, 2019. E16 Eggemoen – Olum, Vannkjemiske og biologiske undersøkelser 2018. Rapport, 44 s.
- NIBIO, 2021. E16 Eggemoen – Olum, Vannkjemiske og biologiske undersøkelser 2019 og 2020. Rapport, 66 s.
- Neumann, H., 1985. The minerals of Norway. Norges geologiske undersøkelse, Skrifter nr. 68, 278s.
- Restuccia, F., Ptak, N., Rein, G., 2017. Self-heating behaviour and ignition of shale rock. *Combustion and Flame*, Volume 176, 213–219.
- Rønning, J.S., 2021. Geofysikk og forundersøkelser for tunnel. Sluttrapport fra prosjektet «Forberedende Forundersøkelser for Utbygging Tunneler (ForForUT). NGU Rapport 2021.032.
- SFT 2009, Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn. Veileder, 30 s.
- Skanska, 2020. Oppredning av svartskiferholdige masser fra kontrakt E10, N-SKA-YM-13
- Statens vegvesen, 2016. Bruk av XRF på bergarter for vurdering av miljørisiko - Eksempel frå Rv 4 Gran og E18 Grimstad– Kristiansand. Rapport, 46 s.
- Statens vegvesen, 2018. Rv.4 Gran, nyttiggjøring av svartskifer. Sluttrapport og erfaringar. Statens vegvesens rapportar, Nr. 333.
- Statens vegvesen, 2019a. E16 Eggemoen – Olum, E20 Bortkjøring av alunskifer - Sikkerhet, helse og arbeidsmiljøplan (SHA-plan), Rapport 13 s.

Statens vegvesen 2019b. E16 Eggemoen – Olum. Kommunikasjon med Fylkesmannen i Oslo og Viken om svartskiferhandtering ved Kistefoss. Brev. 2 s.

Statens vegvesen, 2020. Redegjørelse for prosedyrer ved forekomst av potensielt syredannende berg. Brev til DSA. 3 s.

Structor Geomiljø, 2017 a. 417018 E16 Eggemoen – Olum Kistefoss. Vurdering uttak av sprengstein fra skjering. Powerpoint, 14 s.

Structor Geomiljø, 2017 b. E16 – Prosjektet Kistefos, Tiltaksplan mellomlagrede masser, Rapport, 18 s.

Structor Geomiljø, 2017 c. Vurdering av gjenbruk sprengstein i to tipper, rev. 1, Rapport 417018-R-01, 108 s.

Structor Geomiljø, 2018. Vurdering av gjenbruk sprengstein i to tipper ved Kistefos, rev. 2. Rapport 417018-R-01rev 02, 38 s.

Structor geomiljø 2018. Oppfølging vannanalyser ved Kistefoss. Rapport E16-GE-5532, 125 s

Ulvik, A. 2022. Mænaitt og alunskifer i blanding i vegoverbygning. Notat, 3 s.

WHO (World Health Organization), 2022. Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition incorporating the first and second addenda. 614 s.

Wærsted, M.F., Fjermestad, H., Totland, C. Børresen, M., Aasen Slinde, G., Berge Hansen, C., Tønnessen, E., Hagelia, P., Erstad, L., Baardvik, B. 2022. utfordringer med svarte leirskifere, mellomlagring og naturlige blandmasser. Fjellsprengningsteknikk, Bergmekanikk/Geoteknikk 2022. 28.1-28.19.

Åhlgren, K., Sjöberg, V., Allard, B., Bäckström, M., 2021. Groundwater chemistry affected by trace elements (As, Mo, Ni, U and V) from a burning alum shale waste deposit, Kvarntorp, Sweden. Environmental Science and Pollution Research, 28:30219–30241

## 7 Vedlegg

**Vedlegg 1** 6stk geokjemisk analyser tipp tatt 15.06.17

**Vedlegg 2** XRD analyser av to prøver\_2017

**Vedlegg 3** XRF analyser utlekkingsstest

**Vedlegg 4** XRF analyser Kistefoss pel 600 - 722 juni 2017

**Vedlegg 5** Våtkjemiske analyser 2017

**Vedlegg 6** XRF Massetipp1 og skjæring 27-28.03.23

**Vedlegg 7** XRD analyser av 5 utfellinger 03.2019

**Vedlegg 8** Kistefossveien SEM

**Vedlegg 9** Massetipp 1 SEM

# Vedlegg 1 Geokjemisk analyser fra massetipp 1 tatt ut 15.06.17, 32 sider

## Rapport

### N1712001

Side 1 (9)

14ERM5IQWP



Mottatt dato **2017-07-13**  
Utstedt **2017-07-27**

**Structor Geomiljø AS**  
**Ane Damberg**  
**Oslo**  
**Engebrets vei 5**  
**0275 Oslo**  
**Norway**

Prosjekt **E16 Eggemoen-Olum**  
Bestnr **417018**

### Analyse av faststoff

Deres prøvenavn	<b>M#2 P5</b> <b>Jord/skifer</b>					
Labnummer	N00516026					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)	98.1		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub>	50.5		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.2		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)	2.00		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.24		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O	4.62		% TS	1	S	NADO
MgO	1.35		% TS	1	S	NADO
MnO	0.0522		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O	0.469		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.152		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub>	0.881		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)	16.3		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)	60.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)	620		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)	4.91		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)	0.926		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)	32.6		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)	69.9		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)	154		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)	0.115		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)	112		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)	19.4		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)	95.6		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)	29.7		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)	42700		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)	13.9		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)	3.56		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)	127		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)	361		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)	2.49		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)	32.4		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)	68.9		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)	159		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)	13.1		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)	50.3		mg/kg TS	2	S	NADO

ALS Laboratory Group Norway AS  
PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

E-post: [info.on@alsglobal.com](mailto:info.on@alsglobal.com)  
Tel: + 47 22 13 18 00

Dokumentet er godkjent  
og digitalt undertegnet  
av Rapportør

ALS avd. ØMM-Lab  
Yvenveien 17, N-1715 Yven

Epost: [info.srp@alsglobal.com](mailto:info.srp@alsglobal.com)  
Tel: + 47 69 13 78 80

Web: [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)



Deres prøvenavn	<b>M#2 P5</b> <b>Jord/skifer</b>					
Labnummer	N00516026					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Knusing</b>	<b>ja</b>			3	1	NADO
<b>Tørrstoff (E)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>98.7</b>	5.95	%	4	2	NADO
<b>TOC</b> <sup>a ulev</sup>	<b>8.43</b>		% TS	4	2	NADO
<b>TIC</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.444</b>	0.045	% TS	5	2	NADO



Deres prøvenavn	<b>M#2 P3</b>					
	<b>Jord/skifer</b>					
Labnummer	N00516027					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)	96.4		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub>	55.5		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.5		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)	2.32		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.89		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O	4.58		% TS	1	S	NADO
MgO	1.23		% TS	1	S	NADO
MnO	0.0554		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O	1.03		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.159		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub>	0.768		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)	13.2		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)	73.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)	783		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)	4.68		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)	3.58		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)	24.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)	69.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)	125		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)	0.116		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)	149		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)	22.1		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)	183		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)	32.1		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)	38300		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)	12.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)	3.18		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)	137		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)	656		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)	2.13		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)	38.6		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)	179		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)	208		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)	11.7		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)	75.0		mg/kg TS	2	S	NADO
Knusing	ja			3	1	NADO
Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup>	98.4	5.93	%	4	2	NADO
TOC <sup>a ulev</sup>	5.96		% TS	4	2	NADO
TIC <sup>a ulev</sup>	0.496	0.050	% TS	5	2	NADO



Deres prøvenavn	<b>M#2 P4</b>					
	<b>Jord/skifer</b>					
Labnummer	N00516028					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)	96.8		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub>	54.4		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.3		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)	3.14		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.39		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O	4.19		% TS	1	S	NADO
MgO	1.56		% TS	1	S	NADO
MnO	0.0688		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O	1.04		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.179		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub>	0.868		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)	12.3		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)	54.1		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)	594		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)	4.02		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)	1.04		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)	28.6		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)	83.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)	122		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)	0.109		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)	106		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)	16.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)	119		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)	28.1		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)	28000		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)	17.0		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)	3.14		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)	188		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)	383		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)	2.09		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)	34.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)	90.4		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)	142		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)	11.2		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)	45.7		mg/kg TS	2	S	NADO
Knusing	ja			3	1	NADO
Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup>	97.4	5.87	%	4	2	NADO
TOC <sup>a ulev</sup>	5.00		% TS	4	2	NADO
TIC <sup>a ulev</sup>	0.548	0.055	% TS	5	2	NADO



Deres prøvenavn		<b>M#2 P1B</b>				
		<b>Jord/skifer</b>				
Labnummer		N00516029				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)	98.6		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub>	45.8		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.8		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)	5.99		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.27		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O	4.46		% TS	1	S	NADO
MgO	1.10		% TS	1	S	NADO
MnO	0.0701		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O	1.59		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.164		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub>	0.617		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)	13.2		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)	52.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)	1130		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)	3.61		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)	3.33		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)	16.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)	56.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)	72.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)	0.0856		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)	118		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)	35.9		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)	152		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)	25.1		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)	17000		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)	9.78		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)	2.82		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)	208		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)	623		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)	2.42		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)	38.4		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)	163		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)	262		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)	12.7		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)	60.0		mg/kg TS	2	S	NADO
Knusing	ja			3	1	NADO
Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup>	99.1	5.98	%	4	2	NADO
TOC <sup>a ulev</sup>	3.91		% TS	4	2	NADO
TIC <sup>a ulev</sup>	3.73	0.373	% TS	5	2	NADO





Deres prøvenavn	<b>M#2 P1A</b>					
	<b>Jord/skifer</b>					
Labnummer	N00516030					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Tørrstoff (L)</b>	<b>96.3</b>		%	1	W	NADO
<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>51.5</b>		% TS	1	S	NADO
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>12.7</b>		% TS	1	S	NADO
<b>Kalsiumoksid (CaO)</b>	<b>4.35</b>		% TS	1	S	NADO
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>5.02</b>		% TS	1	S	NADO
<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>4.17</b>		% TS	1	S	NADO
<b>MgO</b>	<b>1.13</b>		% TS	1	S	NADO
<b>MnO</b>	<b>0.0648</b>		% TS	1	S	NADO
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>1.58</b>		% TS	1	S	NADO
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>0.267</b>		% TS	1	S	NADO
<b>TiO<sub>2</sub></b>	<b>0.648</b>		% TS	1	S	NADO
<b>Glødetap (LOI)</b>	<b>13.3</b>		% TS	1	W	NADO
<b>As (Arsen)</b>	<b>70.4</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Ba (Barium)</b>	<b>1210</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Be (Beryllium)</b>	<b>4.43</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Cd (Kadmium)</b>	<b>4.54</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Co (Kobolt)</b>	<b>20.5</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Cr (Krom)</b>	<b>72.9</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Cu (Kopper)</b>	<b>98.0</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Hg (Kvikksølv)</b>	<b>0.0867</b>		mg/kg TS	1	G	NADO
<b>Mo (Molybden)</b>	<b>163</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Nb (Niob)</b>	<b>25.4</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Ni (Nikkel)</b>	<b>207</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Pb (Bly)</b>	<b>31.3</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>S (Svovel)</b>	<b>22500</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sc (Scandium)</b>	<b>9.74</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sn (Tinn)</b>	<b>2.60</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sr (Strontium)</b>	<b>218</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>V (Vanadium)</b>	<b>826</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>W (Wolfram)</b>	<b>2.84</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Y (Yttrium)</b>	<b>40.0</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Zn (Sink)</b>	<b>208</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Zr (Zirkonium)</b>	<b>215</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Th (Thorium)</b>	<b>11.8</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>U (Uran)</b>	<b>83.9</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>Knusing</b>	<b>ja</b>			3	1	NADO
<b>Tørrstoff (E)<sup>a ulev</sup></b>	<b>98.0</b>	5.91	%	4	2	NADO
<b>TOC<sup>a ulev</sup></b>	<b>4.62</b>		% TS	4	2	NADO
<b>TIC<sup>a ulev</sup></b>	<b>0.792</b>	0.079	% TS	5	2	NADO



Deres prøvenavn		<b>M#2 P2</b>				
		<b>Jord/skifer</b>				
Labnummer		N00516031				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)	98.2		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub>	55.6		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.1		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)	3.07		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.73		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O	4.28		% TS	1	S	NADO
MgO	1.17		% TS	1	S	NADO
MnO	0.0520		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O	1.41		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.195		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub>	0.719		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)	12.3		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)	69.9		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)	1040		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)	3.49		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)	3.92		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)	20.4		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)	72.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)	108		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)	0.0788		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)	173		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)	22.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)	203		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)	28.1		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)	24400		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)	9.54		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)	2.79		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)	155		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)	946		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)	2.37		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)	36.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)	187		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)	207		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)	12.5		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)	77.7		mg/kg TS	2	S	NADO
Knusing	ja			3	1	NADO
Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup>	98.3	5.93	%	4	2	NADO
TOC <sup>a ulev</sup>	4.44		% TS	4	2	NADO
TIC <sup>a ulev</sup>	1.32	0.132	% TS	5	2	NADO



"a" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS.

"a ulev" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert av underleverandør.

Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	<p><b>Bestemmelse av metaller etter pakke MG-2</b></p> <p>Metode: Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1.</p> <p>Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdiene korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO<sub>2</sub>). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.</p> <p>Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortyning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende.</p>
2	<p><b>Metaller i jord, tillegg til hovedpakke</b></p> <p>Metode: Se analysebeskrivelse for øvrige elementer. Enkelte elementer er ikke standard med i pakkene og blir bestilt som tillegg til hovedpakkene. Rapporteringsgrense varierer med pakken.</p>
3	<p><b>Knusing/oppmaling</b></p>
4	<p><b>Bestemmelse av total organisk karbon (TOC) i jord, kolometri</b></p> <p>Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Kolometri Rapporteringsgrenser: LOR 0.01 % TS Andre opplysninger: TOC er differansen mellom total karbon (TC) og total inorganisk karbon (TIC).</p>
5	<p><b>Totalt uorganisk karbon (TIC) i jord e.l.</b></p> <p>Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Coulometri Rapporteringsgrenser (LOQ): 0,010 % TS</p>

Godkjenner	
NADO	Nadide Dönmez



	Utf <sup>1</sup>
G	AFS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
S	ICP-SFMS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
W	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
2	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harčě 9/336, Praha, Tsjekkia Lokalisering av andre ALS laboratorier: Ceska Lipa Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice V Raji 906, 530 02 Pardubice Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensinterval på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

<sup>1</sup> Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).



Mottatt dato **2017-03-27**  
 Utstedt **2017-04-05**

**Structor Geomiljø AS**  
**Erik Endre**  
**Oslo**  
**Engebrets vei 5**  
**0275 Oslo**  
**Norge**

Prosjekt **Kistefoss**  
 Bestnr

## Analyse av material

Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 1 Stein</b>					
Labnummer	N00491207					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	98.7		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub> *	50.4		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	18.4		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	1.21		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	5.92		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O*	4.87		% TS	1	S	NADO
MgO*	1.73		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.0397		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O*	1.74		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.107		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub> *	1.07		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	7.0		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	21.0		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	720		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	8.30		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	3.65		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	28.8		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	89.8		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	122		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	0.0847		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	157		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	20.6		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	147		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	17.0		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	31600		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	18.1		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	3.94		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	178		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	822		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	4.49		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	39.9		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	412		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	186		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)*	17.1		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)*	72.1		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	99.0	5.97	%	3	1	NADO
TIC	0.593	0.060	% TS	3	1	NADO
TOC	3.13		% TS	4	1	NADO



Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 1 Stein</b>					
Labnummer	N00491207					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Knusing*	-----			5	2	NADO
Fraktavgift*	-----			6	3	NADO

Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 4 Stein</b>					
Labnummer	N00491210					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	99.0		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub> *	73.5		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	9.11		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	0.200		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	2.45		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O*	4.69		% TS	1	S	NADO
MgO*	0.375		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.0224		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O*	0.237		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.0440		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub> *	0.255		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	2.3		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	10.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	868		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	1.36		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	0.149		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	3.28		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	21.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	22.0		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	<0.02		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	15.8		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	7.24		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	14.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	13.7		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	1320		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	3.47		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	0.937		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	59.7		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	67.7		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	0.788		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	10.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	22.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	110		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)*	5.23		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)*	6.15		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	98.2	5.92	%	3	1	NADO
TIC	0.283	0.029	% TS	3	1	NADO
TOC	8.03		% TS	4	1	NADO
Knusing*	-----			5	2	NADO



Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 5 Stein</b>					
Labnummer	N00491211					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	98.5		%	1	W	NADO
SiO2*	45.6		% TS	1	S	NADO
Al2O3*	16.9		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	<0.08		% TS	1	S	NADO
Fe2O3*	5.94		% TS	1	S	NADO
K2O*	4.52		% TS	1	S	NADO
MgO*	1.17		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.0164		% TS	1	S	NADO
Na2O*	0.294		% TS	1	S	NADO
P2O5*	0.0917		% TS	1	S	NADO
TiO2*	0.908		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	14.9		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	57.9		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	574		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	4.41		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	0.382		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	21.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	76.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	151		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	0.0886		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	119		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	15.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	85.4		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	28.8		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	27300		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	15.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	3.90		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	22.2		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	583		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	2.05		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	32.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	50.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	143		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)*	13.7		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)*	57.1		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	97.9	5.91	%	3	1	NADO
TIC	0.079	0.010	% TS	3	1	NADO
TOC	7.62		% TS	4	1	NADO
Knusing*	-----			5	2	NADO



Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 6 - Stein</b>					
Stein						
Labnummer	N00491213					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	98.7		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub> *	54.9		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	14.5		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	1.19		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	5.06		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O*	3.57		% TS	1	S	NADO
MgO*	1.80		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.0575		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O*	1.16		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.110		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub> *	0.749		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	10.0		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	9.60		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	421		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	4.14		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	1.07		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	19.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	68.9		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	80.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	<0.02		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	129		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	15.0		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	94.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	14.4		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	22900		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	12.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	3.40		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	107		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	535		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	1.75		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	35.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	200		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	133		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)*	12.5		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)*	46.0		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	90.3	5.45	%	3	1	NADO
TIC	0.012	0.007	% TS	3	1	NADO
TOC	4.74		% TS	4	1	NADO
Knusing*	-----			5	2	NADO





Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 7 Stein</b>					
Labnummer	N00491214					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	99.7		%	1	W	NADO
SiO2*	43.9		% TS	1	S	NADO
Al2O3*	14.9		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	4.43		% TS	1	S	NADO
Fe2O3*	8.70		% TS	1	S	NADO
K2O*	2.66		% TS	1	S	NADO
MgO*	2.70		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.135		% TS	1	S	NADO
Na2O*	3.87		% TS	1	S	NADO
P2O5*	0.688		% TS	1	S	NADO
TiO2*	1.68		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	5.1		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	1.39		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	967		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	2.51		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	0.306		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	17.0		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	<9		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	35.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	<0.02		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	4.41		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	56.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	7.37		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	7.22		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	8860		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	8.41		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	1.81		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	649		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	127		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	0.747		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	27.1		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	119		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	280		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)*	5.78		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)*	3.39		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	99.2	5.98	%	3	1	NADO
TIC	0.660	0.066	% TS	3	1	NADO
TOC	3.27		% TS	4	1	NADO
Knusing*	-----			5	2	NADO



Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 8 Stein</b>					
Labnummer	N00491215					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	99.9		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub> *	38.0		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	13.3		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	7.25		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	10.3		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O*	1.68		% TS	1	S	NADO
MgO*	3.23		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.218		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O*	4.27		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	1.14		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub> *	2.82		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	5.4		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	3.87		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	353		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	2.92		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	0.417		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	23.1		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	<9		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	19.4		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	<0.02		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	4.72		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	118		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	1.13		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	7.24		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	8830		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	12.0		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	2.84		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	787		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	192		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	1.49		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	38.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	157		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	491		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)*	10.8		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)*	4.32		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	99.3	5.99	%	3	1	NADO
TIC	1.33	0.133	% TS	3	1	NADO
TOC	0.832		% TS	4	1	NADO
Knusing*	-----			5	2	NADO



\*etter parameternavn indikerer at analysen er utført uakkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS eller underleverandør. Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	<p><b>Bestemmelse av metaller etter pakke MG-2</b></p> <p>Metode: Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrestoff er utført ihht. SS 028113-1.</p> <p>Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdiene korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO<sub>2</sub>). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.</p> <p>Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortykning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende.</p>
2	<p><b>Metaller i material, tillegg til hovedpakke</b></p> <p>Metode: Se analysebeskrivelse for øvrige elementer. Enkelte elementer er ikke standard med i pakkene og blir bestilt som tillegg til hovedpakkene. Rapporteringsgrense varierer med pakken.</p>
3	<p><b>Totalt uorganisk karbon (TIC) i jord e.l.</b></p> <p>Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Coulometri Rapporteringsgrenser (LOQ): 0,010 % TS</p>
4	<p><b>Bestemmelse av total organisk karbon (TOC) i jord, kolometri</b></p> <p>Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Kolometri Rapporteringsgrenser: LOR 0.01 % TS Andre opplysninger: TOC er differansen mellom total karbon (TC) og total inorganisk karbon (TIC).</p>
5	<p><b>Knusing/oppmaling</b></p>
6	<p><b>Frakt</b></p>

<b>Godkjenner</b>
-------------------

ALS Laboratory Group Norway AS  
PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

E-post: [info.on@alsglobal.com](mailto:info.on@alsglobal.com)  
Tel: + 47 22 13 18 00

Dokumentet er godkjent  
og digitalt undertegnet  
av Rapportør

ALS avd. ØMM-Lab  
Yvenveien 17, N-1715 Yven

Epost: [info.srp@alsglobal.com](mailto:info.srp@alsglobal.com)  
Tel: + 47 69 13 78 80

Web: [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)



Godkjenner	
NADO	Nadide Dönmez

Utf <sup>1</sup>	
G	AFS  Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030
S	ICP-SFMS  Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030
W	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia  Lokalisering av andre ALS laboratorier:  Ceska Lipa                      Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice                      V Raji 906, 530 02 Pardubice  Akkreditering:                      Czech Accreditation Institute, labnr. 1163.  Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon
2	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030
3	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group Norway AS, Postboks 643 Skøyen, 0214 Oslo, Norge Leveringsadresse: Drammensveien 173, 0277 Oslo, Norge

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

<sup>1</sup> Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).



Mottatt dato **2017-03-27**  
 Utstedt **2017-04-05**

**Structor Geomiljø AS**  
**Erik Endre**  
**Oslo**  
**Engebrets vei 5**  
**0275 Oslo**  
**Norge**

Prosjekt **Kistefoss**  
 Bestnr

## Analyse av faststoff

Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 2</b>					
	<b>Jord</b>					
Labnummer	N00491208					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Tørrstoff (L)*</b>	<b>85.6</b>		%	1	W	NADO
<b>SiO<sub>2</sub>*</b>	<b>63.3</b>		% TS	1	S	NADO
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*</b>	<b>12.2</b>		% TS	1	S	NADO
<b>Kalsiumoksid (CaO)*</b>	<b>1.72</b>		% TS	1	S	NADO
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*</b>	<b>4.71</b>		% TS	1	S	NADO
<b>K<sub>2</sub>O*</b>	<b>2.55</b>		% TS	1	S	NADO
<b>MgO*</b>	<b>1.54</b>		% TS	1	S	NADO
<b>MnO*</b>	<b>0.0444</b>		% TS	1	S	NADO
<b>Na<sub>2</sub>O*</b>	<b>1.93</b>		% TS	1	S	NADO
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>*</b>	<b>0.160</b>		% TS	1	S	NADO
<b>TiO<sub>2</sub>*</b>	<b>0.820</b>		% TS	1	S	NADO
<b>Glødetap (LOI)*</b>	<b>5.5</b>		% TS	1	W	NADO
<b>As (Arsen)*</b>	<b>25.2</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Ba (Barium)*</b>	<b>705</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Be (Beryllium)*</b>	<b>2.76</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Cd (Kadmium)*</b>	<b>1.08</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Co (Kobolt)*</b>	<b>18.1</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Cr (Krom)*</b>	<b>67.8</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Cu (Kopper)*</b>	<b>63.1</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Hg (Kvikksølv)*</b>	<b>0.0321</b>		mg/kg TS	1	G	NADO
<b>Mo (Molybden)*</b>	<b>32.5</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Nb (Niob)*</b>	<b>20.6</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Ni (Nikkel)*</b>	<b>59.0</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Pb (Bly)*</b>	<b>20.1</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>S (Svovel)*</b>	<b>12400</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sc (Scandium)*</b>	<b>10.5</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sn (Tinn)*</b>	<b>2.16</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sr (Strontium)*</b>	<b>201</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>V (Vanadium)*</b>	<b>233</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>W (Wolfram)*</b>	<b>1.27</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Y (Yttrium)*</b>	<b>28.9</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Zn (Sink)*</b>	<b>108</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Zr (Zirkonium)*</b>	<b>249</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Th (Thorium)*</b>	<b>8.67</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>U (Uran)*</b>	<b>17.3</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>Tørrstoff (E)</b>	<b>83.7</b>	5.05	%	3	1	NADO
<b>TIC</b>	<b>0.130</b>	0.014	% TS	3	1	NADO



Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 2</b>					
	<b>Jord</b>					
Labnummer	N00491208					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
TOC	3.18		% TS	4	1	NADO
Knusing*	-----			5	2	NADO

Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 3</b>					
	<b>Jord</b>					
Labnummer	N00491209					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	88.9		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub> *	60.1		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	14.2		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	1.13		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	5.20		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O*	2.89		% TS	1	S	NADO
MgO*	1.66		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.0433		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O*	2.40		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.173		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub> *	0.890		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	5.9		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	28.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	722		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	2.78		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	1.46		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	19.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	71.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	66.8		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	0.0316		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	32.9		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	34.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	67.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	21.4		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	14700		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	11.1		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	2.34		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	178		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	270		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	1.44		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	32.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	131		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	302		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)*	9.86		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)*	19.5		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	90.6	5.47	%	3	1	NADO
TIC	0.025	0.007	% TS	3	1	NADO
TOC	3.94		% TS	4	1	NADO
Knusing*	-----			5	2	NADO



Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 6 - Jord</b>					
	<b>Jord</b>					
Labnummer	N00491212					
Analyse	Resultater	Usikkerhet ( $\pm$ )	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	86.5		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub> *	56.7		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	13.6		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	0.890		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	5.45		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O*	3.21		% TS	1	S	NADO
MgO*	1.55		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.0267		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O*	1.41		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.185		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub> *	0.979		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	8.7		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	36.9		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	660		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	3.48		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	1.64		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	20.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	71.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	92.0		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	0.0534		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	68.8		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	26.6		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	80.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	22.6		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	19900		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	13.4		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	2.59		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	144		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	388		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	1.79		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	34.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	114		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	246		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)*	11.1		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)*	22.1		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	90.3	5.45	%	3	1	NADO
TIC	0.015	0.007	% TS	3	1	NADO
TOC	4.77		% TS	4	1	NADO
Knusing*	-----			5	2	NADO



\*etter parameternavn indikerer at analysen er utført uakkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS eller underleverandør. Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	<p><b>Bestemmelse av metaller etter pakke MG-2</b></p> <p>Metode: Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1.</p> <p>Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdiene korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO<sub>2</sub>). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.</p> <p>Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortykning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende.</p>
2	<p><b>Metaller i jord, tillegg til hovedpakke</b></p> <p>Metode: Se analysebeskrivelse for øvrige elementer. Enkelte elementer er ikke standard med i pakkene og blir bestilt som tillegg til hovedpakkene. Rapporteringsgrense varierer med pakken.</p>
3	<p><b>Totalt uorganisk karbon (TIC) i jord e.l.</b></p> <p>Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Coulometri Rapporteringsgrenser (LOQ): 0,010 % TS</p>
4	<p><b>Bestemmelse av total organisk karbon (TOC) i jord, kolometri</b></p> <p>Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Kolometri Rapporteringsgrenser: LOR 0.01 % TS Andre opplysninger: TOC er differansen mellom total karbon (TC) og total inorganisk karbon (TIC).</p>
5	<p><b>Knusing/oppmaling</b></p>

Godkjenner	
NADO	Nadide Dönmez





	Utf <sup>1</sup>
G	AFS  Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030
S	ICP-SFMS  Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030
W	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia  Lokalisering av andre ALS laboratorier:  Ceska Lipa                      Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice                      V Raji 906, 530 02 Pardubice  Akkreditering:                      Czech Accreditation Institute, labnr. 1163.  Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon
2	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

<sup>1</sup> Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).



Mottatt dato **2017-06-14**  
 Utstedt **2017-06-29**

**Structor Geomiljø AS**  
**Ane Damberg**  
**Oslo**  
**Engebrets vei 5**  
**0275 Oslo**  
**Norway**

Prosjekt **E16 Eggemoen-Olum**  
 Bestnr **417018**

## Analyse av material

Deres prøvenavn	<b>699 Prøve 1 Stein</b>					
Labnummer	N00507908					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Tørrstoff (L)</b>	<b>99.0</b>		%	1	W	NADO
<b>SiO<sub>2</sub><sup>a ulev</sup></b>	<b>46.0</b>	6.8	% TS	1	H	NADO
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>a ulev</sup></b>	<b>13.8</b>	2.4	% TS	1	H	NADO
<b>Kalsiumoksid (CaO)<sup>a ulev</sup></b>	<b>1.03</b>	0.17	% TS	1	H	NADO
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>a ulev</sup></b>	<b>6.44</b>	1.21	% TS	1	H	NADO
<b>K<sub>2</sub>O<sup>a ulev</sup></b>	<b>4.05</b>	0.81	% TS	1	H	NADO
<b>MgO<sup>a ulev</sup></b>	<b>1.12</b>	0.23	% TS	1	H	NADO
<b>MnO<sup>a ulev</sup></b>	<b>0.0366</b>	0.0050	% TS	1	H	NADO
<b>Na<sub>2</sub>O<sup>a ulev</sup></b>	<b>0.294</b>	0.056	% TS	1	H	NADO
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sup>a ulev</sup></b>	<b>0.119</b>	0.020	% TS	1	H	NADO
<b>TiO<sub>2</sub><sup>a ulev</sup></b>	<b>0.844</b>	0.150	% TS	1	H	NADO
<b>Glødetap (LOI)<sup>a ulev</sup></b>	<b>16.5</b>	5	% TS	1	V	NADO
<b>As (Arsen)<sup>a ulev</sup></b>	<b>74.5</b>	15.5	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Ba (Barium)<sup>a ulev</sup></b>	<b>485</b>	83	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Be (Beryllium)<sup>a ulev</sup></b>	<b>4.67</b>	0.79	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cd (Kadmium)<sup>a ulev</sup></b>	<b>0.961</b>	0.212	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Co (Kobolt)<sup>a ulev</sup></b>	<b>34.9</b>	7.9	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cr (Krom)<sup>a ulev</sup></b>	<b>70.3</b>	12.6	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cu (Kopper)<sup>a ulev</sup></b>	<b>180</b>	39	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Hg (Kvikksølv)<sup>a ulev</sup></b>	<b>0.134</b>	0.028	mg/kg TS	1	F	NADO
<b>Mo (Molybden)<sup>a ulev</sup></b>	<b>114</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Nb (Niob)<sup>a ulev</sup></b>	<b>15.5</b>	2.2	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Ni (Nikkel)<sup>a ulev</sup></b>	<b>104</b>	25	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Pb (Bly)<sup>a ulev</sup></b>	<b>41.6</b>	8.6	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>S (Svovel)</b>	<b>51600</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sc (Scandium)<sup>a ulev</sup></b>	<b>13.6</b>	2.8	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Sn (Tinn)</b>	<b>3.77</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sr (Strontium)<sup>a ulev</sup></b>	<b>52.8</b>	8.4	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>V (Vanadium)<sup>a ulev</sup></b>	<b>364</b>	47	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>W (Wolfram)<sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;50</b>		mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Y (Yttrium)<sup>a ulev</sup></b>	<b>29.8</b>	4.4	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Zn (Sink)<sup>a ulev</sup></b>	<b>66.1</b>	13.3	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Zr (Zirkonium)<sup>a ulev</sup></b>	<b>145</b>	37	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Th (Thorium)</b>	<b>14.5</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>U (Uran)</b>	<b>47.3</b>		mg/kg TS	2	S	NADO



Deres prøvenavn	<b>699 Prøve 1 Stein</b>					
Labnummer	N00507908					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
TIC <sup>a</sup> ulev	<b>0.511</b>	0.052	% TS	3	1	NADO
TOC <sup>a</sup> ulev	<b>7.68</b>		% TS	4	1	NADO



Deres prøvenavn	<b>681 Prøve 2</b>					
	<b>Stein</b>					
Labnummer	N00507909					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Tørrstoff (L)</b>	<b>97.2</b>		%	1	W	NADO
<b>SiO<sub>2</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>44.9</b>	7.2	% TS	1	H	NADO
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>15.0</b>	2.5	% TS	1	H	NADO
<b>Kalsiumoksid (CaO)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.244</b>	0.053	% TS	1	H	NADO
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>7.88</b>	1.51	% TS	1	H	NADO
<b>K<sub>2</sub>O</b> <sup>a ulev</sup>	<b>4.19</b>	0.87	% TS	1	H	NADO
<b>MgO</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.969</b>	0.212	% TS	1	H	NADO
<b>MnO</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.0105</b>	0.0015	% TS	1	H	NADO
<b>Na<sub>2</sub>O</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.253</b>	0.051	% TS	1	H	NADO
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.161</b>	0.026	% TS	1	H	NADO
<b>TiO<sub>2</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.881</b>	0.161	% TS	1	H	NADO
<b>Glødetap (LOI)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>14.0</b>	5	% TS	1	V	NADO
<b>As (Arsen)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>74.1</b>	15.4	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Ba (Barium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>640</b>	107	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Be (Beryllium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>4.55</b>	0.89	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cd (Kadmium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.722</b>	0.178	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Co (Kobolt)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>19.2</b>	4.4	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cr (Krom)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>73.6</b>	15.0	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cu (Kopper)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>165</b>	36	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Hg (Kvikksølv)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.166</b>	0.035	mg/kg TS	1	F	NADO
<b>Mo (Molybden)</b>	<b>109</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Nb (Niob)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>15.4</b>	2.2	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Ni (Nikkel)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>47.6</b>	11.7	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Pb (Bly)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>30.5</b>	6.4	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>S (Svovel)</b>	<b>23800</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sc (Scandium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>14.2</b>	3.8	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Sn (Tinn)</b>	<b>3.87</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sr (Strontium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>27.4</b>	4.2	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>V (Vanadium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>388</b>	51	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>W (Wolfram)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;50</b>		mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Y (Yttrium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>37.6</b>	5.3	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Zn (Sink)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>110</b>	23	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Zr (Zirkonium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>141</b>	35	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Th (Thorium)</b>	<b>14.0</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>U (Uran)</b>	<b>50.8</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>TIC</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.045</b>	0.008	% TS	3	1	NADO
<b>TOC</b> <sup>a ulev</sup>	<b>7.75</b>		% TS	4	1	NADO



Deres prøvenavn	<b>630 Prøve 3</b>					
	<b>Stein</b>					
Labnummer	N00507910					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Tørrstoff (L)</b>	<b>99.1</b>		%	1	W	NADO
<b>SiO<sub>2</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>36.4</b>	5.5	% TS	1	H	NADO
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>12.9</b>	2.2	% TS	1	H	NADO
<b>Kalsiumoksid (CaO)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.793</b>	0.150	% TS	1	H	NADO
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>4.25</b>	0.86	% TS	1	H	NADO
<b>K<sub>2</sub>O</b> <sup>a ulev</sup>	<b>4.08</b>	0.83	% TS	1	H	NADO
<b>MgO</b> <sup>a ulev</sup>	<b>1.18</b>	0.25	% TS	1	H	NADO
<b>MnO</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.0284</b>	0.0043	% TS	1	H	NADO
<b>Na<sub>2</sub>O</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.200</b>	0.038	% TS	1	H	NADO
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.0853</b>	0.0156	% TS	1	H	NADO
<b>TiO<sub>2</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.732</b>	0.155	% TS	1	H	NADO
<b>Glødetap (LOI)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>17.7</b>	5	% TS	1	V	NADO
<b>As (Arsen)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>44.3</b>	11.3	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Ba (Barium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>713</b>	123	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Be (Beryllium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>4.56</b>	0.72	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cd (Kadmium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>10.5</b>	1.8	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Co (Kobolt)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>27.3</b>	6.2	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cr (Krom)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>56.1</b>	10.3	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cu (Kopper)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>129</b>	29	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Hg (Kvikksølv)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.0930</b>	0.0195	mg/kg TS	1	F	NADO
<b>Mo (Molybden)</b>	<b>119</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Nb (Niob)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>12.7</b>	2.3	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Ni (Nikkel)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>107</b>	27	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Pb (Bly)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>21.2</b>	4.6	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>S (Svovel)</b>	<b>36600</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sc (Scandium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>14.1</b>	2.7	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Sn (Tinn)</b>	<b>3.70</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sr (Strontium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>71.1</b>	11.1	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>V (Vanadium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>486</b>	71	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>W (Wolfram)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;50</b>		mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Y (Yttrium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>29.6</b>	4.3	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Zn (Sink)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>505</b>	102	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Zr (Zirkonium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>129</b>	33	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Th (Thorium)</b>	<b>13.7</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>U (Uran)</b>	<b>53.1</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>TIC</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.232</b>	0.024	% TS	3	1	NADO
<b>TOC</b> <sup>a ulev</sup>	<b>11.3</b>		% TS	4	1	NADO



Deres prøvenavn		<b>630 Prøve 4</b>				
		<b>Stein</b>				
Labnummer		N00507911				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Tørrstoff (L)</b>	<b>99.5</b>		%	1	W	NADO
<b>SiO<sub>2</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>19.7</b>	2.9	% TS	1	H	NADO
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>6.83</b>	1.16	% TS	1	H	NADO
<b>Kalsiumoksid (CaO)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>23.3</b>	4.0	% TS	1	H	NADO
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>5.20</b>	0.97	% TS	1	H	NADO
<b>K<sub>2</sub>O</b> <sup>a ulev</sup>	<b>1.90</b>	0.38	% TS	1	H	NADO
<b>MgO</b> <sup>a ulev</sup>	<b>1.78</b>	0.37	% TS	1	H	NADO
<b>MnO</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.235</b>	0.032	% TS	1	H	NADO
<b>Na<sub>2</sub>O</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.0818</b>	0.0154	% TS	1	H	NADO
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.153</b>	0.030	% TS	1	H	NADO
<b>TiO<sub>2</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.368</b>	0.074	% TS	1	H	NADO
<b>Glødetap (LOI)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>21.9</b>	5	% TS	1	V	NADO
<b>As (Arsen)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>32.6</b>	9.9	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Ba (Barium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>289</b>	47	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Be (Beryllium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>2.06</b>	0.38	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cd (Kadmium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>6.56</b>	1.16	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Co (Kobolt)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>15.2</b>	3.5	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cr (Krom)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>37.4</b>	7.3	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cu (Kopper)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>125</b>	27	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Hg (Kvikksølv)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.0932</b>	0.0196	mg/kg TS	1	F	NADO
<b>Mo (Molybden)</b>	<b>62.6</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Nb (Niob)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>7.84</b>	1.12	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Ni (Nikkel)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>53.7</b>	12.9	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Pb (Bly)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>16.5</b>	3.7	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>S (Svovel)</b>	<b>35700</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sc (Scandium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>21.7</b>	4.6	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Sn (Tinn)</b>	<b>1.67</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sr (Strontium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>302</b>	46	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>V (Vanadium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>206</b>	27	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>W (Wolfram)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;50</b>		mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Y (Yttrium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>92.9</b>	13.3	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Zn (Sink)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>331</b>	65	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Zr (Zirkonium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>70.7</b>	17.6	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Th (Thorium)</b>	<b>7.65</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>U (Uran)</b>	<b>54.8</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>TIC</b> <sup>a ulev</sup>	<b>8.35</b>	0.835	% TS	3	1	NADO
<b>TOC</b> <sup>a ulev</sup>	<b>1.79</b>		% TS	4	1	NADO



Deres prøvenavn		<b>Jord Prøve 5A</b>				
		<b>Stein</b>				
Labnummer		N00507912				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Tørrstoff (L)</b>	<b>92.6</b>		%	1	W	NADO
<b>SiO<sub>2</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>55.7</b>	8.2	% TS	1	H	NADO
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>13.9</b>	2.4	% TS	1	H	NADO
<b>Kalsiumoksid (CaO)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>1.70</b>	0.30	% TS	1	H	NADO
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>6.13</b>	1.16	% TS	1	H	NADO
<b>K<sub>2</sub>O</b> <sup>a ulev</sup>	<b>3.15</b>	0.63	% TS	1	H	NADO
<b>MgO</b> <sup>a ulev</sup>	<b>1.73</b>	0.36	% TS	1	H	NADO
<b>MnO</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.0768</b>	0.0104	% TS	1	H	NADO
<b>Na<sub>2</sub>O</b> <sup>a ulev</sup>	<b>1.42</b>	0.27	% TS	1	H	NADO
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.166</b>	0.027	% TS	1	H	NADO
<b>TiO<sub>2</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.865</b>	0.156	% TS	1	H	NADO
<b>Glødetap (LOI)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>7.6</b>	5	% TS	1	V	NADO
<b>As (Arsen)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>34.7</b>	9.8	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Ba (Barium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>557</b>	94	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Be (Beryllium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>2.99</b>	0.52	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cd (Kadmium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.994</b>	0.214	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Co (Kobolt)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>29.2</b>	6.6	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cr (Krom)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>76.1</b>	13.7	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cu (Kopper)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>97.1</b>	21.4	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Hg (Kvikksølv)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.0737</b>	0.0156	mg/kg TS	1	F	NADO
<b>Mo (Molybden)</b>	<b>58.0</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Nb (Niob)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>16.4</b>	2.3	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Ni (Nikkel)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>81.4</b>	19.4	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Pb (Bly)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>20.7</b>	4.5	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>S (Svovel)</b>	<b>11900</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sc (Scandium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>14.6</b>	4.0	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Sn (Tinn)</b>	<b>2.64</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sr (Strontium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>145</b>	22	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>V (Vanadium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>274</b>	35	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>W (Wolfram)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;50</b>		mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Y (Yttrium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>30.4</b>	4.4	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Zn (Sink)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>81.5</b>	16.2	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Zr (Zirkonium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>202</b>	50	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Th (Thorium)</b>	<b>10.4</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>U (Uran)</b>	<b>29.5</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>TIC</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.042</b>	0.008	% TS	3	1	NADO
<b>TOC</b> <sup>a ulev</sup>	<b>2.73</b>		% TS	4	1	NADO



Deres prøvenavn		<b>Jord Prøve 5B</b>				
		<b>Stein</b>				
Labnummer		N00507913				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Tørrstoff (L)</b>	<b>92.9</b>		%	1	W	NADO
<b>SiO<sub>2</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>55.2</b>	8.3	% TS	1	H	NADO
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>15.4</b>	2.6	% TS	1	H	NADO
<b>Kalsiumoksid (CaO)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>1.60</b>	0.27	% TS	1	H	NADO
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>6.90</b>	1.31	% TS	1	H	NADO
<b>K<sub>2</sub>O</b> <sup>a ulev</sup>	<b>3.46</b>	0.69	% TS	1	H	NADO
<b>MgO</b> <sup>a ulev</sup>	<b>1.95</b>	0.41	% TS	1	H	NADO
<b>MnO</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.0742</b>	0.0103	% TS	1	H	NADO
<b>Na<sub>2</sub>O</b> <sup>a ulev</sup>	<b>1.36</b>	0.26	% TS	1	H	NADO
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.178</b>	0.029	% TS	1	H	NADO
<b>TiO<sub>2</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.981</b>	0.174	% TS	1	H	NADO
<b>Glødetap (LOI)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>8.6</b>	5	% TS	1	V	NADO
<b>As (Arsen)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>40.7</b>	10.9	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Ba (Barium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>588</b>	98	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Be (Beryllium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>3.54</b>	0.90	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cd (Kadmium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>1.13</b>	0.23	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Co (Kobolt)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>30.4</b>	6.9	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cr (Krom)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>93.2</b>	17.3	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cu (Kopper)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>104</b>	23	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Hg (Kvikksølv)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.0866</b>	0.0182	mg/kg TS	1	F	NADO
<b>Mo (Molybden)</b>	<b>72.5</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Nb (Niob)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>17.8</b>	2.6	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Ni (Nikkel)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>90.8</b>	21.8	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Pb (Bly)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>21.9</b>	4.7	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>S (Svovel)</b>	<b>19100</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sc (Scandium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>15.1</b>	2.9	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Sn (Tinn)</b>	<b>2.88</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sr (Strontium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>133</b>	20	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>V (Vanadium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>317</b>	41	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>W (Wolfram)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;50</b>		mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Y (Yttrium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>31.5</b>	4.6	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Zn (Sink)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>86.3</b>	17.3	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Zr (Zirkonium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>192</b>	48	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Th (Thorium)</b>	<b>11.6</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>U (Uran)</b>	<b>26.5</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>TIC</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.026</b>	0.007	% TS	3	1	NADO
<b>TOC</b> <sup>a ulev</sup>	<b>3.06</b>		% TS	4	1	NADO





Deres prøvenavn		<b>Jord Prøve 5C</b>				
		<b>Stein</b>				
Labnummer		N00507914				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Tørrstoff (L)</b>	<b>93.7</b>		%	1	W	NADO
<b>SiO<sub>2</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>52.1</b>	7.8	% TS	1	H	NADO
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>14.8</b>	2.6	% TS	1	H	NADO
<b>Kalsiumoksid (CaO)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.846</b>	0.161	% TS	1	H	NADO
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>6.75</b>	1.26	% TS	1	H	NADO
<b>K<sub>2</sub>O</b> <sup>a ulev</sup>	<b>3.81</b>	0.76	% TS	1	H	NADO
<b>MgO</b> <sup>a ulev</sup>	<b>1.50</b>	0.31	% TS	1	H	NADO
<b>MnO</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.0379</b>	0.0051	% TS	1	H	NADO
<b>Na<sub>2</sub>O</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.923</b>	0.173	% TS	1	H	NADO
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.177</b>	0.028	% TS	1	H	NADO
<b>TiO<sub>2</sub></b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.948</b>	0.169	% TS	1	H	NADO
<b>Glødetap (LOI)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>11.2</b>	5	% TS	1	V	NADO
<b>As (Arsen)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>44.9</b>	10.9	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Ba (Barium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>624</b>	102	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Be (Beryllium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>3.97</b>	0.68	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cd (Kadmium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>1.15</b>	0.23	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Co (Kobolt)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>27.6</b>	6.3	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cr (Krom)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>70.7</b>	13.7	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Cu (Kopper)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>121</b>	27	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Hg (Kvikksølv)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.101</b>	0.021	mg/kg TS	1	F	NADO
<b>Mo (Molybden)</b>	<b>83.5</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Nb (Niob)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>19.6</b>	2.9	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Ni (Nikkel)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>93.6</b>	22.3	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Pb (Bly)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>27.5</b>	5.8	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>S (Svovel)</b>	<b>27200</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sc (Scandium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>13.6</b>	2.7	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Sn (Tinn)</b>	<b>3.19</b>		mg/kg TS	1	S	NADO
<b>Sr (Strontium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>102</b>	15	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>V (Vanadium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>361</b>	46	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>W (Wolfram)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;50</b>		mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Y (Yttrium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>34.4</b>	5.0	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Zn (Sink)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>98.9</b>	19.7	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Zr (Zirkonium)</b> <sup>a ulev</sup>	<b>189</b>	47	mg/kg TS	1	H	NADO
<b>Th (Thorium)</b>	<b>13.1</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>U (Uran)</b>	<b>34.0</b>		mg/kg TS	2	S	NADO
<b>TIC</b> <sup>a ulev</sup>	<b>0.022</b>	0.007	% TS	3	1	NADO
<b>TOC</b> <sup>a ulev</sup>	<b>4.60</b>		% TS	4	1	NADO



"a" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS.

"a ulev" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert av underleverandør.

Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	<p><b>Bestemmelse av metaller etter pakke MG-2</b></p> <p>Metode: Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1.</p> <p>Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdiene korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO<sub>2</sub>). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.</p> <p>Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortyning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende.</p>
2	<p><b>Metaller i material, tillegg til hovedpakke</b></p> <p>Metode: Se analysebeskrivelse for øvrige elementer. Enkelte elementer er ikke standard med i pakkene og blir bestilt som tillegg til hovedpakkene. Rapporteringsgrense varierer med pakken.</p>
3	<p><b>Totalt uorganisk karbon (TIC) i jord e.l.</b></p> <p>Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Coulometri Rapporteringsgrenser (LOQ): 0,010 % TS</p>
4	<p><b>Bestemmelse av total organisk karbon (TOC) i jord, kolometri</b></p> <p>Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Kolometri Rapporteringsgrenser: LOR 0.01 % TS Andre opplysninger: TOC er differansen mellom total karbon (TC) og total inorganisk karbon (TIC).</p>

Godkjenner	
NADO	Nadide Dönmez



	Utf <sup>1</sup>
F	AFS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
H	ICP-SFMS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
S	ICP-SFMS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
V	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
W	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia Lokalisering av andre ALS laboratorier: Ceska Lipa                      Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice                        V Raji 906, 530 02 Pardubice Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensinterval på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

<sup>1</sup> Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).

**Vedlegg 2**  
**XRD analyser - NTNU**

Structor Geomiljø AS  
Engebretsvei 5  
0275 Oslo  
v/Ane Damberg

### XRD-analyse av 14 prøver fra prosjekt 417018

Analysene er utført på en Bruker D8 ADVANCE. DIFFRAC.SUITE.EVA programvare i kombinasjon med databasen PDF-4+ foreslår følgende mineralfaser.

Rietveld (Topas 4) er brukt til mineral-kvantifisering.

Prøve mrk.	P1-B < 63 µm	P1-B 63 µm	P1-B 125 µm	P1-B 250 µm	P1-B 500 µm	P1-B 1 mm	P1-B 2 mm
J.nr.	170801	170802	170803	170804	170805	170806	170807
Kvarts	32 %	33 %	33 %	32 %	30 %	30 %	27 %
Glimmer	21 %	23 %	22 %	22 %	23 %	22 %	21 %
Plagioklas	14 %	14 %	15 %	16 %	17 %	17 %	17 %
K-feltspat	16 %	15 %	15 %	17 %	18 %	17 %	19 %
Amfibol	4 %	5 %	4 %	3 %	3 %	4 %	3 %
Kalkspat	8 %	7 %	6 %	4 %	4 %	5 %	8 %
Dolomitt	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
Kloritt	2 %	< 1 %	3 %	3 %	2 %	< 1 %	< 1 %
Svoelkis	2 %	2 %	2 %	3 %	4 %	4 %	5 %
Kopperkis	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %

Postadresse  
7491 Trondheim

Org.nr. 974 767 880  
E-post:  
kontakt@igp.ntnu.no  
<https://www.ntnu.no/igp/>

Besøksadresse  
Sem Sælands veg 1  
Gløshaugen

Telefon  
+ 47 73 59 48 10  
Telefaks  
+ 47 73 59 48 14

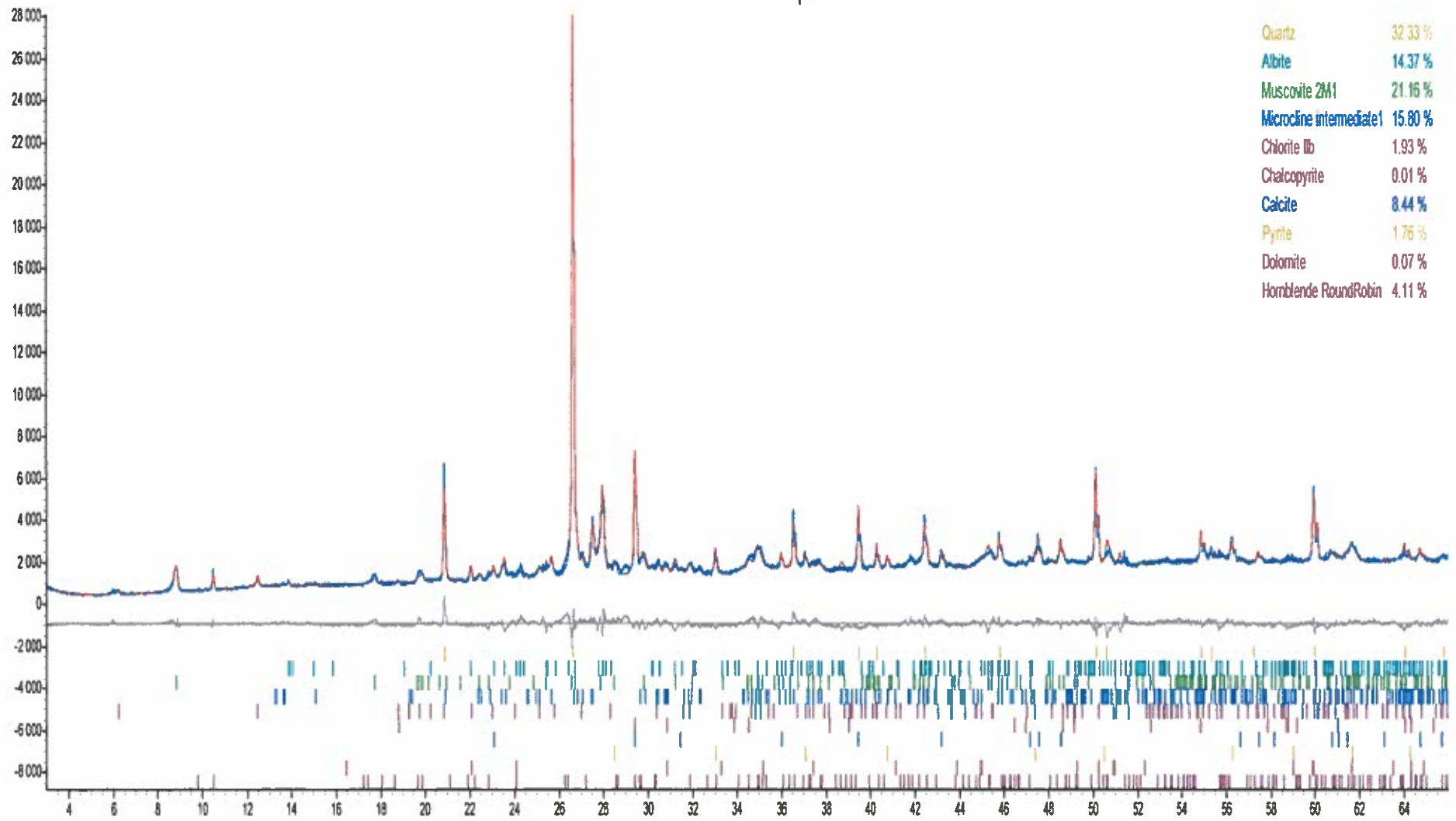
Laurentius Tijhuis  
Mobil: +47 91 89 71 34

Prøve mrk.	P5 < 63 µm	P5 63 µm	P5 125 µm	P5 250 µm	P5 500 µm	P5 1 mm	P5 2 mm
J.nr.	<b>170808</b>	<b>170809</b>	<b>170810</b>	<b>170811</b>	<b>170812</b>	<b>170813</b>	<b>170814</b>
Kvarts	34 %	35 %	34 %	33 %	33 %	33 %	32 %
Glimmer	41 %	40 %	40 %	41 %	40 %	41 %	41 %
Plagioklas	5 %	6 %	6 %	7 %	5 %	5 %	5 %
K-feltpat	9 %	8 %	7 %	7 %	7 %	7 %	6 %
Amfibol	< 1 %	1 %	< 1 %	< 1 %		1 %	< 1 %
Kalkspat	3 %	3 %	3 %	2 %	2 %	2 %	3 %
Dolomitt	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	1 %
Kloritt	< 1 %	< 1 %	1 %	< 1 %	2 %	1 %	2 %
Svovelkis	6 %	6 %	7 %	8 %	9 %	9 %	8 %
Kopperkis				< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %

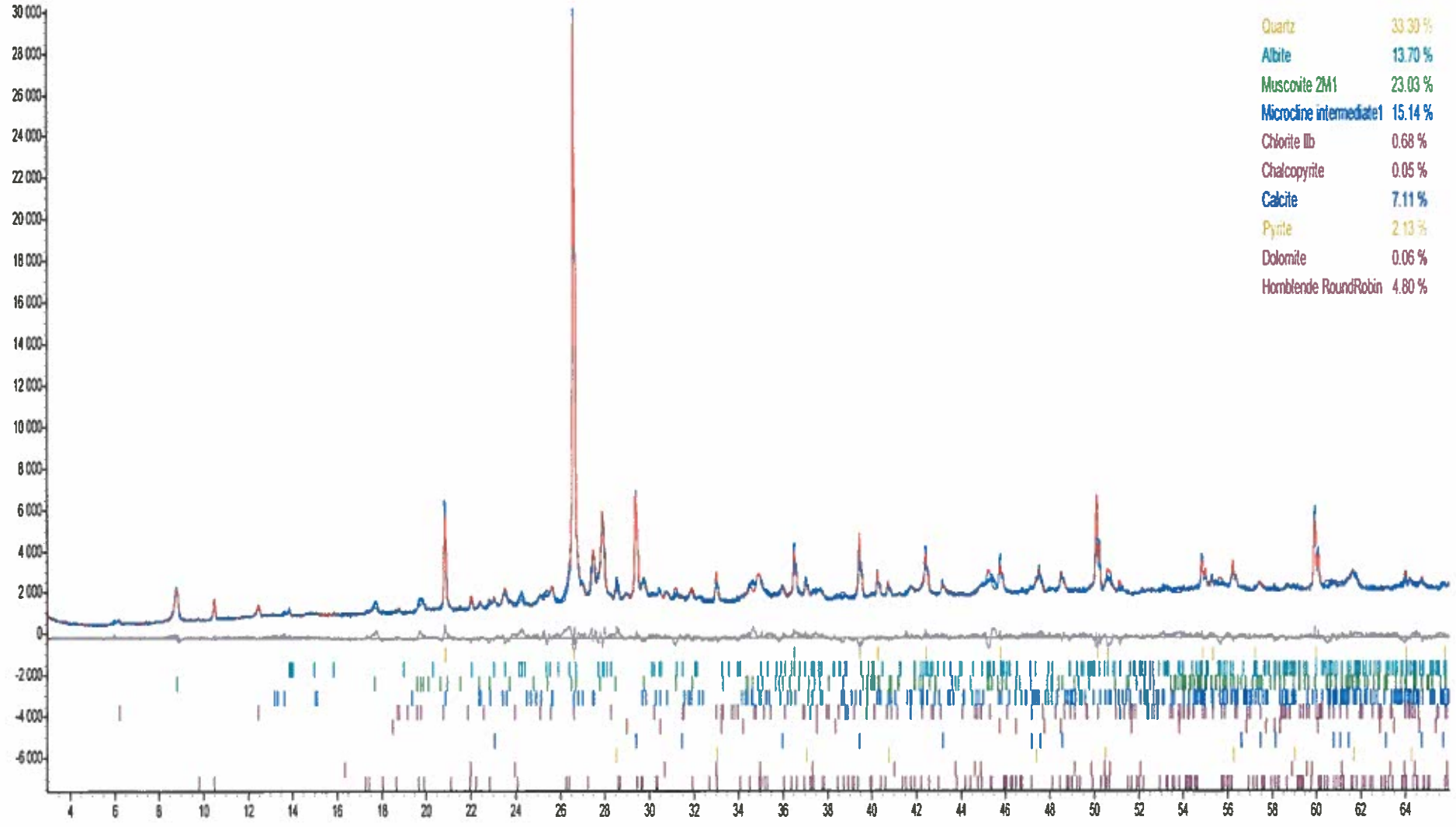
Laurentius Tjihuis  
Overingeniør

Torill Sørlokk  
Overingeniør

170801: P1-B < 63 µm

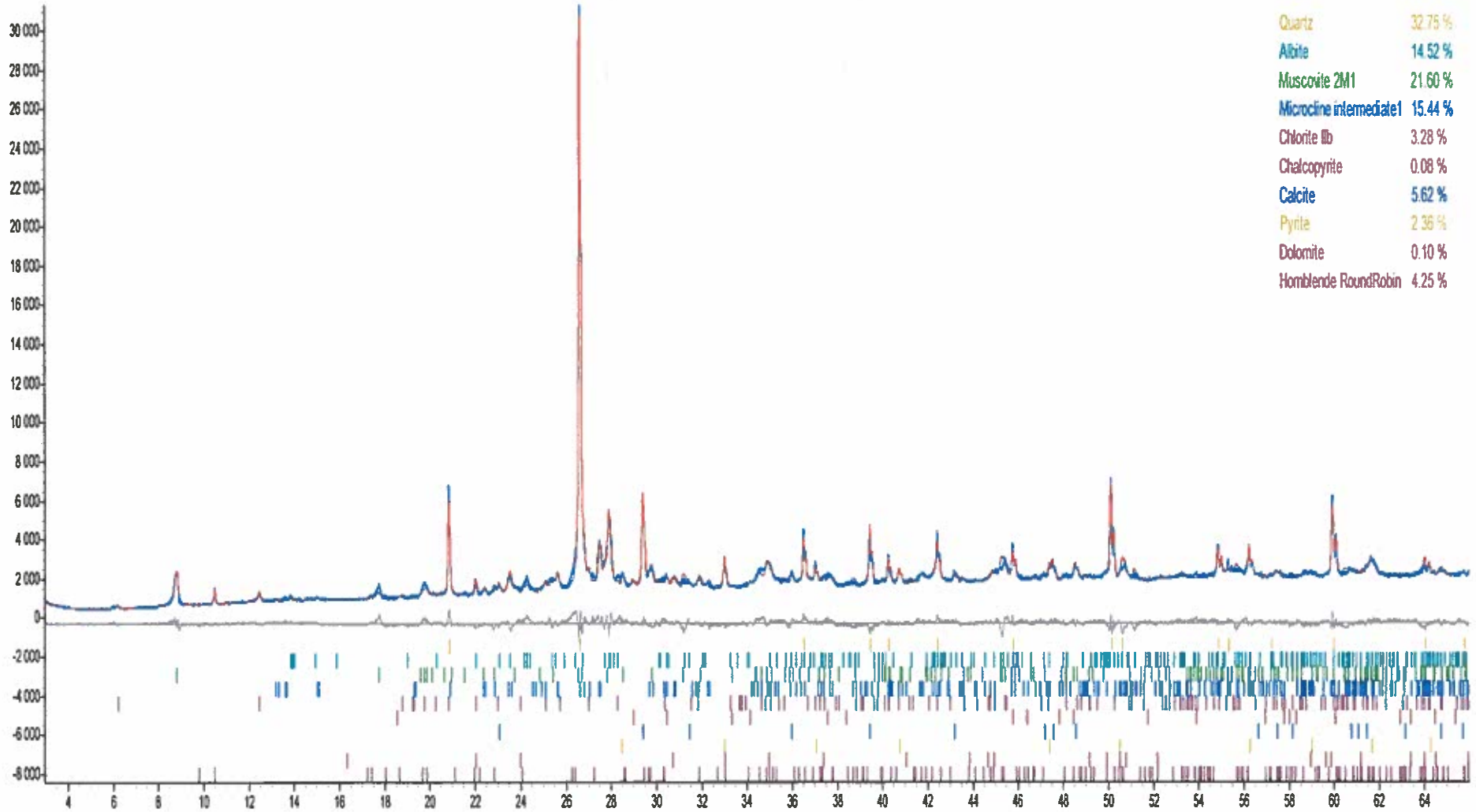


170802: P1-B 63 µm

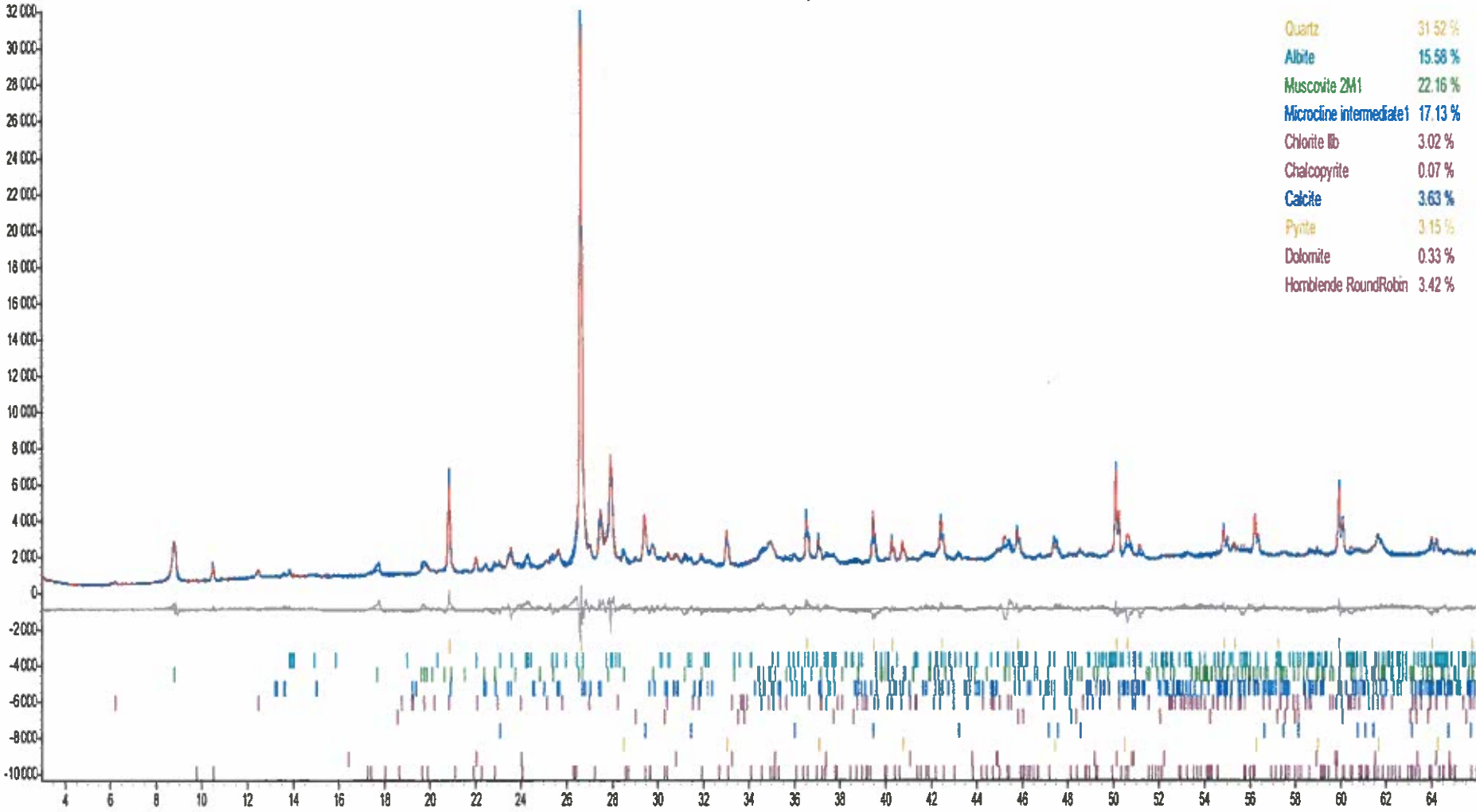




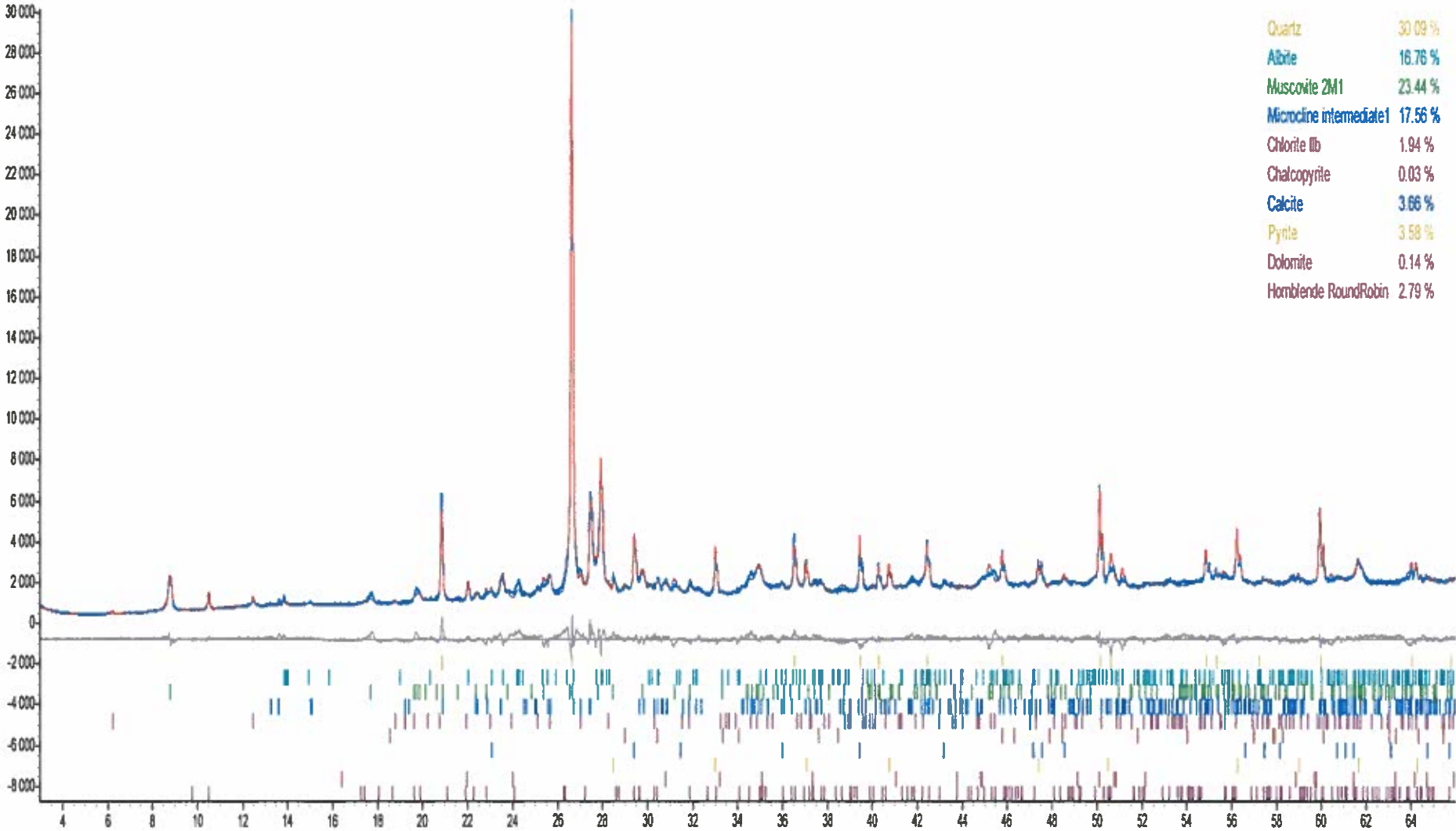
170803: P1-B 125 µm



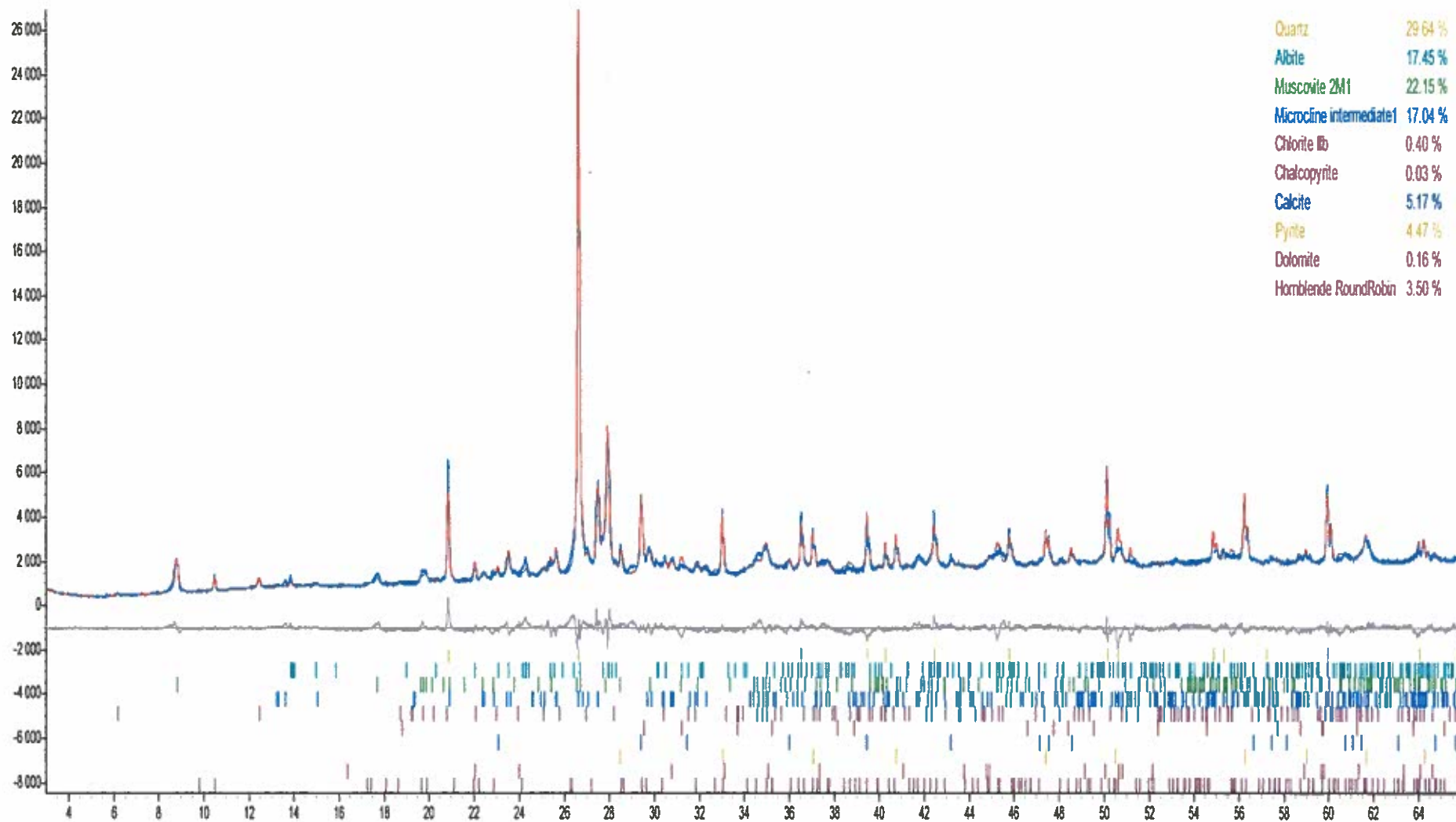
170804: P1-B 250 µm



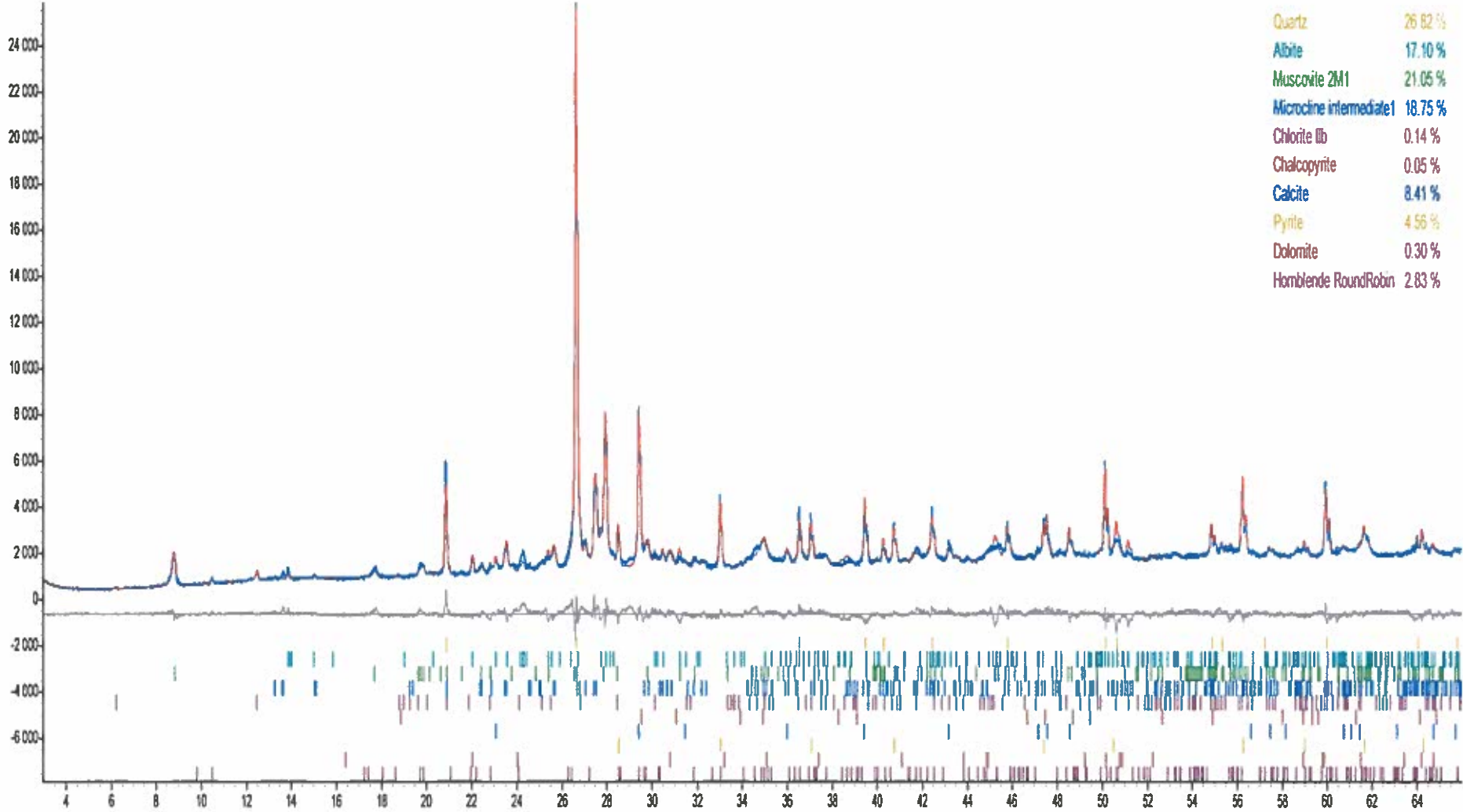
170805: P1-B 500 µm



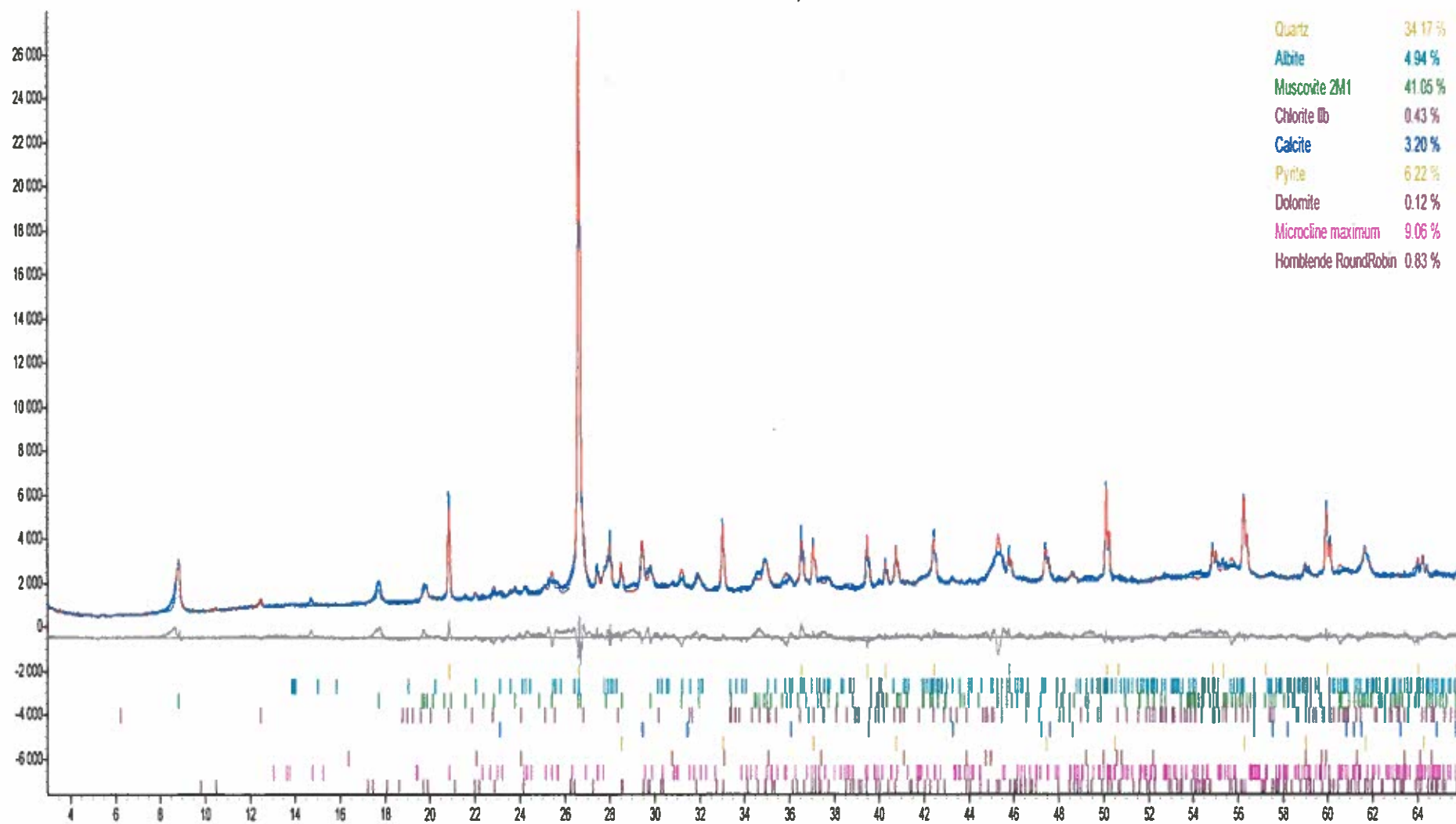
170806: P1-B 1 mm



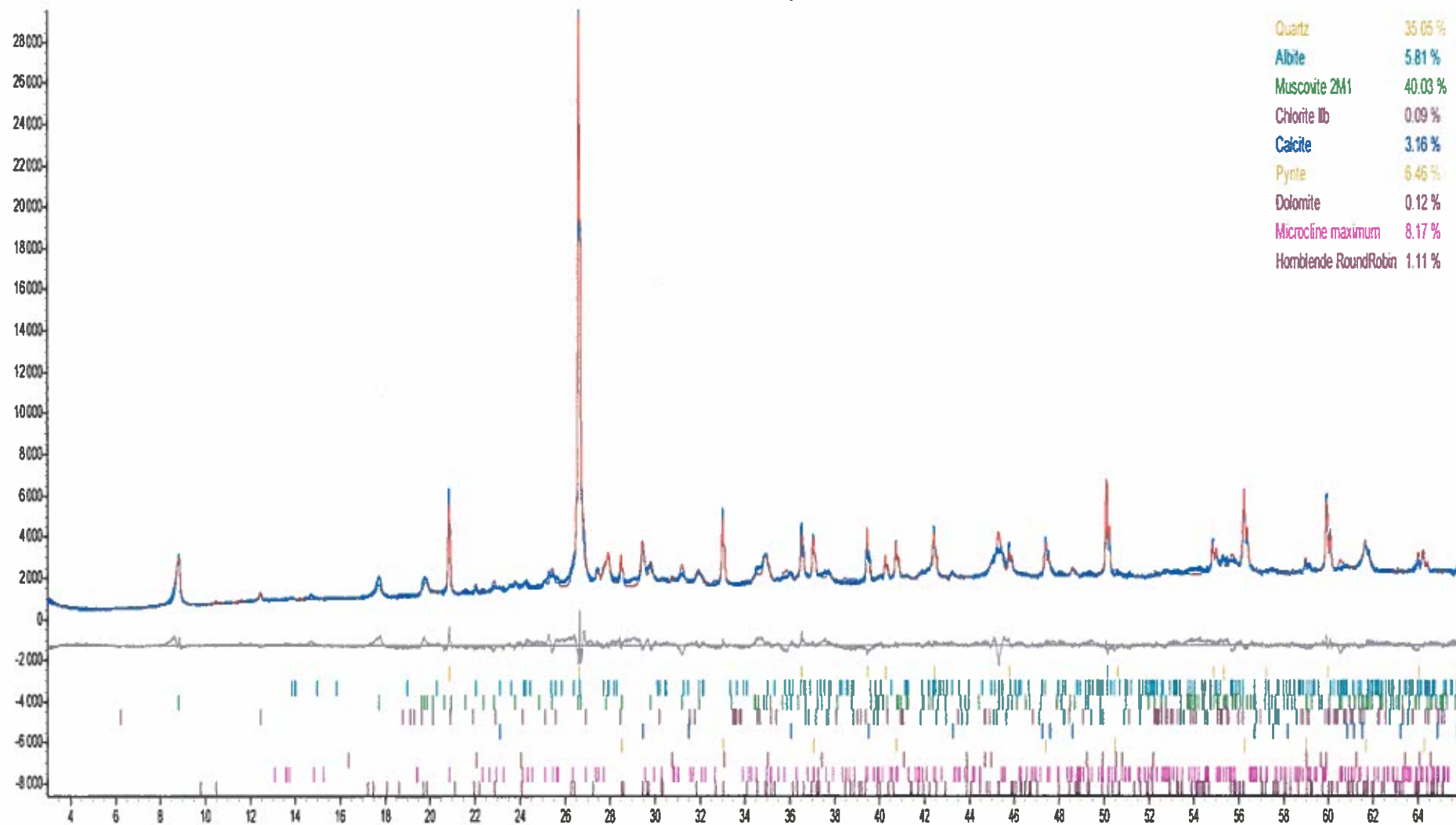
170807: P1-B 2 mm



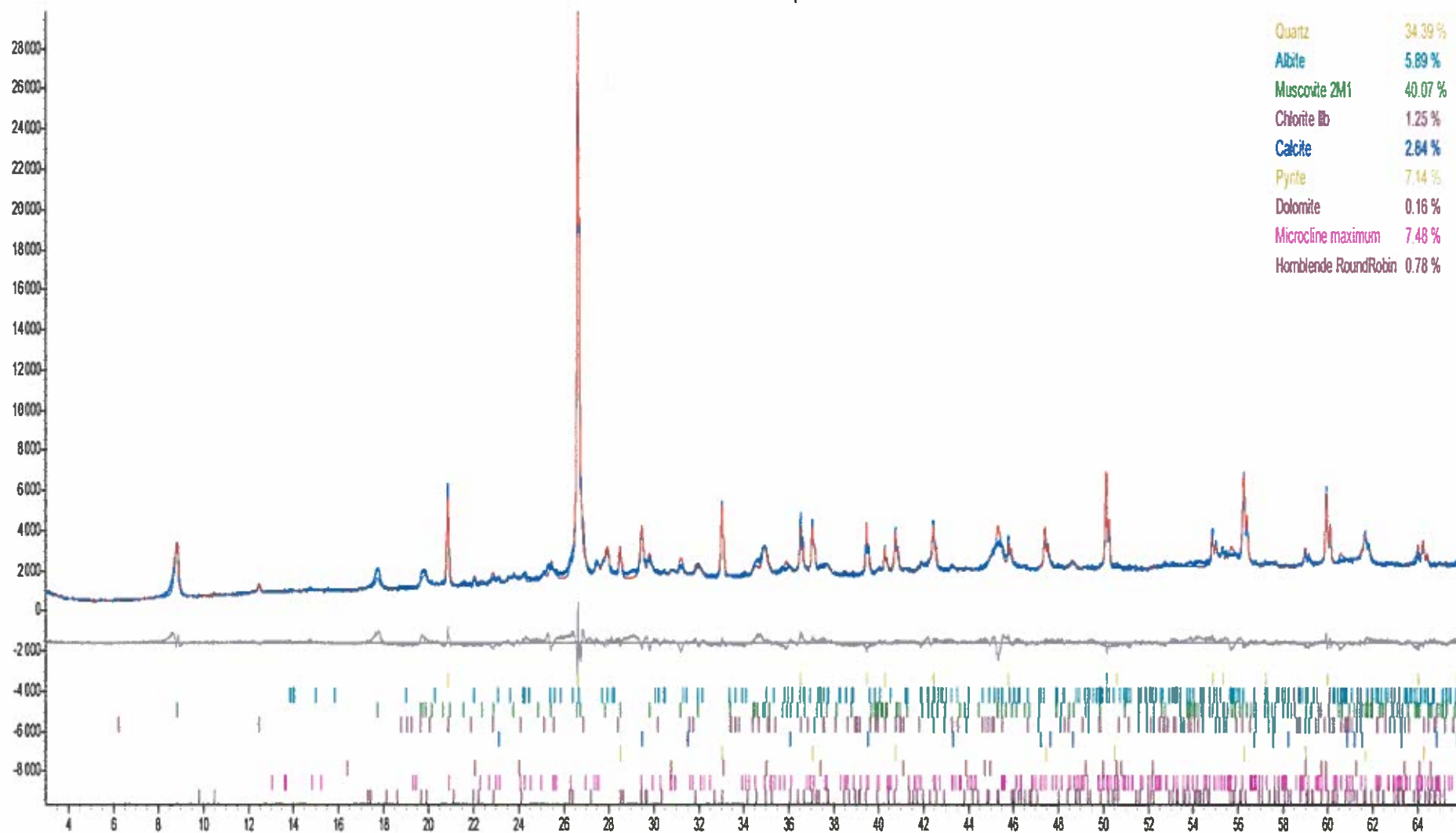
170808: P5 &lt; 63 µm



170809: P5 63 µm

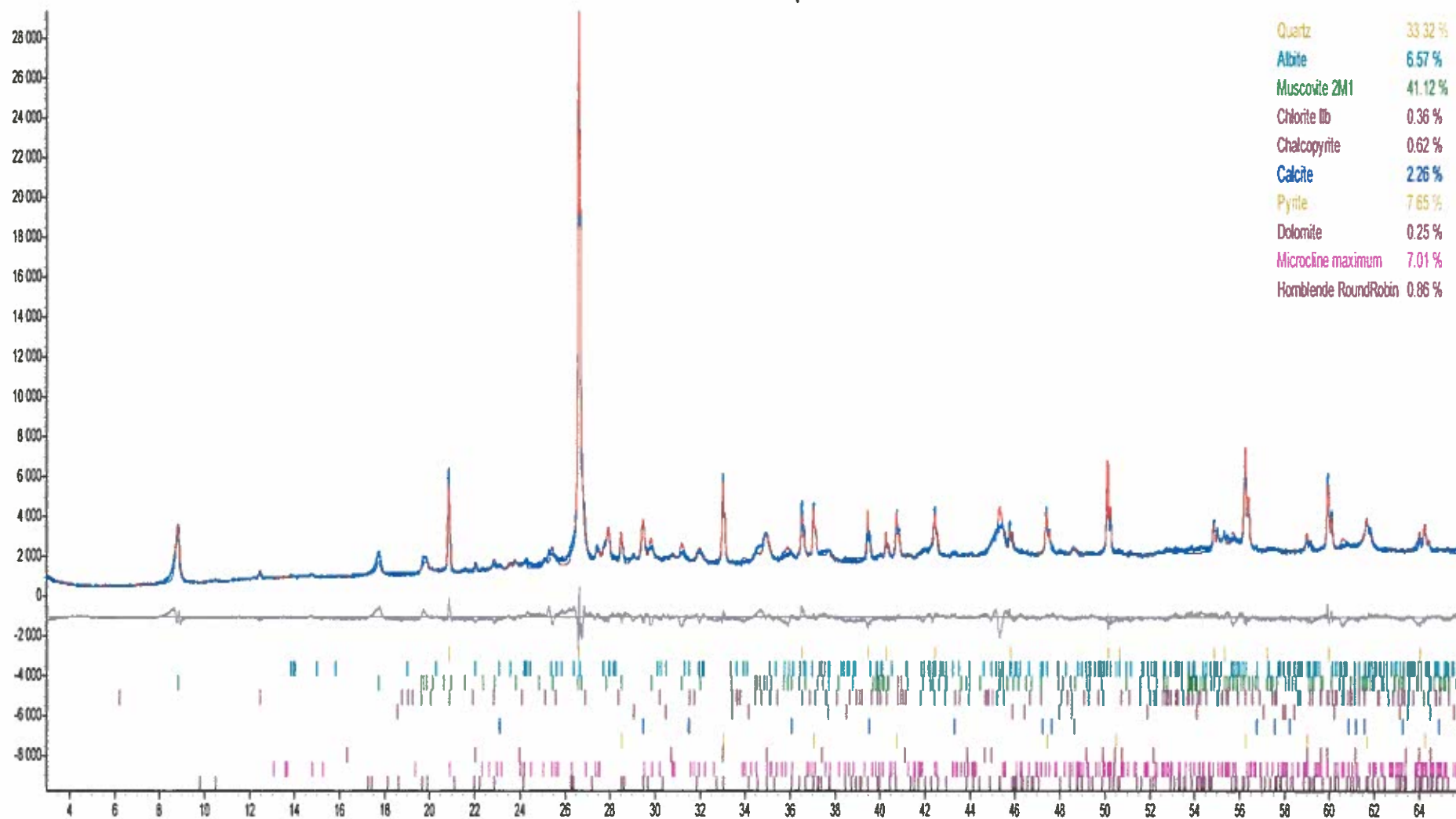


170810: P5 125 µm

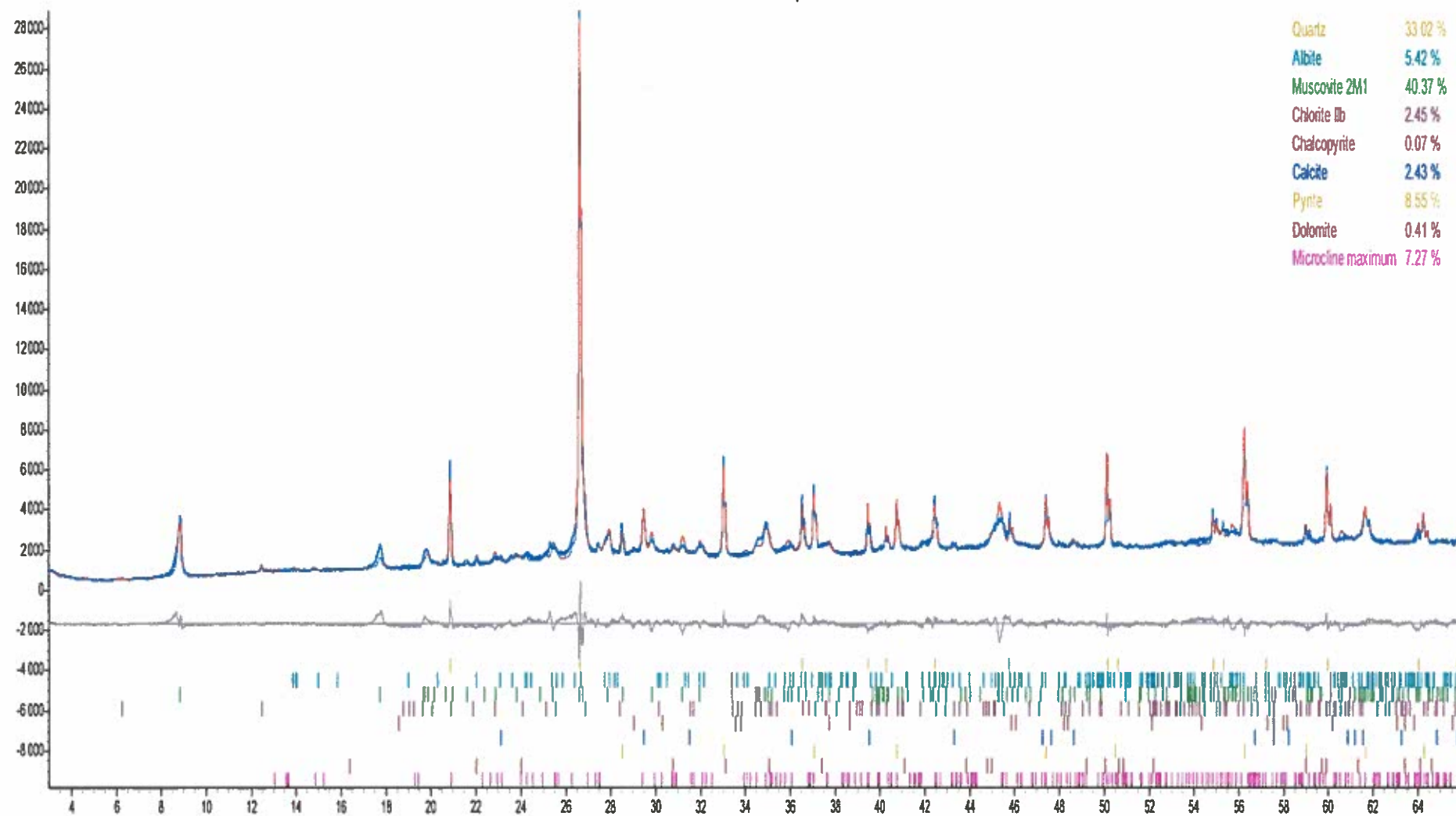




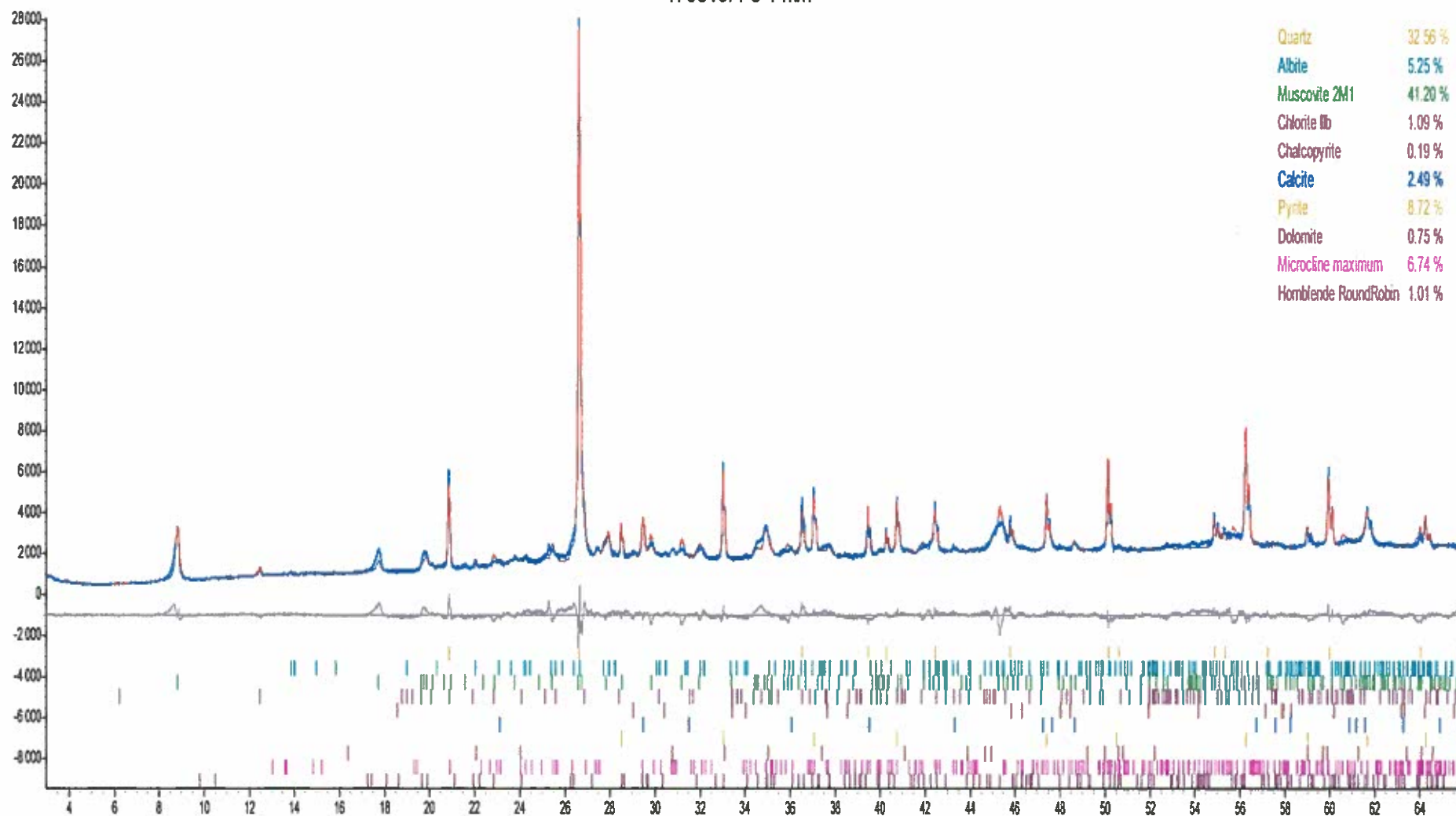
170811: P5 250 µm



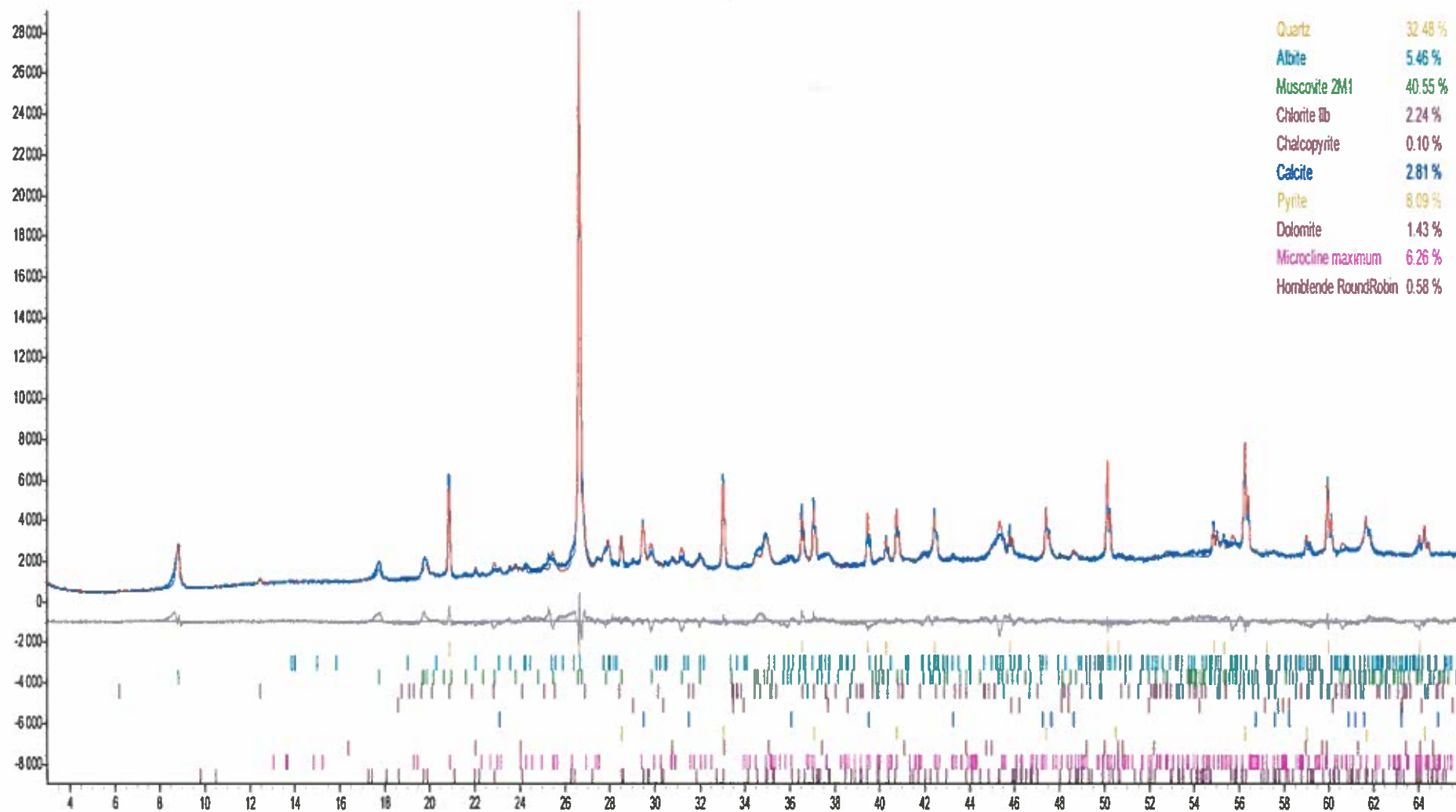
170812: P5 500 µm



170813: P5 1 mm



170814: P5 2 mm



### Vedlegg 3 XRF analyser utlekingstest

	LOCATION	NOTE	S	Ca	Fe	Th	U	As	Cu	Pb	Mo	Ni	Zn	Cd
1	bunnpanne	100% manaitt	24 575	42 775	60 866	< LOD	22	23	82	13	26	64	129	< LOD
2	0.063mm	100% manaitt	17 271	33 661	53 284	< LOD	15	26	58	< LOD	19	46	91	< LOD
3	0.125mm	100% manaitt	15 787	26 657	51 114	< LOD	16	23	30	< LOD	15	42	76	< LOD
4	0.250mm	100% manaitt	13 125	29 711	47 925	6	20	19	20	< LOD	17	< LOD	76	< LOD
5	0.500mm ikke knust	100% manaitt	14 642	46 846	60 058	< LOD	18	20	32	< LOD	23	49	65	< LOD
6	0.500mm knust	100% manaitt	15 668	35 891	53 464	< LOD	20	22	53	< LOD	24	56	75	< LOD
7	0- 2mm vasket&knust	100% manaitt	5 897	53 329	55 174	< LOD	8	12	28	< LOD	20	161	61	< LOD
8	bunnpanne	25%S 75%m	42 771	31 294	60 439	9	37	48	84	22	48	57	120	< LOD
9	0.063mm	25%S 75%m	29 139	21 480	49 326	< LOD	28	33	54	12	37	< LOD	83	< LOD
10	0.125mm	25%S 75%m	25 033	17 418	48 257	9	28	33	38	< LOD	33	< LOD	81	< LOD
11	0.250mm	25%S 75%m	32 130	17 047	47 719	< LOD	41	43	63	12	57	75	81	< LOD
12	0.500mm knust	25%S 75%m	28 896	18 219	48 378	6	34	38	32	9	44	50	198	< LOD
13	bunnpanne	50%S 50%m	48 867	31 863	65 379	< LOD	36	57	93	22	50	46	116	< LOD
14	0.063mm	50%S 50%m	34 837	20 000	52 337	< LOD	20	38	61	21	37	< LOD	81	< LOD
15	0.125mm	50%S 50%m	32 718	18 172	52 960	< LOD	33	32	78	17	36	45	87	< LOD
16	0,250mm	50%S 50%m	33 999	18 872	55 973	< LOD	32	48	53	13	45	80	83	< LOD
17	0,500mm knust	50%S 50%m	41 422	19 082	52 503	9	34	47	71	11	47	61	85	< LOD
18	bunnpanne	75%S 25%m	57 465	31 480	67 615	< LOD	34	57	108	31	58	85	124	< LOD
19	0.063mm	75%S 25%m	37 919	19 670	52 240	< LOD	27	48	75	18	40	< LOD	96	< LOD
20	0.125mm	75%S 25%m	39 516	17 946	54 942	< LOD	31	45	67	8	43	58	86	< LOD
21	0.250mm	75%S-25%m	41 296	16 280	53 847	< LOD	40	51	72	10	48	63	99	< LOD
22	0,500mm	75%S-25%m	47 069	17 533	55 019	8	42	52	112	20	59	96	103	< LOD
23	bunnpanne	100% Svartskifer	59 863	38 155	66 233	< LOD	39	65	106	37	62	52	120	< LOD
24	0.063mm	100% Svartskifer	45 788	24 860	55 279	< LOD	36	56	72	20	50	50	86	< LOD
25	0.125mm	100% Svartskifer	53 273	25 184	56 352	< LOD	33	52	84	18	50	58	91	< LOD
26	0.250mm	100% svartskifer	42 323	19 778	55 787	6	47	61	76	21	56	56	87	< LOD
27	0.500mm	100% svartskifer	48 750	24 387	57 500	8	47	73	88	18	63	97	87	< LOD

## Vedlegg 4 XRF analyser Kistefoss pel 600 – 722juni2017

LOCATION	S	Ca	Fe	Th	U	As LOD=5	Cu LOD=15	Pb LOD=10	Mo LOD=3	Ni LOD=30	Zn	Cd LOD=10
Grøft	10 588	30 288	25 607	13	79	11	< LOD	8	146	< LOD	25	< LOD
Skjæring pel 720	6 795	60 694	29 718	12	61	14	34	< LOD	110	< LOD	61	< LOD
Skjæring pel 720	5 120	43 816	15 927	22	86	< LOD	< LOD	< LOD	66	< LOD	18	< LOD
skjæring pel 704	39 941	26 430	45 920	12	106	69	98	27	83	< LOD	83	< LOD
skjæring pel 700	24 971	43 122	46 232	10	54	65	133	26	71	< LOD	26	< LOD
skjæring pel 700	63 988	25 911	47 326	11	72	71	96	21	111	86	31	< LOD
skjæring pel 694	10 184	208 504	84 629	< LOD	45	13	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	115	< LOD
skjæring pel 694	63 914	39 476	87 422	< LOD	264	77	163	36	53	62	687	< LOD
skjæring pel 694	21 215	18 234	41 332	< LOD	56	48	59	15	80	< LOD	43	< LOD
skjæring pel 694	60 322	37 956	54 048	< LOD	93	70	94	35	80	56	159	< LOD
skjæring pel 672	40 566	14 642	41 970	< LOD	34	49	90	17	57	< LOD	46	< LOD
skjæring pel 672	29 972	20 369	45 250	7	56	57	100	24	77	73	51	< LOD
skjæring pel 713	39 523	25 149	43 852	12	47	70	90	26	70	72	37	< LOD
Massetipp 1	12 443	35 534	34 390	8	52	47	56	14	89	< LOD	66	< LOD
Massetipp 1	61 950	15 122	57 459	10	66	72	114	24	80	97	81	< LOD
Massetipp 1	16 389	15 808	47 401	13	71	48	26	20	106	82	55	< LOD
Massetipp 1	30 192	18 825	47 544	11	61	82	87	40	110	136	77	< LOD
Massetipp 1	9 948	34 345	41 065	12	77	< LOD	37	< LOD	179	50	18	< LOD
Massetipp 1	27 580	2 579	37 684	13	77	67	97	21	66	45	47	< LOD
Massetipp 1	20 639	19 320	54 460	< LOD	52	56	126	19	71	90	92	5



Mottatt dato 2017-03-27  
Utstedt 2017-04-05

Structor Geomiljø AS  
Erik Endre  
Oslo  
Engebrets vei 5  
0275 Oslo  
Norge

Prosjekt Kistefoss  
Bestnr

## Analyse av material

Deres prøvenavn	Kistefoss 1 Stein					
Labnummer	N00491207					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	98.7		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub> *	50.4		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	18.4		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	1.21		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	5.92		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O*	4.87		% TS	1	S	NADO
MgO*	1.73		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.0397		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O*	1.74		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.107		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub> *	1.07		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	7.0		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	21.0		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	720		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	8.30		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	3.65		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	28.8		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	89.8		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	122		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	0.0847		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	157		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	20.6		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	147		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	17.0		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	31600		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	18.1		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	3.94		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	178		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	822		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	4.49		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	39.9		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	412		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	186		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)*	17.1		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)*	72.1		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	99.0	5.97	%	3	1	NADO
TIC	0.593	0.060	% TS	3	1	NADO
TOC	3.13		% TS	4	1	NADO



Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 1 Stein</b>					
Labnummer	N00491207					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Knusing*	-----			5	2	NADO
Fraktavgift*	-----			6	3	NADO

Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 4 Stein</b>					
Labnummer	N00491210					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	99.0		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub> *	73.5		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	9.11		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	0.200		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	2.45		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O*	4.69		% TS	1	S	NADO
MgO*	0.375		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.0224		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O*	0.237		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.0440		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub> *	0.255		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	2.3		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	10.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	868		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	1.36		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	0.149		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	3.28		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	21.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	22.0		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	<0.02		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	15.8		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	7.24		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	14.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	13.7		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	1320		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	3.47		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	0.937		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	59.7		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	67.7		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	0.788		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	10.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	22.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	110		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)*	5.23		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)*	6.15		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	98.2	5.92	%	3	1	NADO
TIC	0.283	0.029	% TS	3	1	NADO
TOC	8.03		% TS	4	1	NADO
Knusing*	-----			5	2	NADO





Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 5 Stein</b>					
Labnummer	N00491211					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	98.5		%	1	W	NADO
SiO2*	45.6		% TS	1	S	NADO
Al2O3*	16.9		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	<0.08		% TS	1	S	NADO
Fe2O3*	5.94		% TS	1	S	NADO
K2O*	4.52		% TS	1	S	NADO
MgO*	1.17		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.0164		% TS	1	S	NADO
Na2O*	0.294		% TS	1	S	NADO
P2O5*	0.0917		% TS	1	S	NADO
TiO2*	0.908		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	14.9		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	57.9		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	574		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	4.41		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	0.382		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	21.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	76.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	151		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	0.0886		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	119		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	15.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	85.4		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	28.8		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	27300		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	15.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	3.90		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	22.2		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	583		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	2.05		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	32.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	50.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	143		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)*	13.7		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)*	57.1		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	97.9	5.91	%	3	1	NADO
TIC	0.079	0.010	% TS	3	1	NADO
TOC	7.62		% TS	4	1	NADO
Knusing*	-----			5	2	NADO



Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 6 - Stein</b>					
Stein						
Labnummer	N00491213					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	98.7		%	1	W	NADO
SiO2*	54.9		% TS	1	S	NADO
Al2O3*	14.5		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	1.19		% TS	1	S	NADO
Fe2O3*	5.06		% TS	1	S	NADO
K2O*	3.57		% TS	1	S	NADO
MgO*	1.80		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.0575		% TS	1	S	NADO
Na2O*	1.16		% TS	1	S	NADO
P2O5*	0.110		% TS	1	S	NADO
TiO2*	0.749		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	10.0		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	9.60		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	421		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	4.14		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	1.07		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	19.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	68.9		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	80.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	<0.02		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	129		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	15.0		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	94.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	14.4		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	22900		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	12.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	3.40		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	107		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	535		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	1.75		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	35.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	200		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	133		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)*	12.5		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)*	46.0		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	90.3	5.45	%	3	1	NADO
TIC	0.012	0.007	% TS	3	1	NADO
TOC	4.74		% TS	4	1	NADO
Knusing*	-----			5	2	NADO



Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 7 Stein</b>					
Labnummer	N00491214					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	99.7		%	1	W	NADO
SiO2*	43.9		% TS	1	S	NADO
Al2O3*	14.9		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	4.43		% TS	1	S	NADO
Fe2O3*	8.70		% TS	1	S	NADO
K2O*	2.66		% TS	1	S	NADO
MgO*	2.70		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.135		% TS	1	S	NADO
Na2O*	3.87		% TS	1	S	NADO
P2O5*	0.688		% TS	1	S	NADO
TiO2*	1.68		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	5.1		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	1.39		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	967		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	2.51		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	0.306		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	17.0		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	<9		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	35.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	<0.02		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	4.41		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	56.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	7.37		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	7.22		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	8860		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	8.41		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	1.81		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	649		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	127		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	0.747		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	27.1		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	119		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	280		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)*	5.78		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)*	3.39		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	99.2	5.98	%	3	1	NADO
TIC	0.660	0.066	% TS	3	1	NADO
TOC	3.27		% TS	4	1	NADO
Knusing*	-----			5	2	NADO



Deres prøvenavn	<b>Kistefoss 8 Stein</b>					
Labnummer	N00491215					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	99.9		%	1	W	NADO
SiO2*	38.0		% TS	1	S	NADO
Al2O3*	13.3		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	7.25		% TS	1	S	NADO
Fe2O3*	10.3		% TS	1	S	NADO
K2O*	1.68		% TS	1	S	NADO
MgO*	3.23		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.218		% TS	1	S	NADO
Na2O*	4.27		% TS	1	S	NADO
P2O5*	1.14		% TS	1	S	NADO
TiO2*	2.82		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	5.4		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	3.87		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	353		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	2.92		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	0.417		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	23.1		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	<9		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	19.4		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	<0.02		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	4.72		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	118		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	1.13		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	7.24		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	8830		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	12.0		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	2.84		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	787		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	192		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	1.49		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	38.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	157		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	491		mg/kg TS	1	S	NADO
Th (Thorium)*	10.8		mg/kg TS	2	S	NADO
U (Uran)*	4.32		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	99.3	5.99	%	3	1	NADO
TIC	1.33	0.133	% TS	3	1	NADO
TOC	0.832		% TS	4	1	NADO
Knusing*	-----			5	2	NADO



\*etter parameternavn indikerer at analysen er utført uakkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS eller underleverandør. Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	<p><b>Bestemmelse av metaller etter pakke MG-2</b></p> <p>Metode: Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1.</p> <p>Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdiene korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO<sub>2</sub>). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.</p> <p>Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortykning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende.</p>
2	<p><b>Metaller i material, tillegg til hovedpakke</b></p> <p>Metode: Se analysebeskrivelse for øvrige elementer. Enkelte elementer er ikke standard med i pakkene og blir bestilt som tillegg til hovedpakkene. Rapporteringsgrense varierer med pakken.</p>
3	<p><b>Totalt uorganisk karbon (TIC) i jord e.l.</b></p> <p>Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Coulometri Rapporteringsgrenser (LOQ): 0,010 % TS</p>
4	<p><b>Bestemmelse av total organisk karbon (TOC) i jord, kolometri</b></p> <p>Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Kolometri Rapporteringsgrenser: LOR 0.01 % TS Andre opplysninger: TOC er differansen mellom total karbon (TC) og total inorganisk karbon (TIC).</p>
5	<p><b>Knusing/oppmaling</b></p>
6	<p><b>Frakt</b></p>

<b>Godkjenner</b>
-------------------

ALS Laboratory Group Norway AS  
PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

E-post: [info.on@alsglobal.com](mailto:info.on@alsglobal.com)  
Tel: + 47 22 13 18 00

Dokumentet er godkjent  
og digitalt undertegnet  
av Rapportør

ALS avd. ØMM-Lab  
Yvenveien 17, N-1715 Yven

Epost: [info.srp@alsglobal.com](mailto:info.srp@alsglobal.com)  
Tel: + 47 69 13 78 80

Web: [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)



Godkjenner	
NADO	Nadide Dönmez

Utf <sup>1</sup>	
G	AFS  Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030
S	ICP-SFMS  Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030
W	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia  Lokalisering av andre ALS laboratorier:  Ceska Lipa                      Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice                        V Raji 906, 530 02 Pardubice  Akkreditering:                      Czech Accreditation Institute, labnr. 1163.  Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon
2	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030
3	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group Norway AS, Postboks 643 Skøyen, 0214 Oslo, Norge Leveringsadresse: Drammensveien 173, 0277 Oslo, Norge

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

<sup>1</sup> Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).



Mottatt dato **2017-06-08**  
 Utstedt **2017-06-19**

Statens Vegvesen  
 Cecilie Hallingstad  
 Region Øst  
 Østensjøveien 34  
 N-0667 Oslo  
 Norway

Prosjekt  
 Bestnr **109083**

## Analyse av material

Deres prøvenavn	<b>Skifer Skjæring #1 Stein</b>					
Labnummer	N00506445					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	98.8		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub> *	40.9		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	14.2		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	5.71		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	5.50		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O*	3.63		% TS	1	S	NADO
MgO*	1.24		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.0695		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O*	0.183		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.135		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub> *	0.742		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	16.3		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	55.0		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	465		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	4.47		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	1.33		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	25.6		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	62.4		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	139		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	0.0280		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	95.8		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	12.8		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	86.9		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	32.6		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	37600		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	10.4		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	3.13		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	179		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	333		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	2.02		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	33.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	86.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	112		mg/kg TS	1	S	NADO
U (Uran)*	42.3		mg/kg TS	2	S	NADO
Th (Thorium)*	10.7		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	98.5	5.94	%	3	1	NADO
TIC	0.398	0.040	% TS	3	1	NADO



Deres prøvenavn	<b>Skifer Skjæring #1 Stein</b>					
Labnummer	N00506445					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
TOC	7.37		% TS	4	1	NADO
Knusing*	ja			5	2	NADO
Retur*	-----			6	3	NADO





Deres prøvenavn	<b>Skifer Skjæring #2</b>					
	<b>Stein</b>					
Labnummer	N00506446					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	99.7		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub> *	14.4		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	3.20		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	37.9		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	5.36		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O*	0.844		% TS	1	S	NADO
MgO*	3.87		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.484		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O*	0.0666		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.149		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub> *	0.169		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	32.6		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	13.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	657		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	1.16		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	10.5		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	6.79		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	18.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	58.8		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	0.0730		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	20.2		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	<5		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	18.9		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	6.20		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	13800		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	11.6		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	0.692		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	575		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	133		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	0.984		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	71.4		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	889		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	29.6		mg/kg TS	1	S	NADO
U (Uran)*	20.9		mg/kg TS	2	S	NADO
Th (Thorium)*	2.61		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	99.7	6.01	%	3	1	NADO
TIC	8.08	0.808	% TS	3	1	NADO
TOC	3.66		% TS	4	1	NADO
Knusing*	ja			5	2	NADO



Deres prøvenavn	<b>Skifer deponi #2</b>					
	<b>Stein</b>					
Labnummer	N00506447					
Analyse	Resultater	Usikkerhet ( $\pm$ )	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	98.8		%	1	W	NADO
SiO <sub>2</sub> *	53.3		% TS	1	S	NADO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	16.4		% TS	1	S	NADO
Kalsiumoksid (CaO)*	2.26		% TS	1	S	NADO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	7.66		% TS	1	S	NADO
K <sub>2</sub> O*	4.66		% TS	1	S	NADO
MgO*	1.66		% TS	1	S	NADO
MnO*	0.0629		% TS	1	S	NADO
Na <sub>2</sub> O*	0.369		% TS	1	S	NADO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.110		% TS	1	S	NADO
TiO <sub>2</sub> *	0.950		% TS	1	S	NADO
Glødetap (LOI)*	14.8		% TS	1	W	NADO
As (Arsen)*	57.7		mg/kg TS	1	S	NADO
Ba (Barium)*	511		mg/kg TS	1	S	NADO
Be (Beryllium)*	4.62		mg/kg TS	1	S	NADO
Cd (Kadmium)*	1.72		mg/kg TS	1	S	NADO
Co (Kobolt)*	28.0		mg/kg TS	1	S	NADO
Cr (Krom)*	75.8		mg/kg TS	1	S	NADO
Cu (Kopper)*	74.1		mg/kg TS	1	S	NADO
Hg (Kvikksølv)*	0.0574		mg/kg TS	1	G	NADO
Mo (Molybden)*	138		mg/kg TS	1	S	NADO
Nb (Niob)*	16.3		mg/kg TS	1	S	NADO
Ni (Nikkel)*	157		mg/kg TS	1	S	NADO
Pb (Bly)*	29.7		mg/kg TS	1	S	NADO
S (Svovel)*	34800		mg/kg TS	1	S	NADO
Sc (Scandium)*	14.8		mg/kg TS	1	S	NADO
Sn (Tinn)*	3.54		mg/kg TS	1	S	NADO
Sr (Strontium)*	87.0		mg/kg TS	1	S	NADO
V (Vanadium)*	664		mg/kg TS	1	S	NADO
W (Wolfram)*	2.39		mg/kg TS	1	S	NADO
Y (Yttrium)*	40.1		mg/kg TS	1	S	NADO
Zn (Sink)*	95.8		mg/kg TS	1	S	NADO
Zr (Zirkonium)*	155		mg/kg TS	1	S	NADO
U (Uran)*	52.7		mg/kg TS	2	S	NADO
Th (Thorium)*	14.6		mg/kg TS	2	S	NADO
Tørrstoff (E)	98.7	5.95	%	3	1	NADO
TIC	1.05	0.105	% TS	3	1	NADO
TOC	6.89		% TS	4	1	NADO
Knusing*	ja			5	2	NADO



\*etter parameternavn indikerer at analysen er utført uakkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS eller underleverandør. Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

<b>Metodespesifikasjon</b>	
1	<p><b>Bestemmelse av metaller etter pakke MG-2</b></p> <p>Metode: Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrestoff er utført ihht. SS 028113-1.</p> <p>Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdiene korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO<sub>2</sub>). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.</p> <p>Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortykning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende.</p>
2	<p><b>Metaller i jord, tillegg til hovedpakke</b></p> <p>Metode: Se analysebeskrivelse for øvrige elementer. Enkelte elementer er ikke standard med i pakkene og blir bestilt som tillegg til hovedpakkene. Rapporteringsgrense varierer med pakken.</p>
3	<p><b>Totalt uorganisk karbon (TIC) i jord e.l.</b></p> <p>Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Coulometri Rapporteringsgrenser (LOQ): 0,010 % TS</p>
4	<p><b>Bestemmelse av TOC ved IR-bestemmelse</b></p> <p>Metode: Modifisert ISO 10694 og modifisert EN 13137 Måleprinsipp: IR Rapporteringsgrenser: 0,1 % Måleusikkerhet: 20%</p>
5	<p><b>Knusing/oppmaling</b></p>
6	<p><b>Retur av prøve</b></p> <p>For mer informasjon, kontakt <a href="mailto:info.on@alsglobal.com">info.on@alsglobal.com</a></p>



<b>Metodespesifikasjon</b>

	<b>Godkjenner</b>
NADO	Nadide Dönmez

	Utf <sup>1</sup>
G	AFS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
S	ICP-SFMS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
W	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia Lokalisering av andre ALS laboratorier: Ceska Lipa                      Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice                        V Raji 906, 530 02 Pardubice Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon
2	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
3	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group Norway AS, Postboks 643 Skøyen, 0214 Oslo, Norge Leveringsadresse: Drammensveien 173, 0277 Oslo, Norge

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

<sup>1</sup> Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).

## Vedlegg 6 XRF Massetipp1 og skjæring 27-28.03.23

	Location	Sample	Merknad	S	Ca	Fe	Th	U	As	Cu	Pb	Mo	Ni	Zn	Cd
1	massetipp1	1	rosa stein	45 023	5 962	40 697	14	39	49	117	26	142	87	45	0
2	massetipp1	2	rosa stein	114 144	32 689	54 853	14	54	44	253	36	90	421	252	0
3	massetipp1	3	rosa stein	77 240	2 720	38 807	17	32	40	65	58	108	25	40	0
4	massetipp1	4	rosa stein	20 185	1 511	49 252	18	34	57	124	50	116	86	24	0
5	massetipp1	5	rosa stein	56 985	33 421	42 780	13	38	50	76	37	122	57	55	0
6	massetipp1	6	rosa stein	130 774	7 506	70 006	15	44	71	195	64	115	89	53	0
7	massetipp1	7	rosa stein	171 324	79 286	48 372	5	22	14	100	8	22	211	131	0
8	massetipp1	8	rosa stein	73 715	11 512	48 675	19	56	54	154	41	119	44	48	0
9	massetipp1	9		87 667	30 616	71 125	22	51	74	186	43	102	170	92	0
10	massetipp1	9		73 347	6 866	56 561	15	43	51	135	32	127	107	52	0
11	massetipp1	10		69 849	4 409	67 807	17	46	44	128	31	102	132	41	0
12	massetipp1	10		61 377	11 584	37 409	19	44	46	90	36	130	51	24	0
13	massetipp1	11		110 303	31 430	44 407	15	47	42	112	29	131	83	29	0
14	massetipp1	11		74 903	10 666	59 436	17	47	50	130	38	128	81	29	0
15	massetipp1	12		61 178	17 027	15 439	10	23	6	29	27	54	30	30	0
16	massetipp1	12		59 790	4 335	31 364	11	28	20	66	18	42	60	40	0
17	massetipp1	13		96 153	9 226	93 184	19	44	39	73	16	104	179	60	0
18	massetipp1	13		56 535	2 683	38 887	14	33	20	29	12	133	47	24	0
19	massetipp1	14		98 718	30 298	22 900	7	22	25	42	22	82	31	26	0
20	massetipp1	14		76 244	25 324	23 474	6	26	27	60	23	77	35	31	0
21	massetipp1	15		22 812	120 879	25 880	14	102	39	140	24	48	520	1 189	0
22	massetipp1	15		52 454	56 341	30 766	15	114	46	98	28	85	273	202	0
23	massetipp1	15		72 650	35 406	32 141	18	143	48	137	35	162	343	378	0
24	massetipp1	15		66 896	23 160	30 477	15	180	52	99	27	216	227	209	0
25	massetipp1	16		78 389	7 111	62 874	18	38	50	167	41	99	113	49	0
26	massetipp1	16		83 841	18 037	50 445	15	39	43	155	32	78	96	59	0
27	massetipp1	17		55 047	7 679	55 726	18	37	44	123	34	86	147	62	0
28	massetipp1	17		72 563	17 273	50 885	17	41	42	120	32	77	82	59	0
29	massetipp1	18		113 166	22 892	46 061	16	54	43	141	32	92	79	38	0
30	massetipp1	18		61 771	2 810	46 831	15	53	46	125	32	109	78	43	4
31	massetipp1	19		104 589	28 244	52 204	16	35	42	189	29	95	88	85	0
32	massetipp1	19		96 221	16 931	52 433	15	46	57	174	38	129	86	59	0
33	massetipp1	19		84 490	17 997	67 338	14	60	35	120	33	87	234	141	0
34	massetipp1	20	(90-130°C ved uttak)	109 399	23 707	71 636	22	40	70	88	51	114	178	113	6
35	massetipp1	20	(90-130°C ved uttak)	95 528	6 689	58 325	19	39	75	111	41	124	126	55	0
36	massetipp1	21	(90-130°C ved uttak)	84 537	19 390	56 142	15	36	58	109	33	61	140	77	0
37	massetipp1	21	(90-130°C ved uttak)	82 995	14 249	85 528	18	38	71	82	49	86	231	144	0
38	massetipp1	22	(90-130°C ved uttak)	113 645	16 559	65 209	16	42	58	114	47	118	112	62	5
39	massetipp1	22	(90-130°C ved uttak)	85 648	12 102	60 467	15	45	44	117	25	77	175	151	5
40	massetipp1	23	(90-130°C ved uttak)	127 929	21 718	96 686	12	18	35	58	63	99	111	49	0
41	massetipp1	23	(90-130°C ved uttak)	115 603	14 062	90 064	10	22	124	68	31	152	81	25	0
42	massetipp1	23	(90-130°C ved uttak)	129 640	20 723	101 255	10	21	90	98	40	138	109	31	0
43	massetipp1	23	(90-130°C ved uttak)	132 684	15 191	108 935	27	17	31	49	31	104	139	31	0
44	massetipp1	23	(90-130°C ved uttak)	110 868	21 236	75 573	5	8	29	32	32	66	62	25	0
45	lokalitet 1	1.1		7 999	52 948	38 249	13	53	13	54	9	116	225	67	0
46	lokalitet 1	1.2		27 819	27 622	59 140	19	60	5	52	12	135	187	10	0
47	lokalitet 1	2.1		47 333	8 270	53 523	13	40	17	34	34	137	97	94	0
48	lokalitet 1	2.2		45 807	4 421	52 674	16	42	24	35	35	99	96	64	0
49	lokalitet 1	3.1		39 521	13 724	56 250	17	61	10	15	13	142	141	9	0
50	lokalitet 1	3.2		42 151	26 995	35 894	16	54	4	34	11	99	149	9	0
51	Lokalitet 2	1		45 360	9 812	146 912	19	28	84	96	28	98	319	28	0
52	Lokalitet 2	1		48 861	45 793	72 585	19	108	41	396	30	51	1 828	489	0
53	Lokalitet 2	2	prøve i kopp	51 781	36 354	78 199	18	54	59	252	25	84	549	175	10
54	Lokalitet 2	2	prøve i kopp	49 155	34 038	75 256	20	55	51	242	29	87	529	169	0
55	Lokalitet 2	2	prøve i kopp	49 238	32 743	72 036	18	53	57	201	23	89	443	149	0
56	Lokalitet 2	3.1		55 323	6 483	57 022	15	37	67	83	20	249	109	34	0
57	Lokalitet 2	3.1		87 065	43 794	47 825	11	27	40	53	22	178	69	10	0
58	Lokalitet 2	3.2		59 947	13 250	48 172	11	37	24	53	61	161	53	20	0
59	Lokalitet 2	3.2		50 452	8 856	44 094	14	41	37	60	26	179	77	22	0
60	Lokalitet 2	3.2	prøve i kopp	60 542	37 427	53 265	11	25	46	55	21	56	48	29	0
61	Lokalitet 2	3.2	prøve i kopp	63 461	39 046	53 163	10	24	46	51	23	59	55	35	0

62	Lokalitet 2	3.2	prøve i kopp	64 106	38 622	52 425	12	25	44	52	25	57	59	34	0
63	Lokalitet 2	4.1		83 818	20 663	58 123	20	61	81	162	50	152	150	73	0
64	Lokalitet 2	4.1		79 153	9 293	49 304	16	49	73	108	58	160	118	58	0
65	Lokalitet 2	4.2		76 112	6 769	50 405	19	48	67	103	51	221	114	44	0
66	Lokalitet 2	4.2		67 807	4 356	53 008	15	48	70	113	55	175	141	50	0
67	Lokalitet 2	4.3		84 816	4 709	60 036	13	56	72	158	39	134	221	91	9
68	Lokalitet 2	4.3		71 873	8 625	45 956	18	60	72	108	43	174	141	65	0
69	Lokalitet 2	4.4		80 194	7 573	79 403	15	50	79	101	47	199	252	66	0
70	Lokalitet 2	4.4		70 940	7 601	49 921	13	50	61	91	34	148	127	85	0
71	Lokalitet 2	5.1		95 560	14 392	86 901	16	49	35	125	24	170	389	159	0
72	Lokalitet 2	5.1		80 793	16 353	80 876	13	41	34	88	29	143	253	97	0
73	Lokalitet 2	5.1		81 456	16 183	99 761	19	44	43	95	39	150	303	108	0
74	Lokalitet 2	5.1		86 561	13 842	83 457	17	45	31	112	20	175	348	152	0
75	Lokalitet 2	5.2		74 178	20 526	117 574	19	37	56	143	37	116	359	110	0
76	Lokalitet 2	5.2		103 915	35 702	88 882	25	80	30	282	36	93	1 277	278	0
77	Lokalitet 2	5.3		70 275	8 014	101 028	15	43	37	143	35	125	359	143	0
78	Lokalitet 2	5.3		97 777	13 892	93 128	16	42	45	97	36	129	332	117	0
79	Lokalitet 2	6.1		50 195	16 661	77 701	17	42	0	51	10	124	270	147	0
80	Lokalitet 2	6.1		91 753	38 866	58 052	15	38	8	36	9	130	226	148	0
81	Lokalitet 2	6.2		21 440	88 881	34 048	11	57	0	37	5	93	810	233	0
82	Lokalitet 2	6.2		36 181	78 335	47 276	16	111	3	425	6	61	3 438	777	0
83	Lokalitet 2	6.3		133 980	98 038	45 558	20	323	5	1 210	0	76	3 648	1 190	0
84	Lokalitet 2	6.3		47 858	23 243	69 511	14	49	18	107	9	112	222	49	0
85	Lokalitet 2	3.1		50 804	12 053	53 399	12	39	42	95	46	188	54	26	0
86	Lokalitet 2	3.2	prøve i kopp	51 103	12 847	53 831	12	40	43	101	43	193	57	22	0
87	Lokalitet 2	3.3	prøve i kopp	51 721	13 054	52 909	12	41	43	98	46	188	48	27	0
88	lokalitet 3	2.1	prøve i kopp	16 129	34 713	11 297	16	50	3	0	8	58	37	89	0
89	lokalitet 3	2.2		26 591	29 168	33 277	17	56	19	77	36	102	63	103	0
90	lokalitet 3	3.1		6 143	88 381	9 718	19	51	3	0	0	32	37	12	0
91	lokalitet 3	3.2		14 773	19 899	27 389	16	53	6	11	10	63	50	22	0
				S	Ca	Fe	Th	U	As	Cu	Pb	Mo	Ni	Zn	Cd
			Gjennomsnitt	72 183	23 761	58 217	15	51	42	121	31	115	272	115	0
			Median	72 563	16 931	53 399	15	44	43	100	32	114	126	59	0
			Størst	171 324	120 879	146 912	27	323	124	1 210	64	249	3 648	1 190	10
			Minst	6 143	1 511	9 718	5	8	0	0	0	22	25	9	0

Statens vegvesen, Ressursavdelingen  
 Østensjøveien 34  
 0667 Oslo  
 v/ Halldis Fjermestad

### XRD-analyse av 5 utfellinger fra prosjekt 109083, E16 Eggemoen - Olum

Analysene er utført på en Bruker D8 ADVANCE. DIFFRAC.SUITE.EVA programvare i kombinasjon med databasen PDF-4+ foreslår følgende mineralfaser.

Prøve mrk.	Prøve 1	Prøve 2	Prøve 3	Prøve 4	Prøve 5
J.nr.	190206	190207	190208	190209	190210
Kvarts	X	X	X	X	X
Glimmer	X	X	X	X	X
Plagioklas	X	X	X	X	X
Alkalifeltspat		X	X	X	X
Amfibol		X	X	X	X
Kloritt		X	X	X	X
Gips	X	X	X	X	
Kobberkis	X				
Epsomitt	X				
Goslaritt	X				
Alunogen	X	X	X	X	
Heksahydritt		X	X	X	
Pickeringitt		X	X		

Utfellingene består av forskjellige typer sulfater. Andre sulfater enn de som står i tabellen kan være tilstede.



Laurentius Tjihuis  
 Senioringeniør



Torill Sørlekk  
 Torill Sørlekk  
 Overingeniør

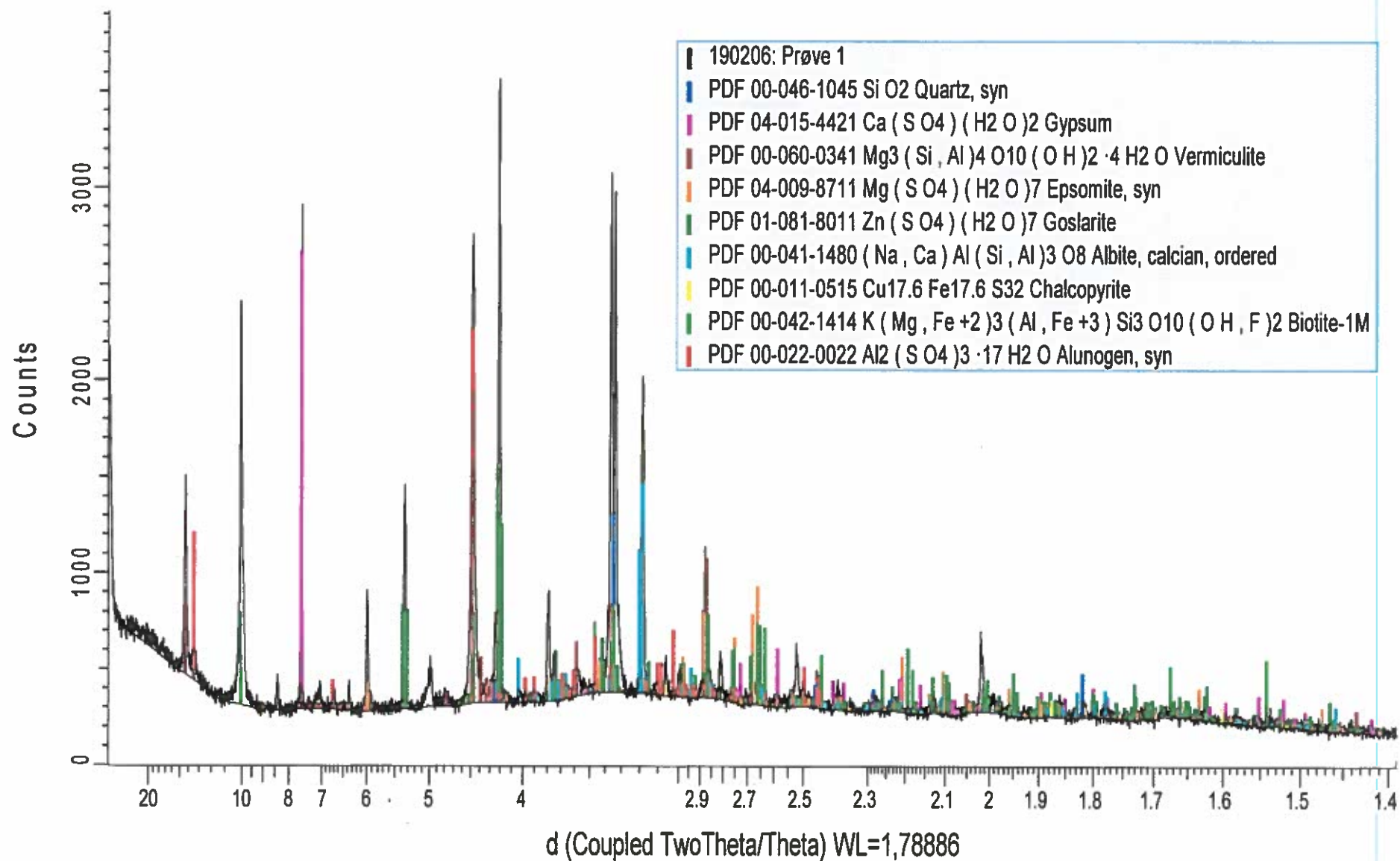
Postadresse  
 7491 Trondheim

Org.nr. 974 767 880  
 E-post:  
 kontakt@igp.ntnu.no  
<https://www.ntnu.no/igp/>

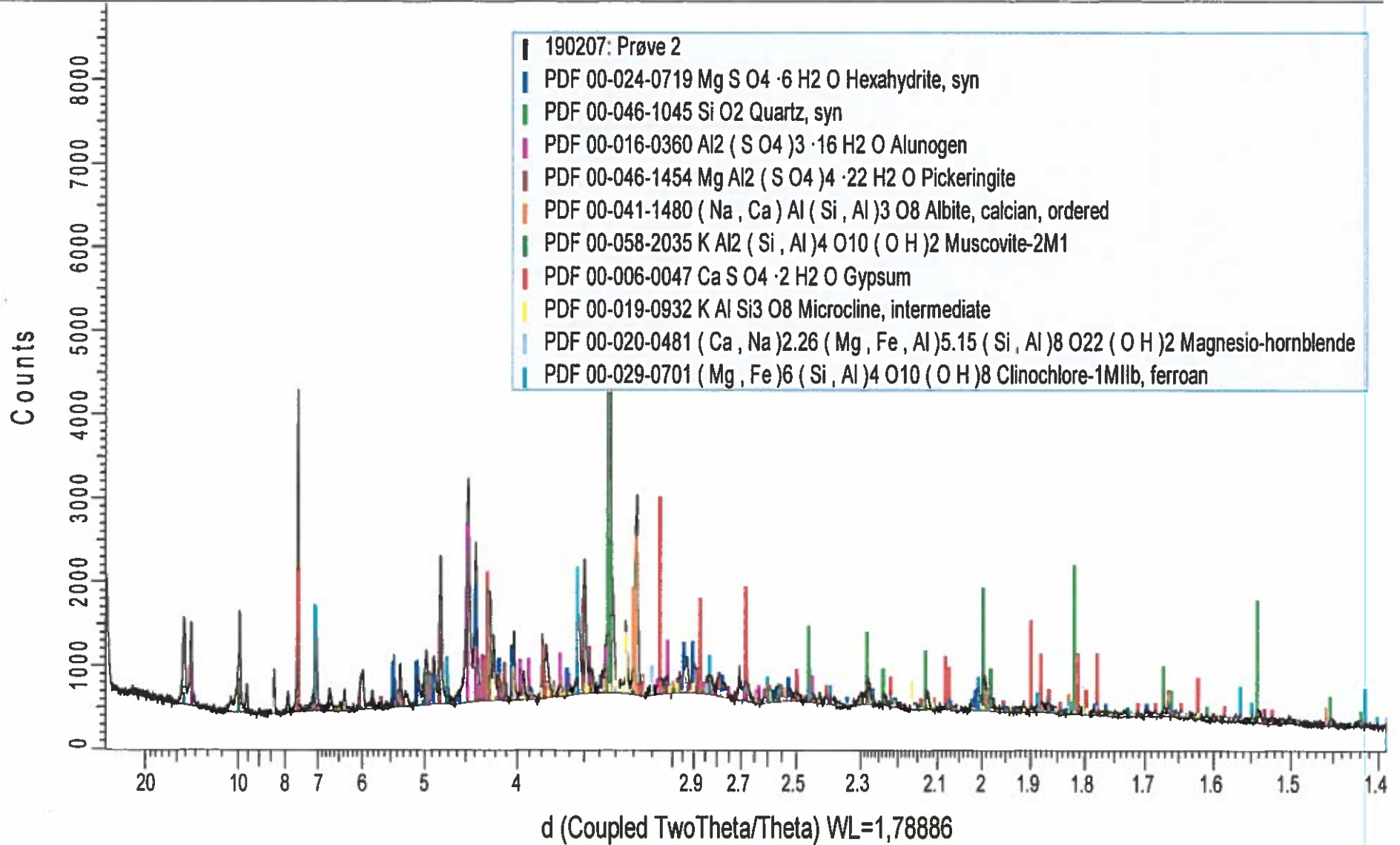
Besøksadresse  
 Sem Sælands veg 1  
 Gløshaugen

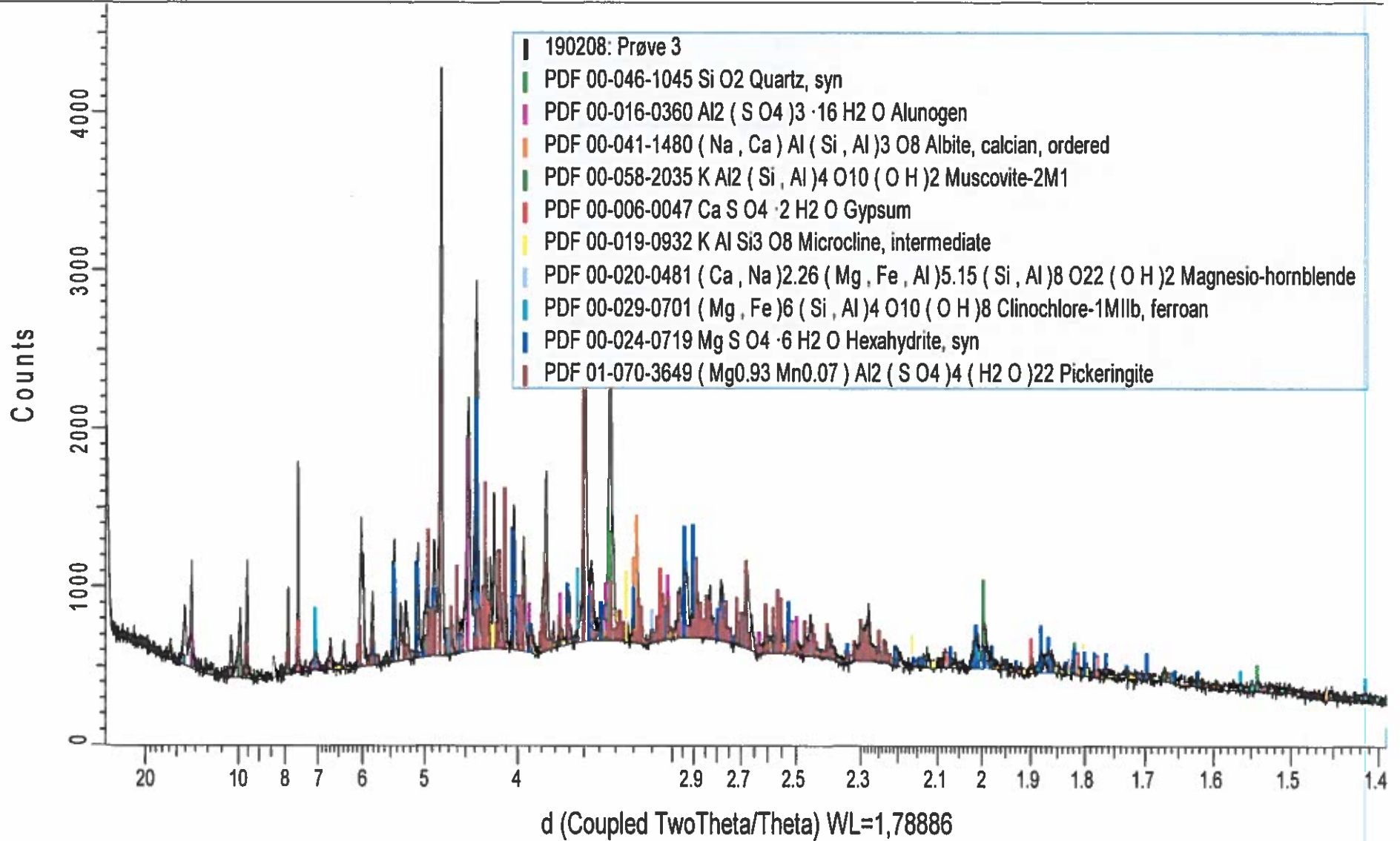
Telefon  
 + 47 73 59 48 10  
 Telefaks  
 + 47 73 59 48 14

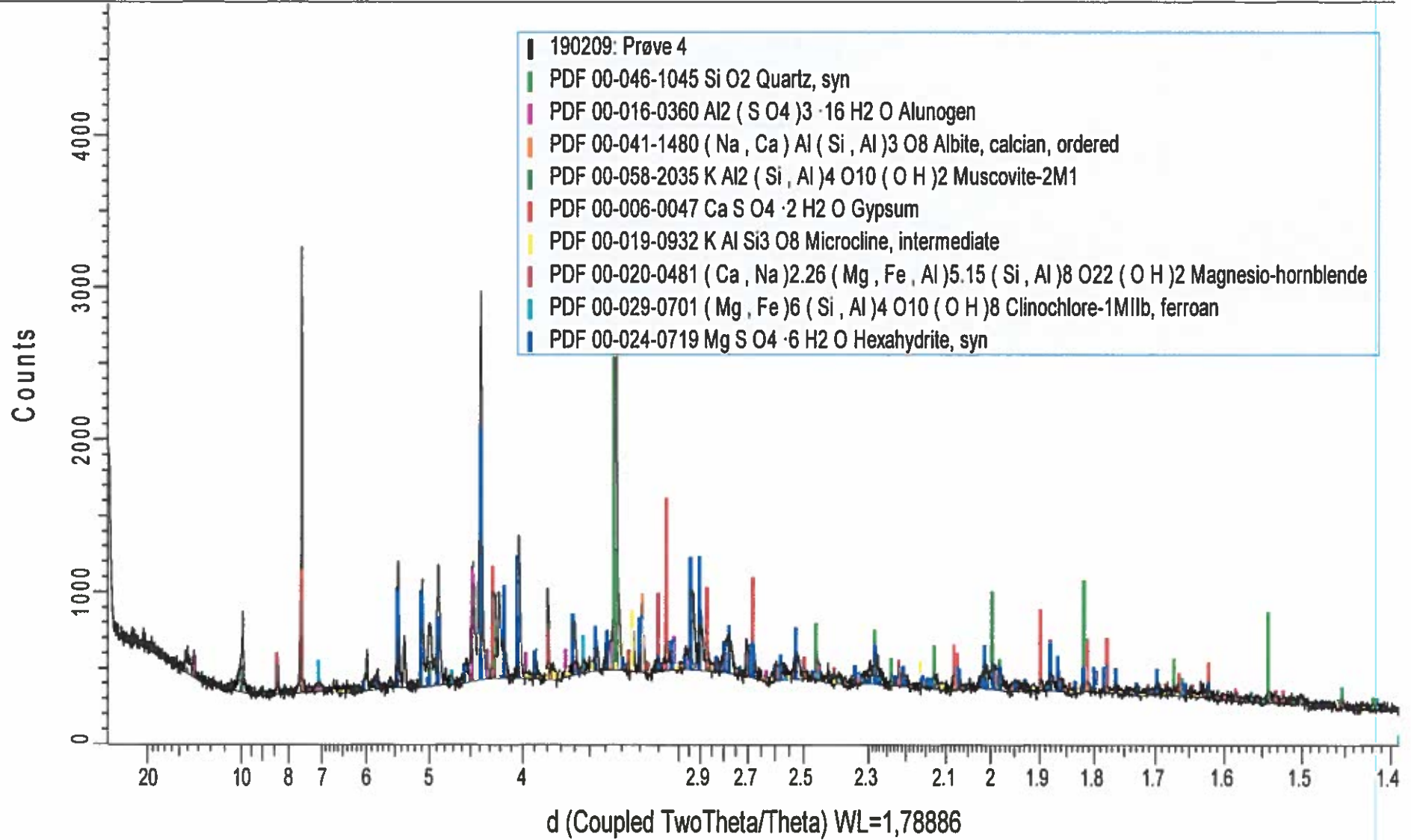
Laurentius Tjihuis  
 Mobil: +47 91 89 71 34

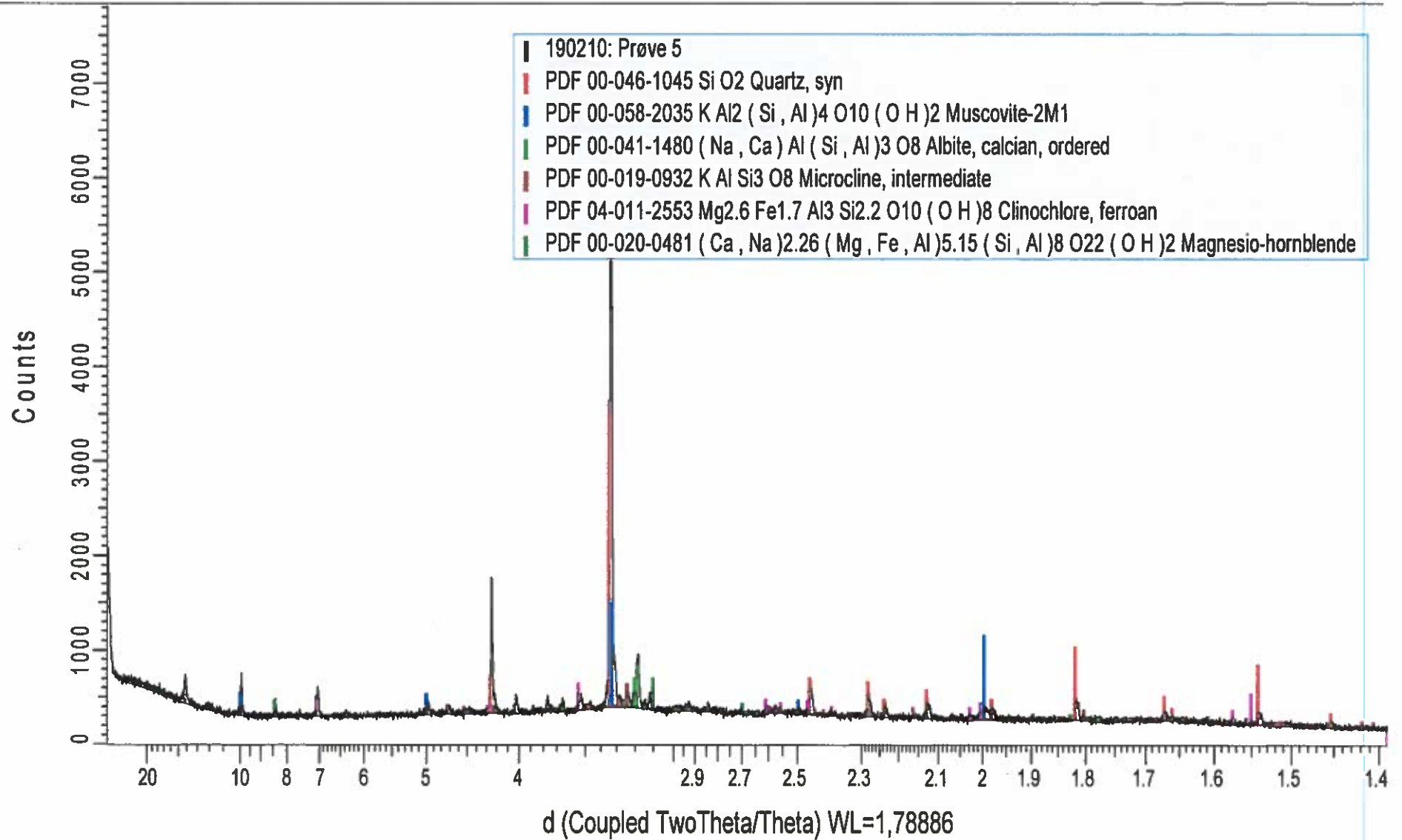




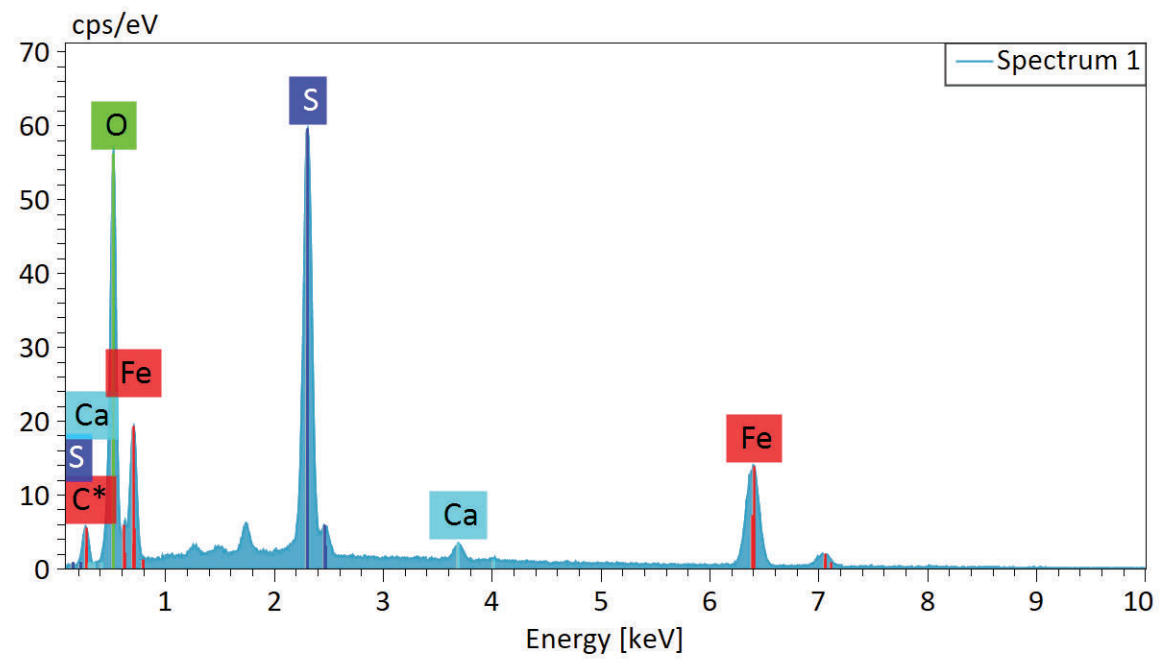
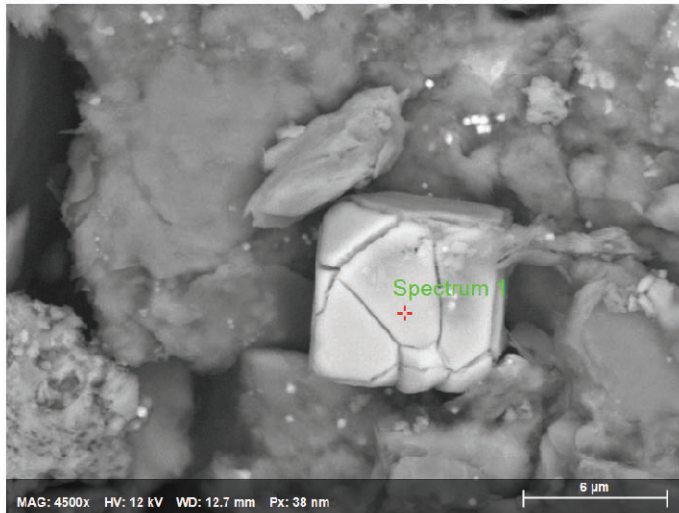






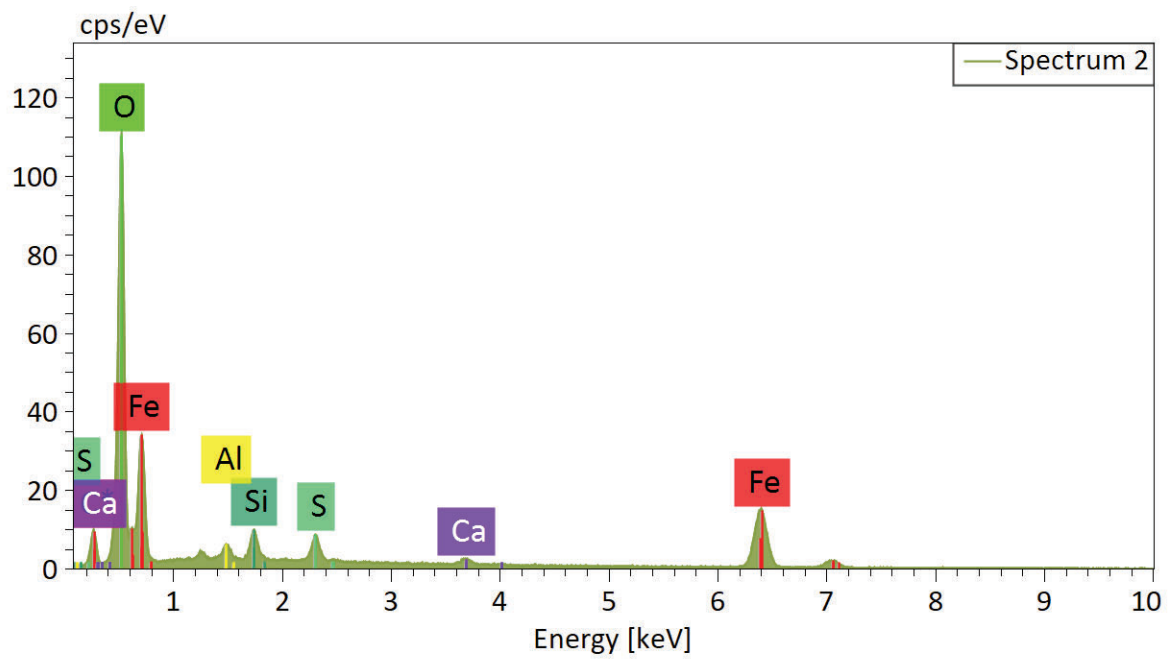
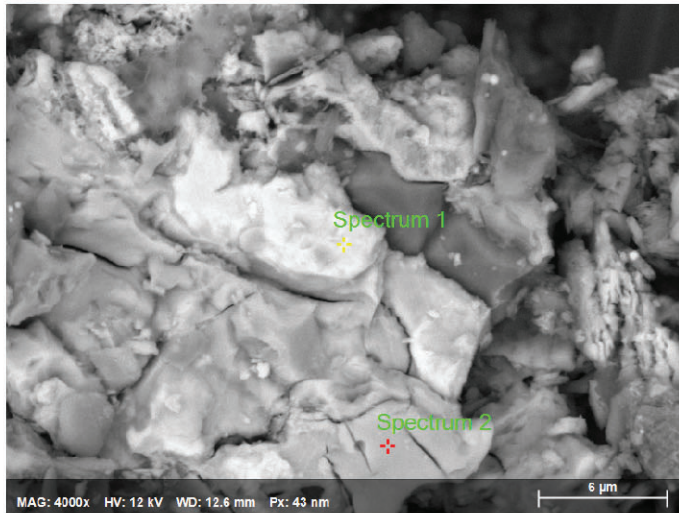


Lok2-1-01b



Spectrum	C	O	S	Ca	Fe
Spectrum 1	8.40	46.31	16.23	1.11	27.95

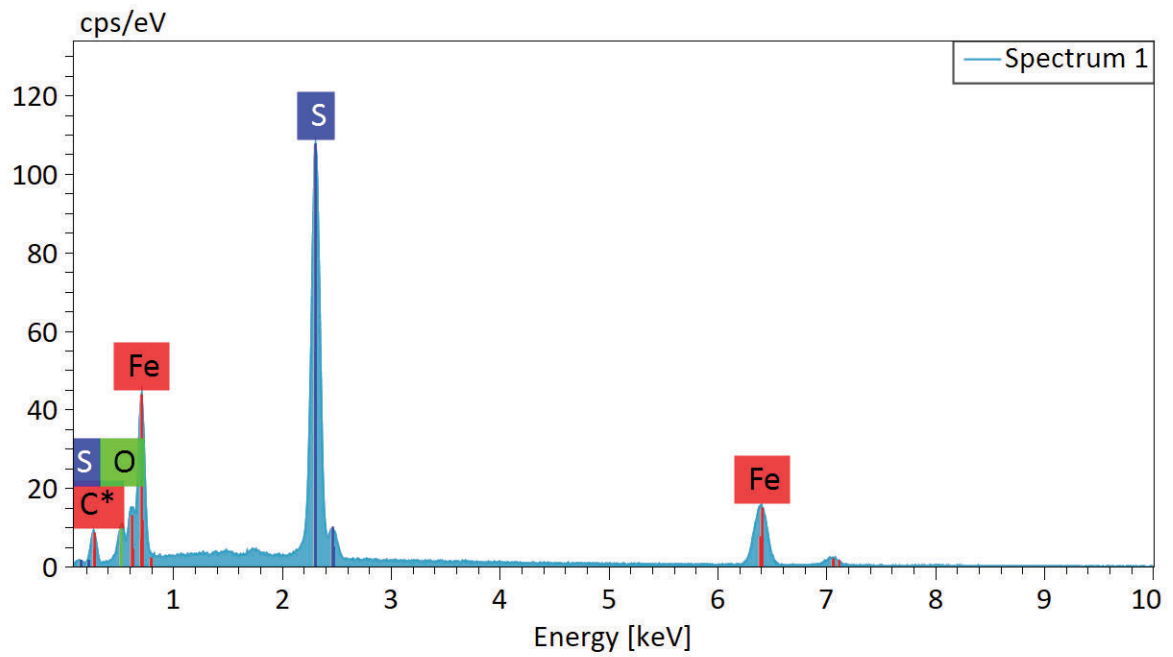
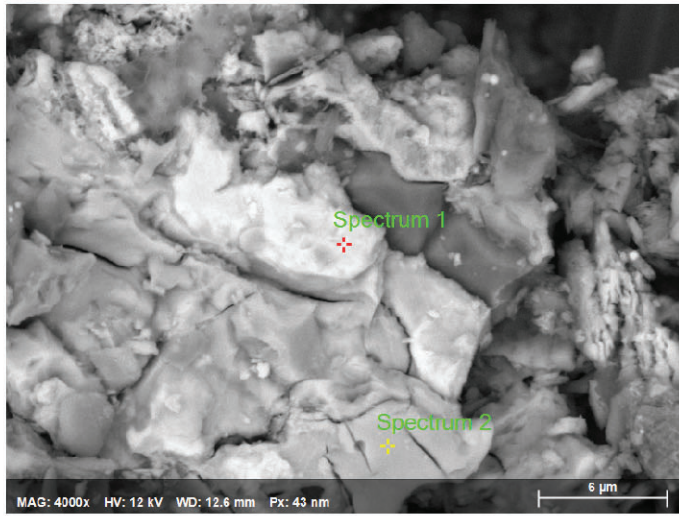
Lok2-1-02



Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Al	Si	S	Ca	Fe
Spectrum 1	22.36	8.50			31.40		37.74
Spectrum 2	9.54	60.64	0.84	1.72	1.55	0.66	25.04
Mean	<b>15.95</b>	<b>34.57</b>	<b>0.84</b>	<b>1.72</b>	<b>16.47</b>	<b>0.66</b>	<b>31.39</b>
Sigma	<b>9.07</b>	<b>36.87</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>21.10</b>	<b>0.00</b>	<b>8.98</b>
SigmaMean	<b>6.41</b>	<b>26.07</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>14.92</b>	<b>0.00</b>	<b>6.35</b>

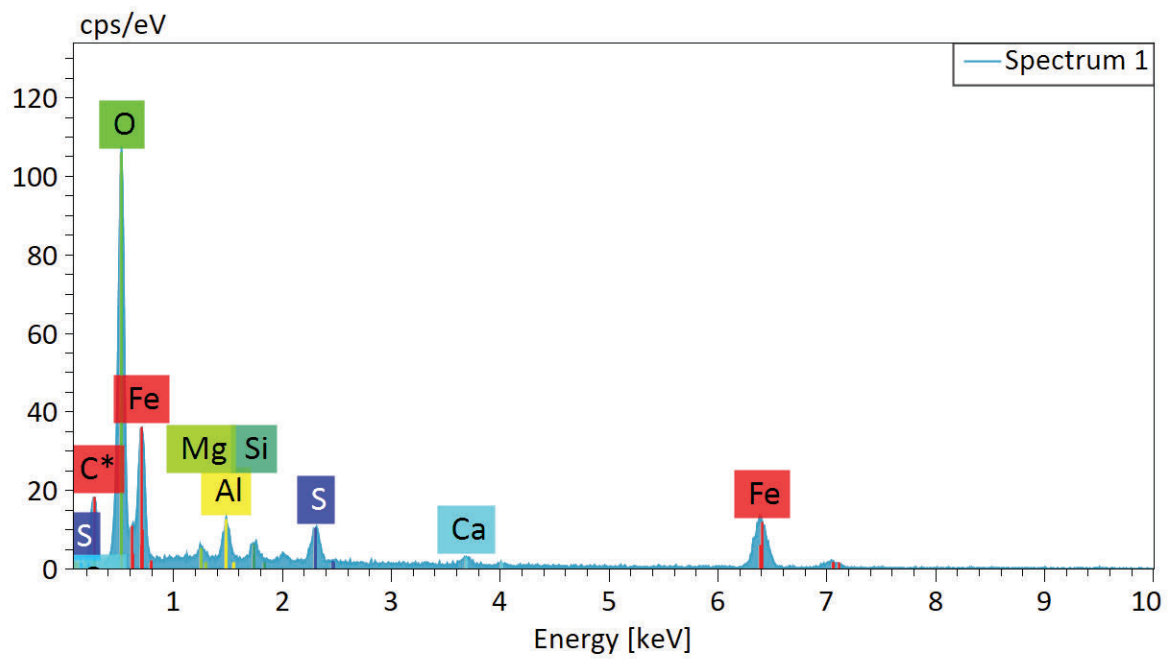
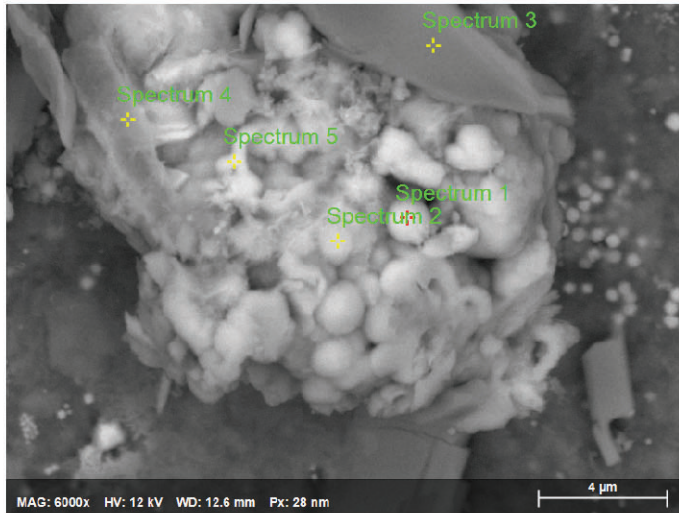
Lok2-1-02



Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Al	Si	S	Ca	Fe
Spectrum 1	22.36	8.50			31.40		37.74
Spectrum 2	9.54	60.64	0.84	1.72	1.55	0.66	25.04
Mean	<b>15.95</b>	<b>34.57</b>	<b>0.84</b>	<b>1.72</b>	<b>16.47</b>	<b>0.66</b>	<b>31.39</b>
Sigma	<b>9.07</b>	<b>36.87</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>21.10</b>	<b>0.00</b>	<b>8.98</b>
SigmaMean	<b>6.41</b>	<b>26.07</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>14.92</b>	<b>0.00</b>	<b>6.35</b>

Lok2-1-03

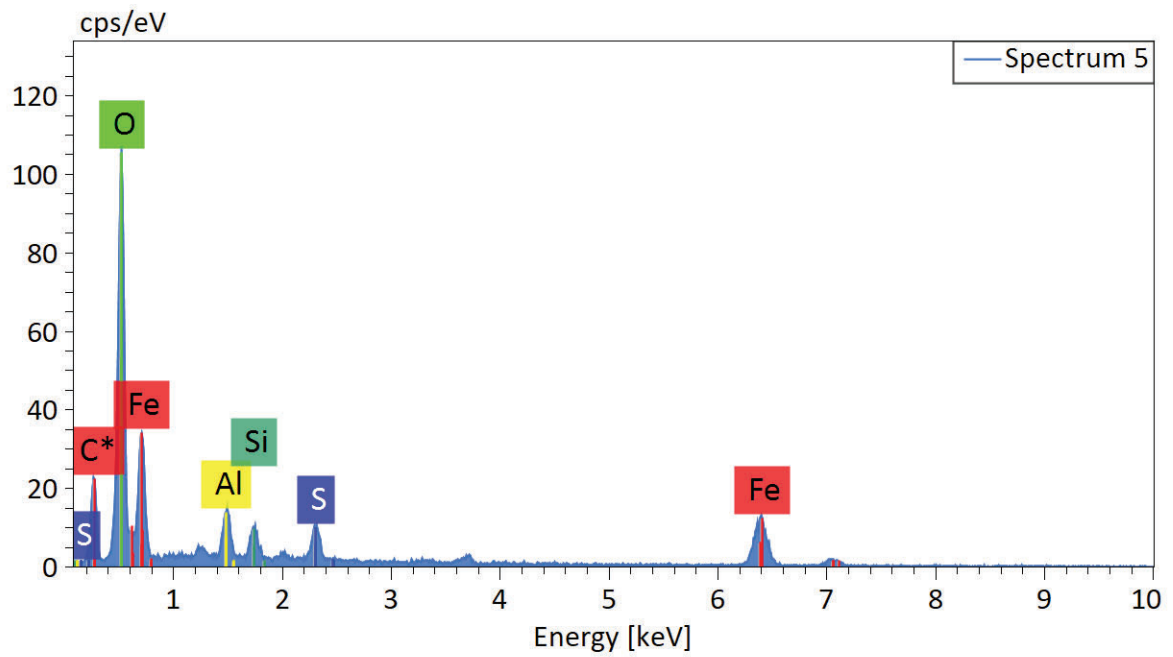
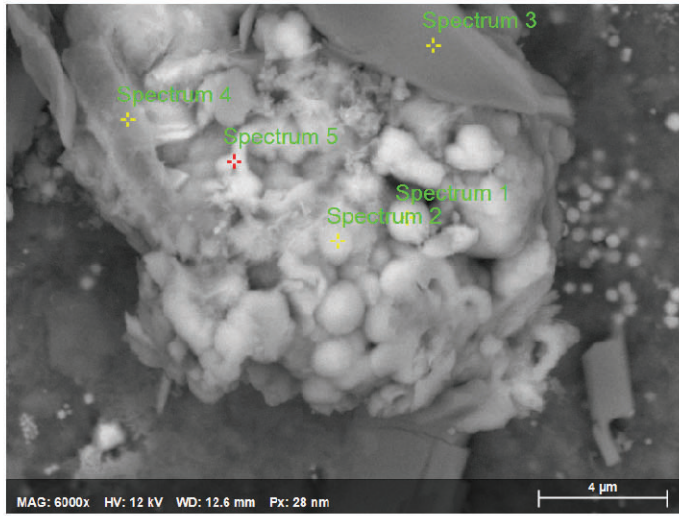


Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe
Spectrum 1	21.97	54.54	0.50	1.43	0.83	2.00		0.73	17.99
Spectrum 2	22.96	55.04	0.44	1.24	0.75	1.59		0.73	17.26
Spectrum 3	18.23	50.71	0.70	9.29	14.29	0.99	3.05		2.73
Spectrum 4	26.93	49.60		2.19	1.84	1.97			17.47
Spectrum 5	25.65	51.83		2.16	1.42	2.19			16.75
Mean	<b>23.15</b>	<b>52.34</b>	<b>0.55</b>	<b>3.26</b>	<b>3.83</b>	<b>1.75</b>	<b>3.05</b>	<b>0.73</b>	<b>14.44</b>
Sigma	<b>3.40</b>	<b>2.37</b>	<b>0.14</b>	<b>3.40</b>	<b>5.87</b>	<b>0.48</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>6.56</b>
SigmaMean	<b>1.52</b>	<b>1.06</b>	<b>0.06</b>	<b>1.52</b>	<b>2.62</b>	<b>0.21</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.93</b>



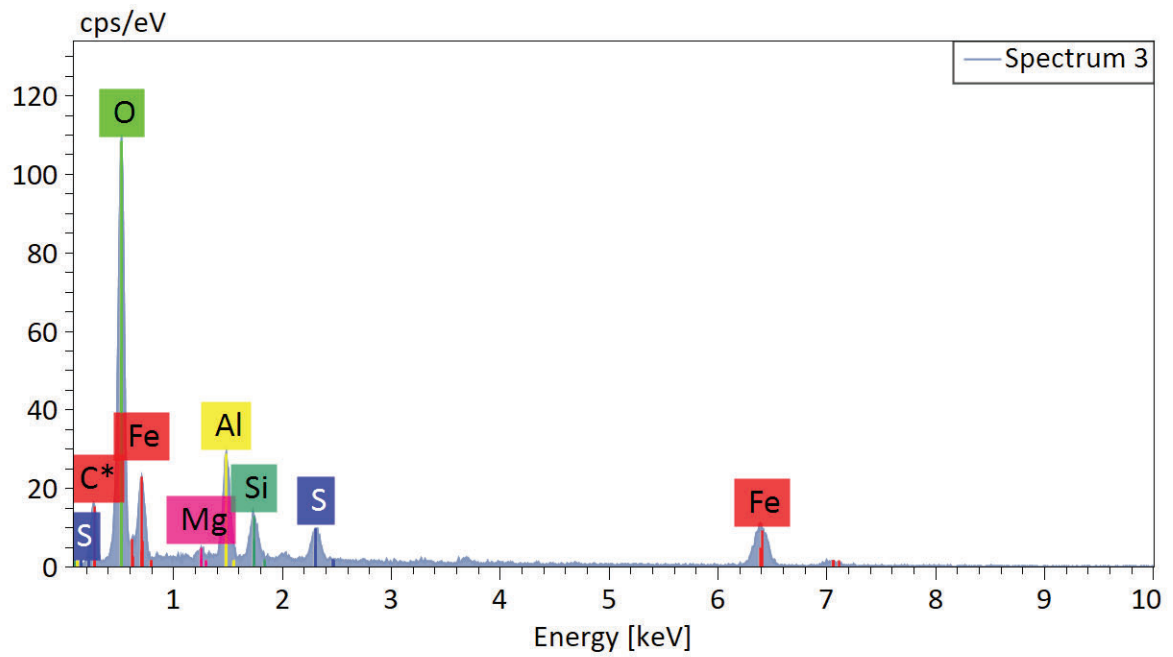
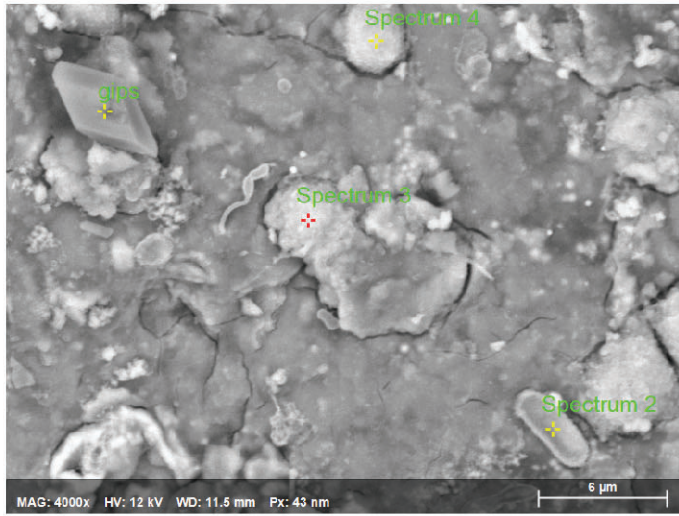
Lok2-1-03



Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe
Spectrum 1	21.97	54.54	0.50	1.43	0.83	2.00		0.73	17.99
Spectrum 2	22.96	55.04	0.44	1.24	0.75	1.59		0.73	17.26
Spectrum 3	18.23	50.71	0.70	9.29	14.29	0.99	3.05		2.73
Spectrum 4	26.93	49.60		2.19	1.84	1.97			17.47
Spectrum 5	25.65	51.83		2.16	1.42	2.19			16.75
Mean	<b>23.15</b>	<b>52.34</b>	<b>0.55</b>	<b>3.26</b>	<b>3.83</b>	<b>1.75</b>	<b>3.05</b>	<b>0.73</b>	<b>14.44</b>
Sigma	<b>3.40</b>	<b>2.37</b>	<b>0.14</b>	<b>3.40</b>	<b>5.87</b>	<b>0.48</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>6.56</b>
SigmaMean	<b>1.52</b>	<b>1.06</b>	<b>0.06</b>	<b>1.52</b>	<b>2.62</b>	<b>0.21</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.93</b>

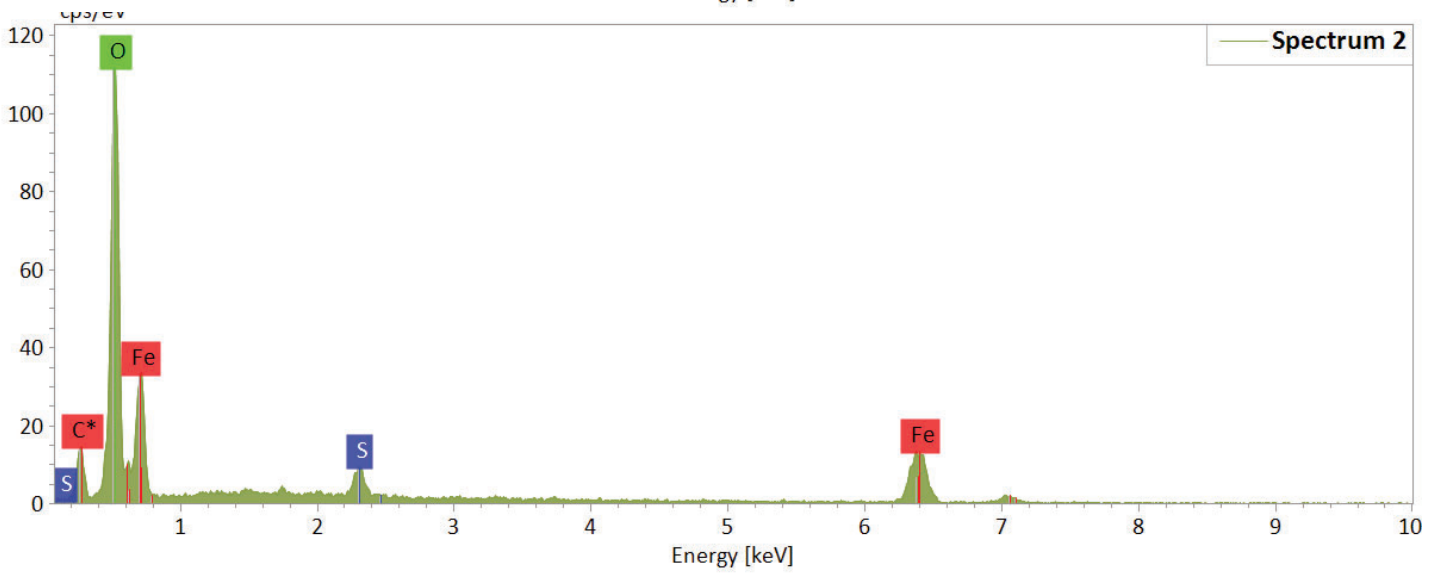
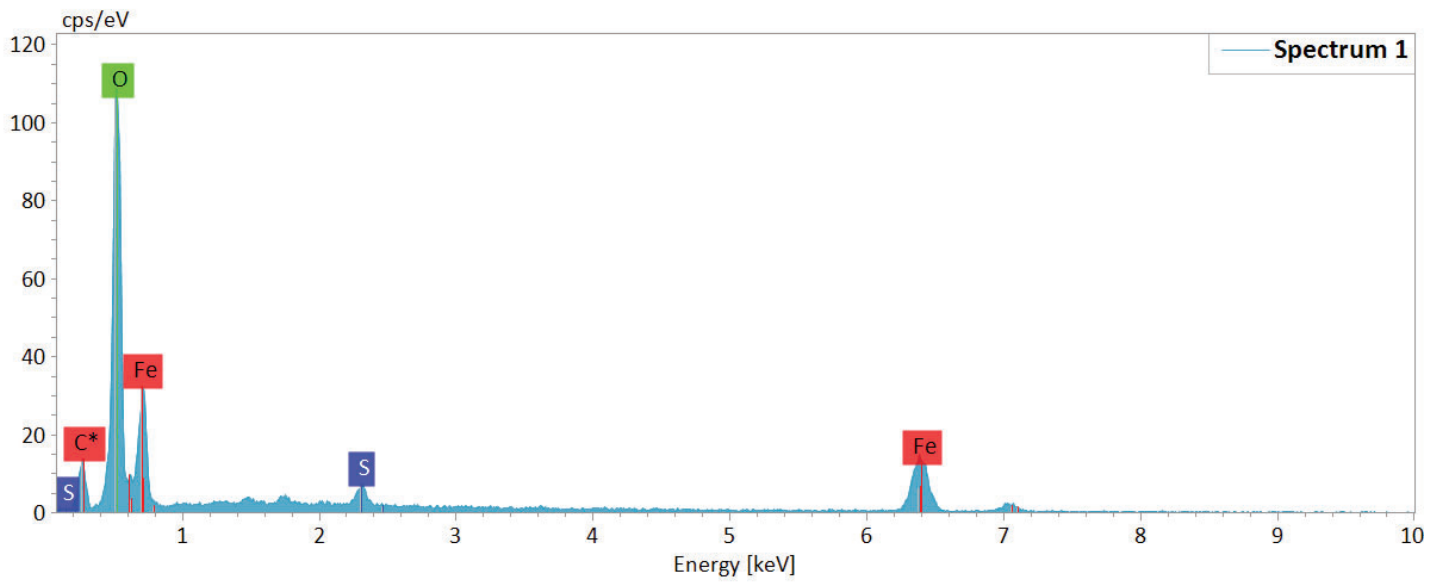
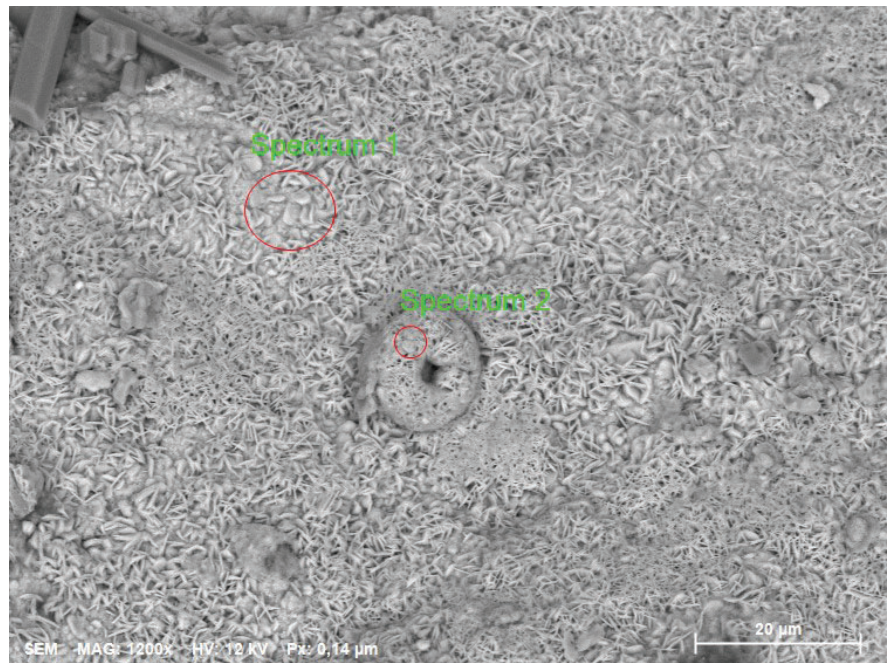
Lok2-1-04



Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe
gips	10.89	64.05		0.57	0.62	10.53		13.33	
Spectrum 2	18.29	52.16		5.70	9.03	1.34	1.53		11.95
Spectrum 3	19.75	55.09	0.40	4.23	2.01	2.11			16.42
Spectrum 4	20.93	54.49		4.04	3.40	1.88			15.26
Mean	<b>17.47</b>	<b>56.45</b>	<b>0.40</b>	<b>3.63</b>	<b>3.76</b>	<b>3.97</b>	<b>1.53</b>	<b>13.33</b>	<b>14.54</b>
Sigma	<b>4.51</b>	<b>5.23</b>	<b>0.00</b>	<b>2.17</b>	<b>3.69</b>	<b>4.39</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.32</b>
SigmaMean	<b>2.26</b>	<b>2.61</b>	<b>0.00</b>	<b>1.09</b>	<b>1.85</b>	<b>2.20</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1.16</b>

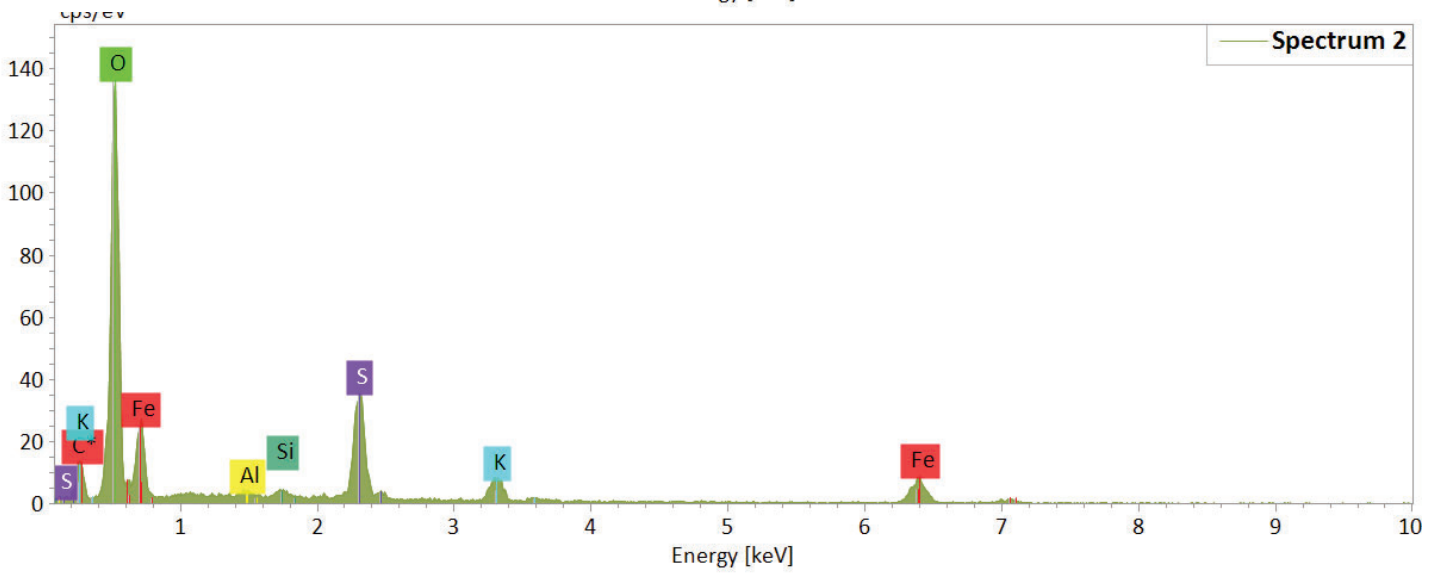
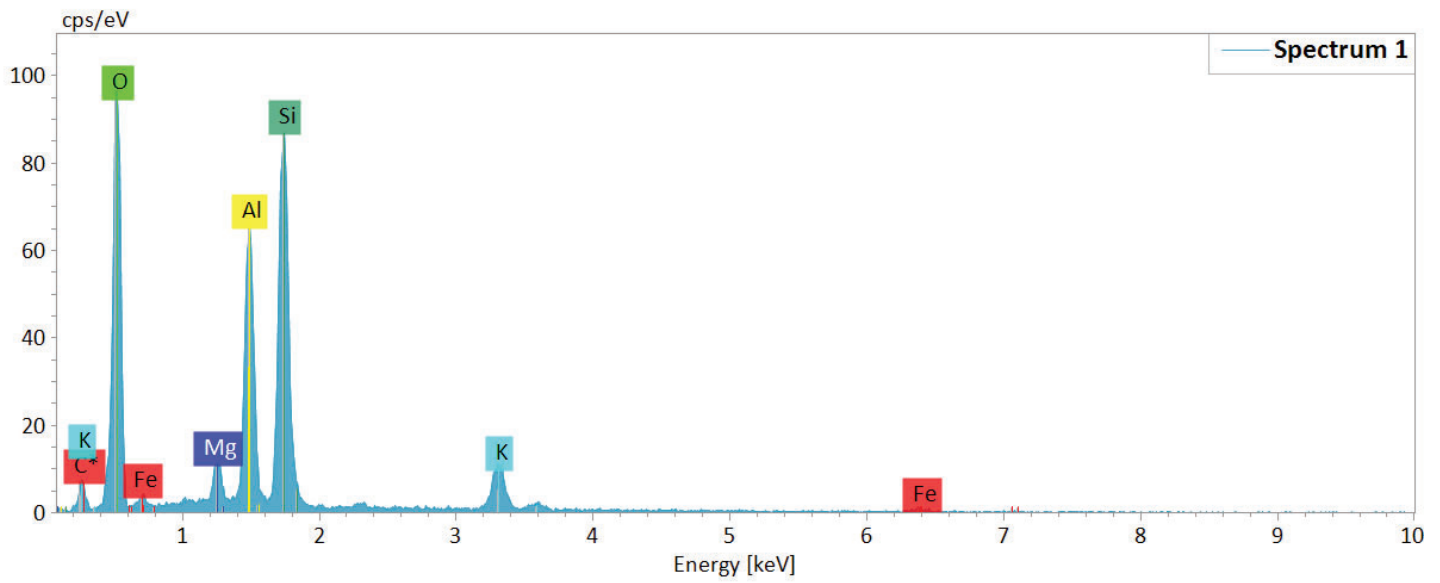
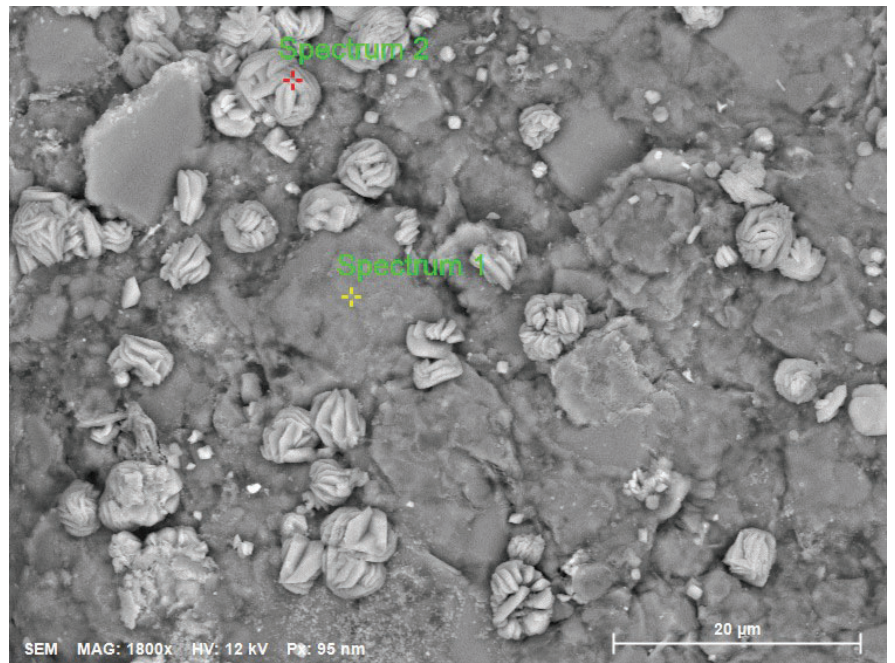
# Lok2-3-01b



## Atomic concentration [%]

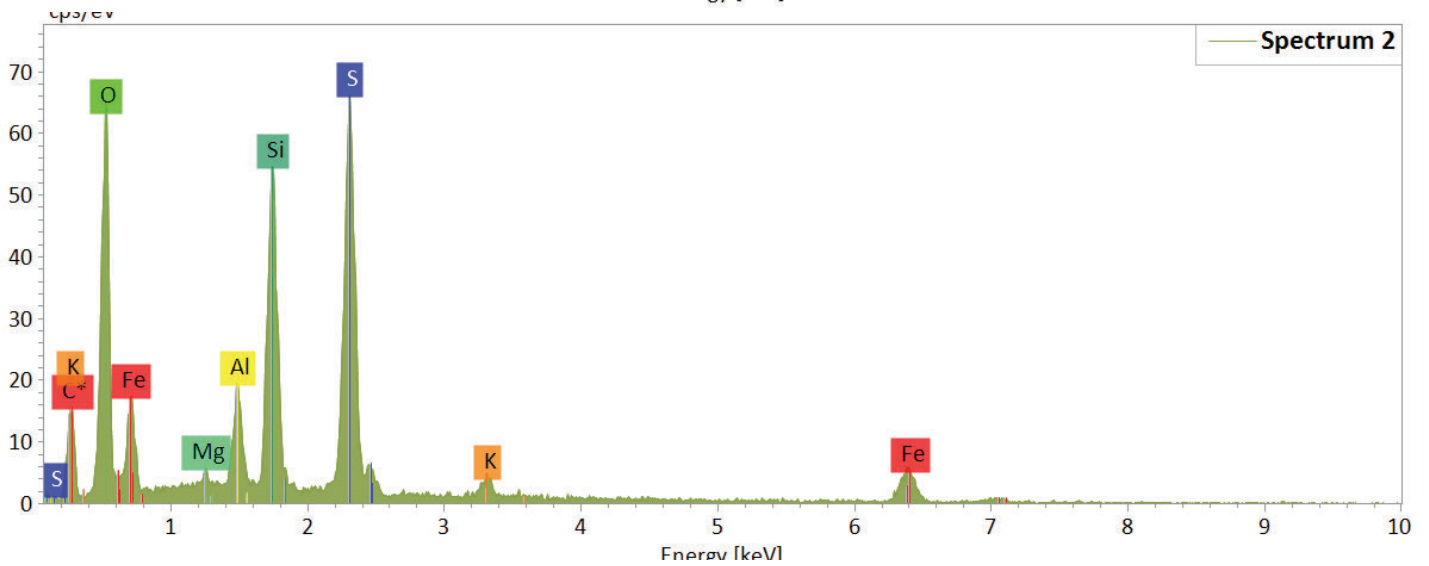
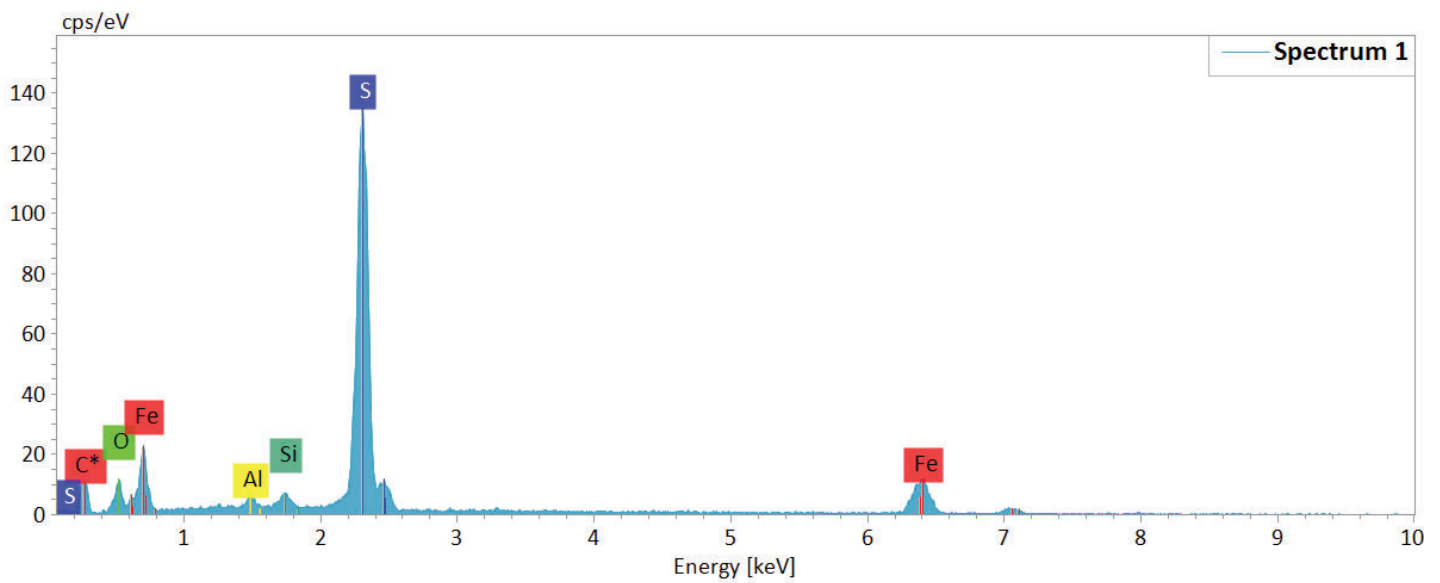
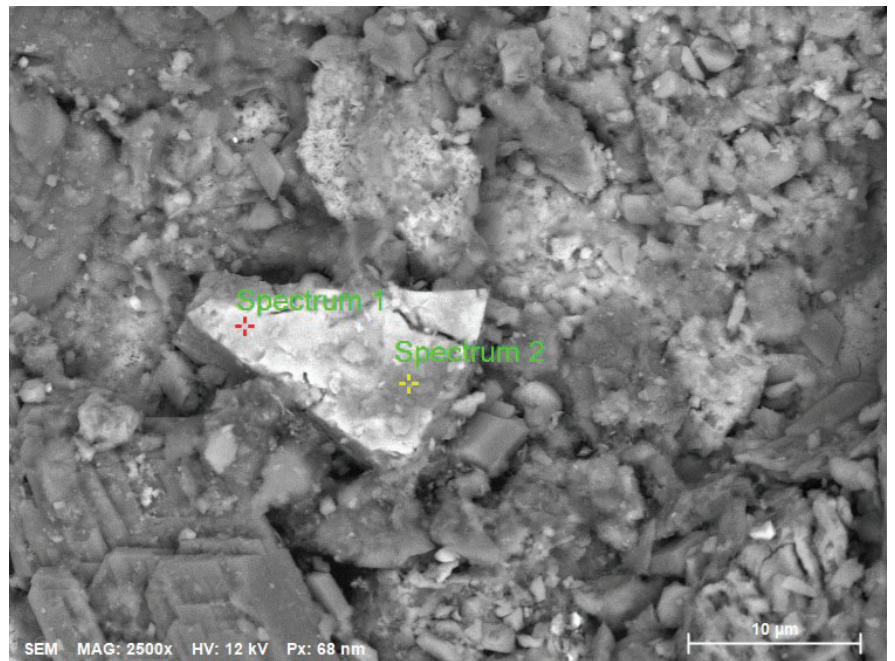
Spectrum	C	O	S	Fe
Spectrum 1	13,5	60,4	1,3	24,7
Spectrum 2	14,5	60,6	1,6	23,3

# Lok2-3-01c



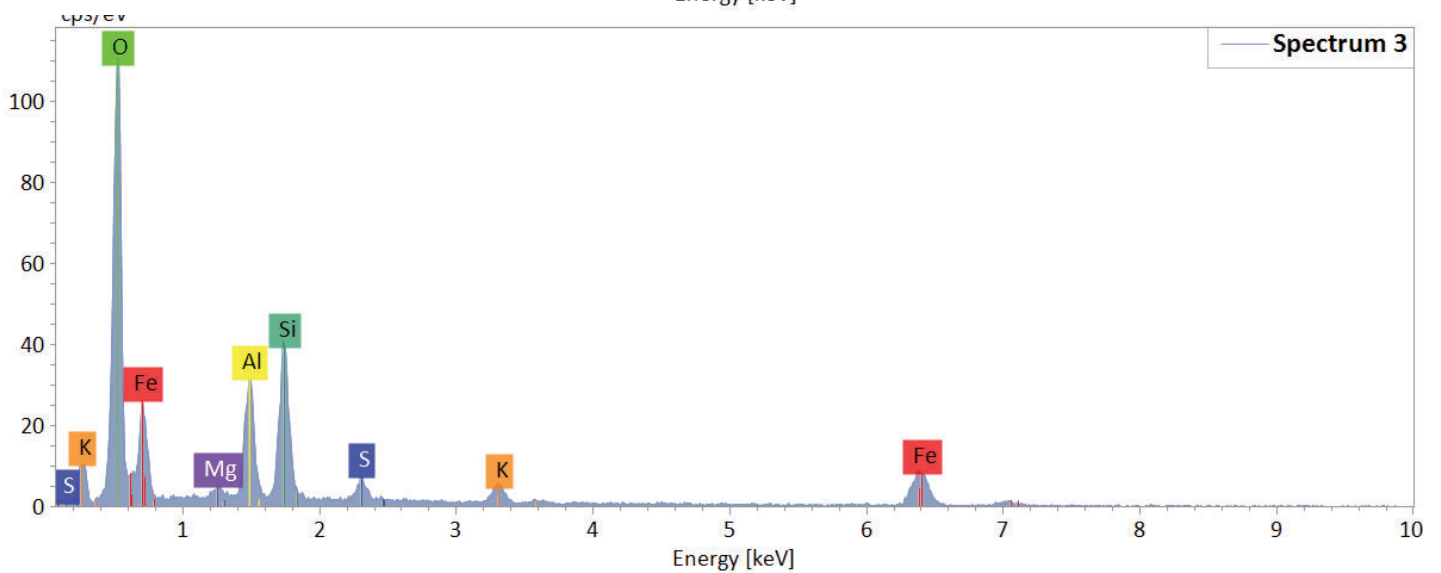
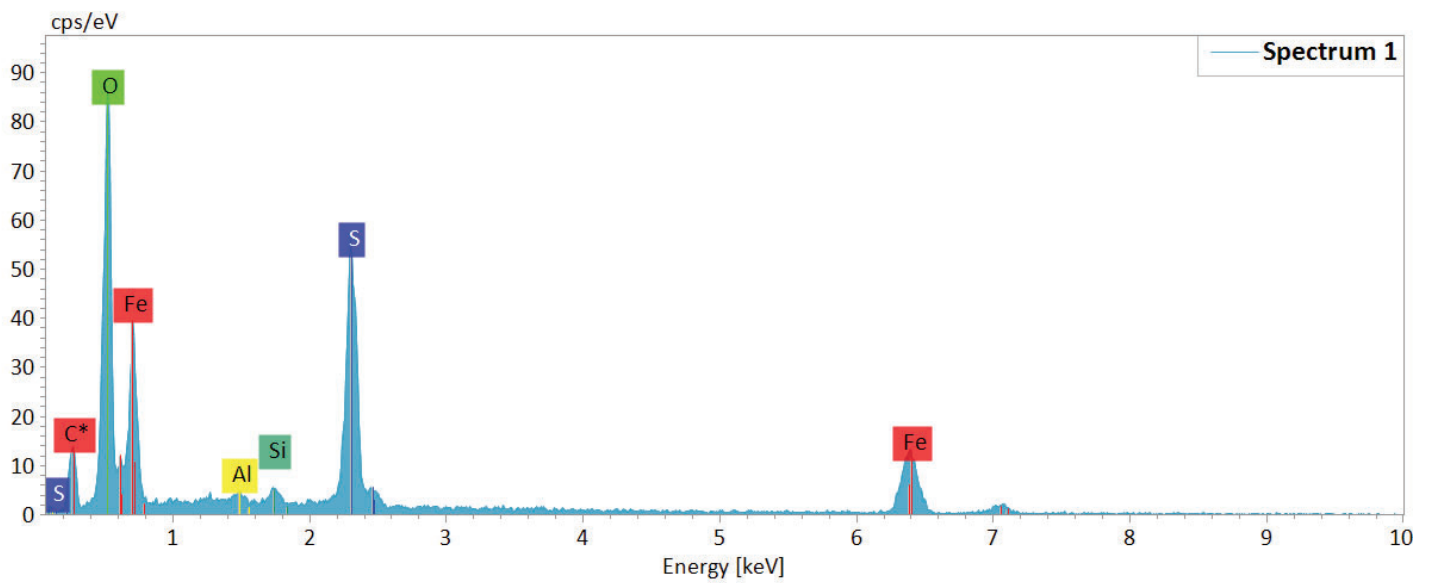
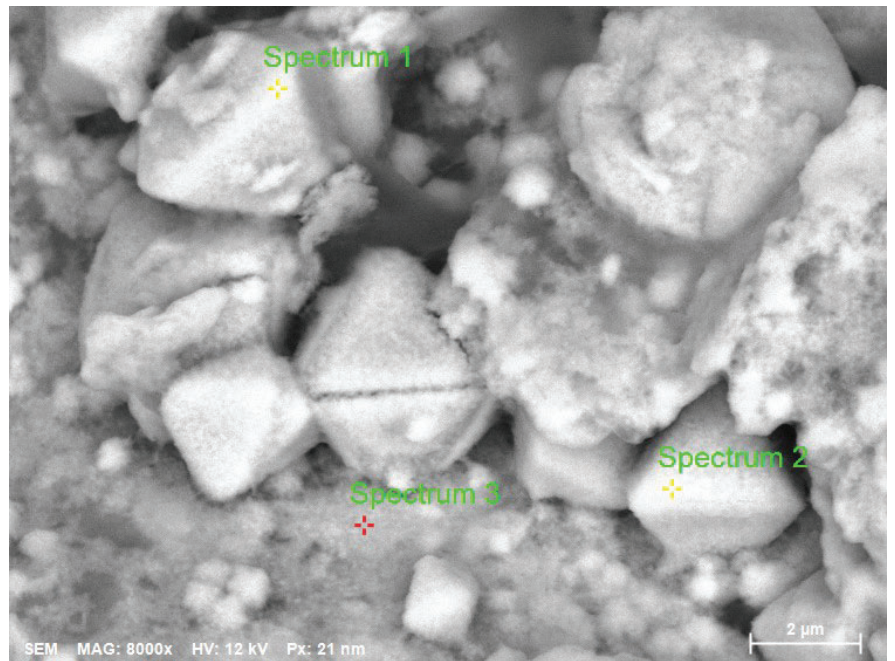
## Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Fe
Spectrum 1	3,6	62,3	1,2	9,3	18,7		3,6	1,3
Spectrum 2	7,4	71,5		0,2	0,4	6,9	2,4	11,2



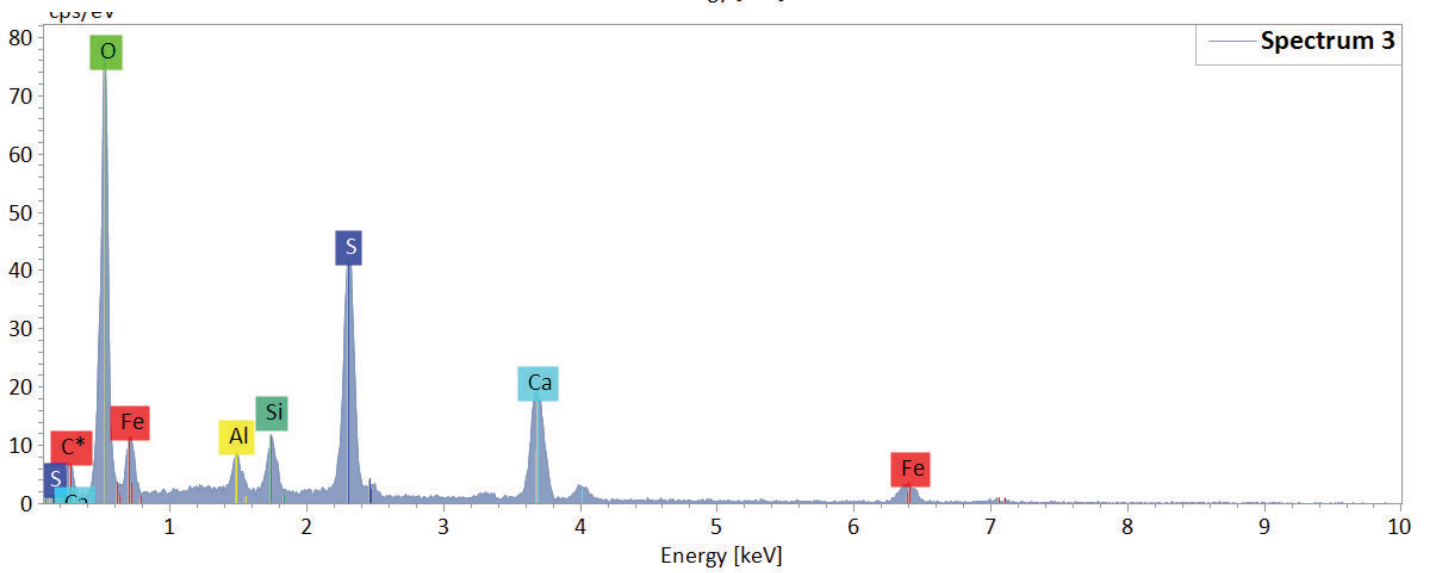
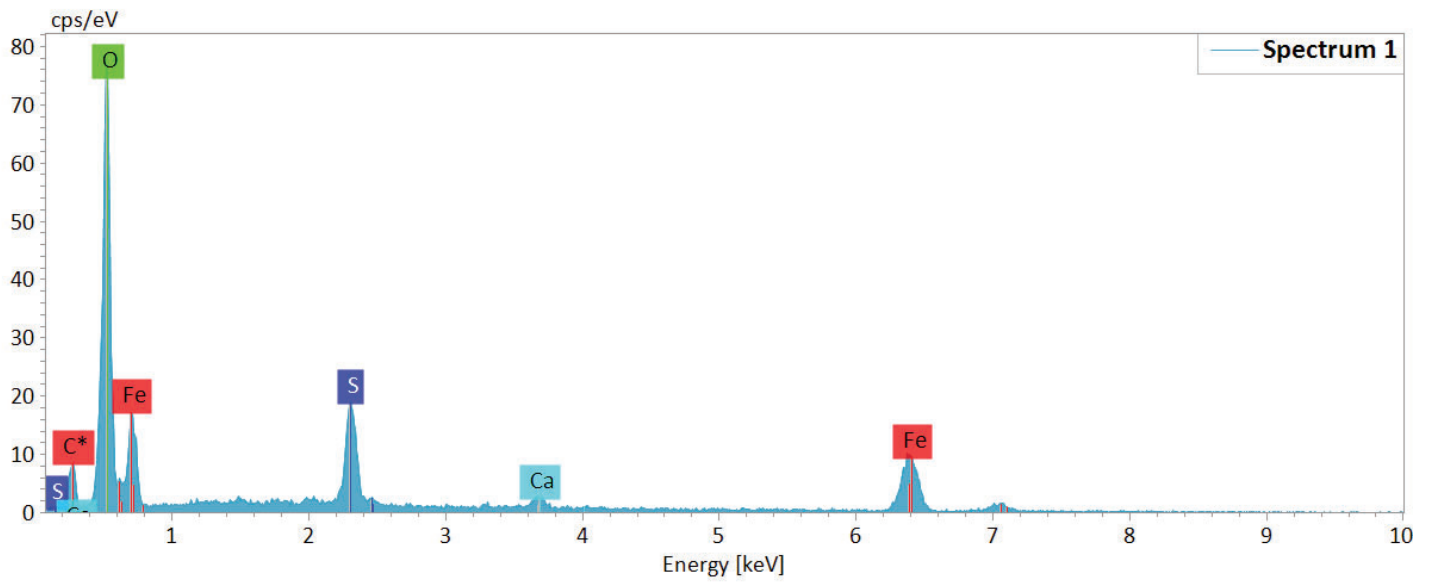
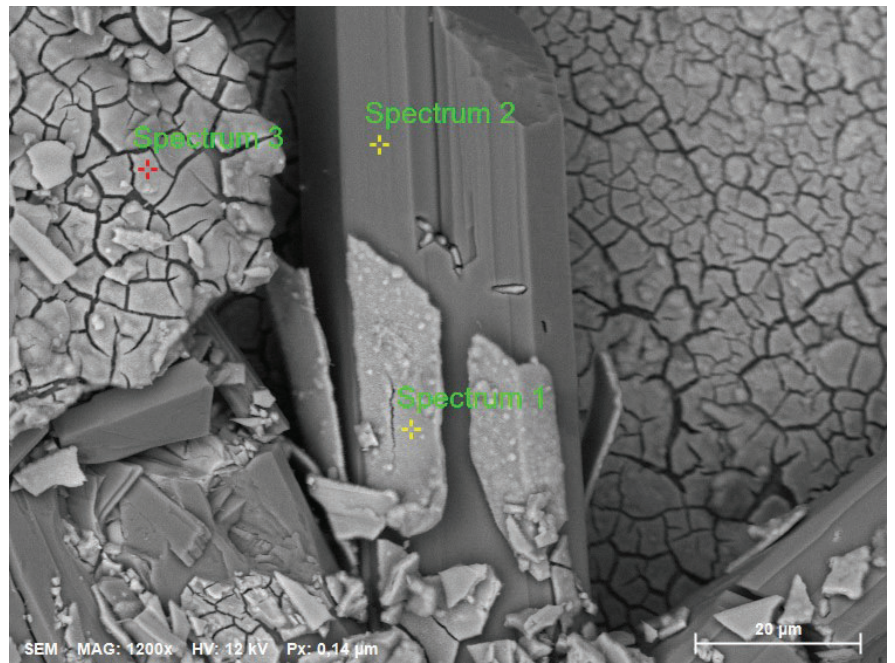
## Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Fe
Spectrum 1	38,1	9,6		0,9	1,6	26,6		23,4
Spectrum 2	18,9	45,6	0,3	2,4	9,7	12,9	1,1	9,1



### Atomic concentration [%]

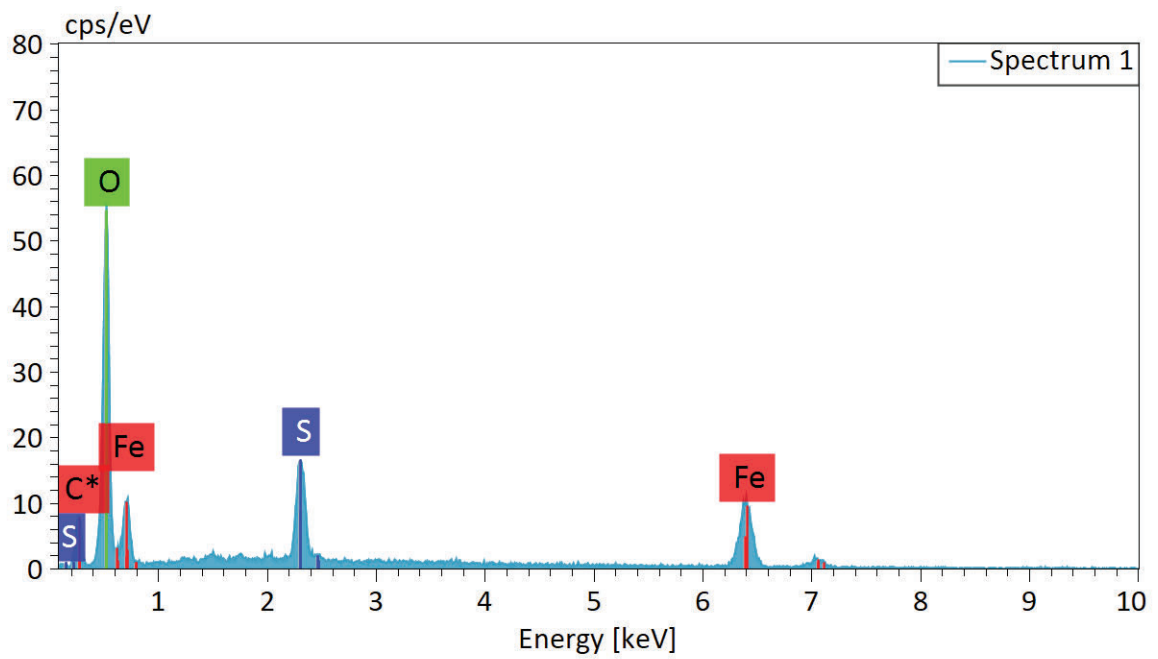
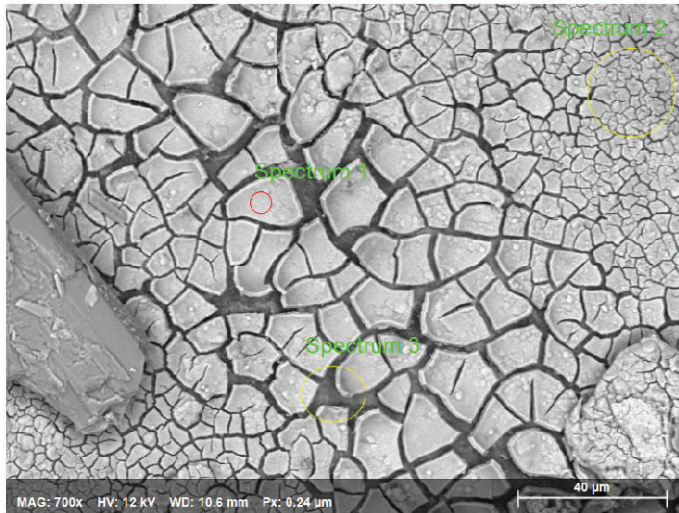
Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Fe
Spectrum 1	19,0	50,0		0,3	0,6	10,1		20,0
Spectrum 2	10,2	48,8		0,6	0,9	10,6		28,9
Spectrum 3		64,9	0,5	6,1	10,1	1,3	1,9	15,2



## Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Al	Si	S	Ca	Fe
Spectrum 1	13,4	59,4			6,1	1,1	20,0
Spectrum 2	2,7	68,4			13,3	15,5	
Spectrum 3	8,1	66,5	1,0	1,8	8,6	7,7	6,3

Lok2-5-01

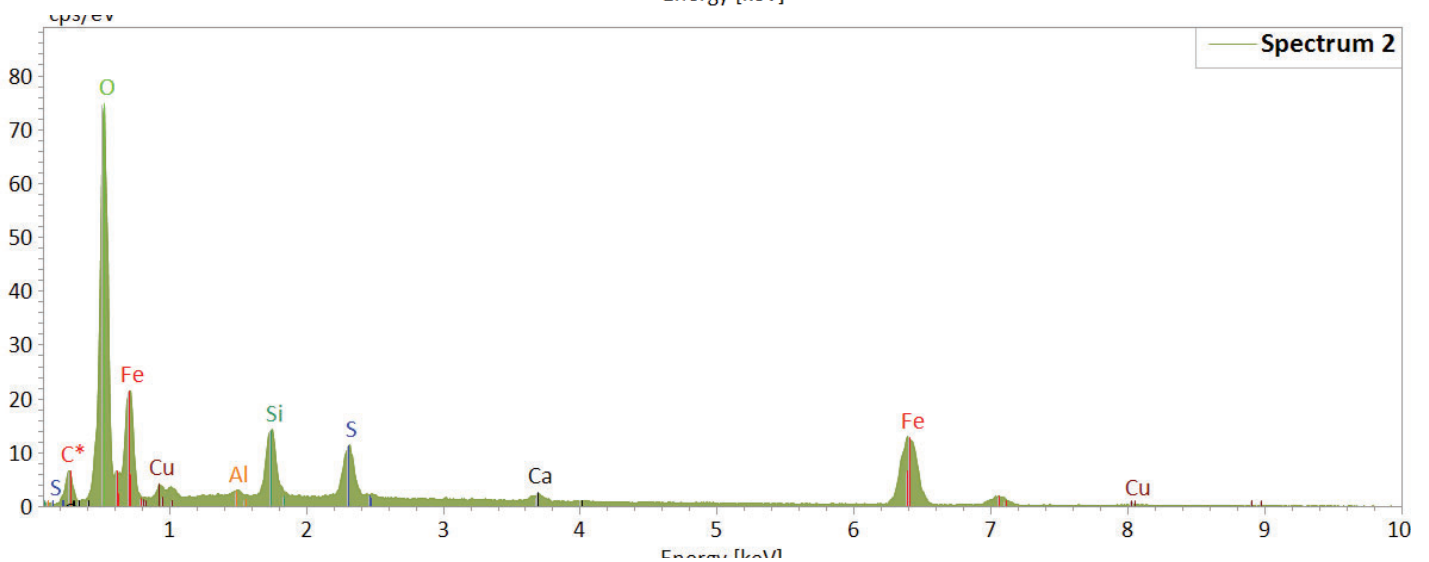
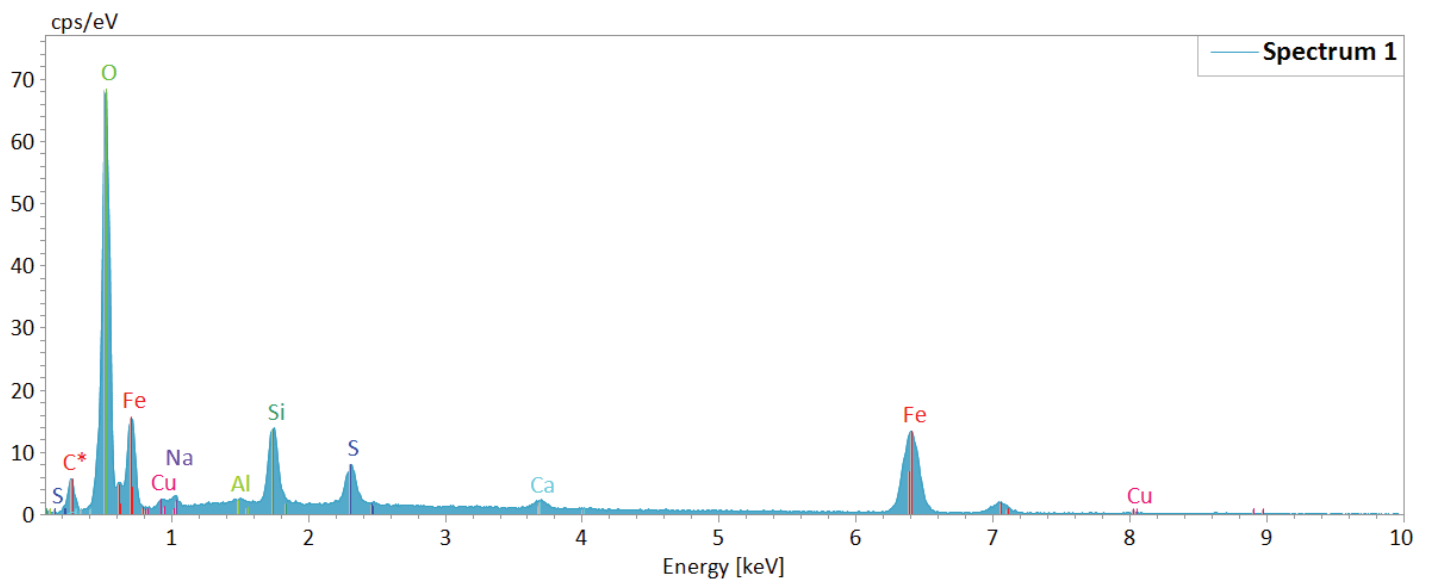
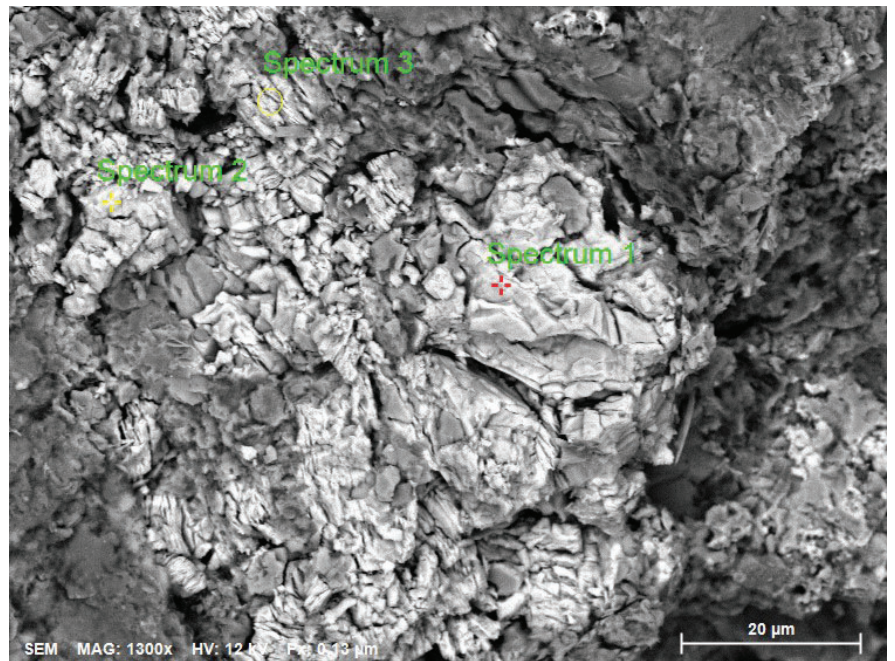


Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ti	Fe
Spectrum 1	18.45	49.47				7.03			25.04
Spectrum 2	14.10	59.61		3.57	6.03	3.36	1.16	0.41	11.77
Spectrum 3	9.62	59.58	0.82	2.27	8.62	3.74	0.59		14.76
Mean	<b>14.06</b>	<b>56.22</b>	<b>0.82</b>	<b>2.92</b>	<b>7.33</b>	<b>4.71</b>	<b>0.87</b>	<b>0.41</b>	<b>17.19</b>
Sigma	<b>4.42</b>	<b>5.85</b>	<b>0.00</b>	<b>0.92</b>	<b>1.84</b>	<b>2.02</b>	<b>0.40</b>	<b>0.00</b>	<b>6.96</b>
SigmaMean	<b>2.55</b>	<b>3.38</b>	<b>0.00</b>	<b>0.53</b>	<b>1.06</b>	<b>1.17</b>	<b>0.23</b>	<b>0.00</b>	<b>4.02</b>



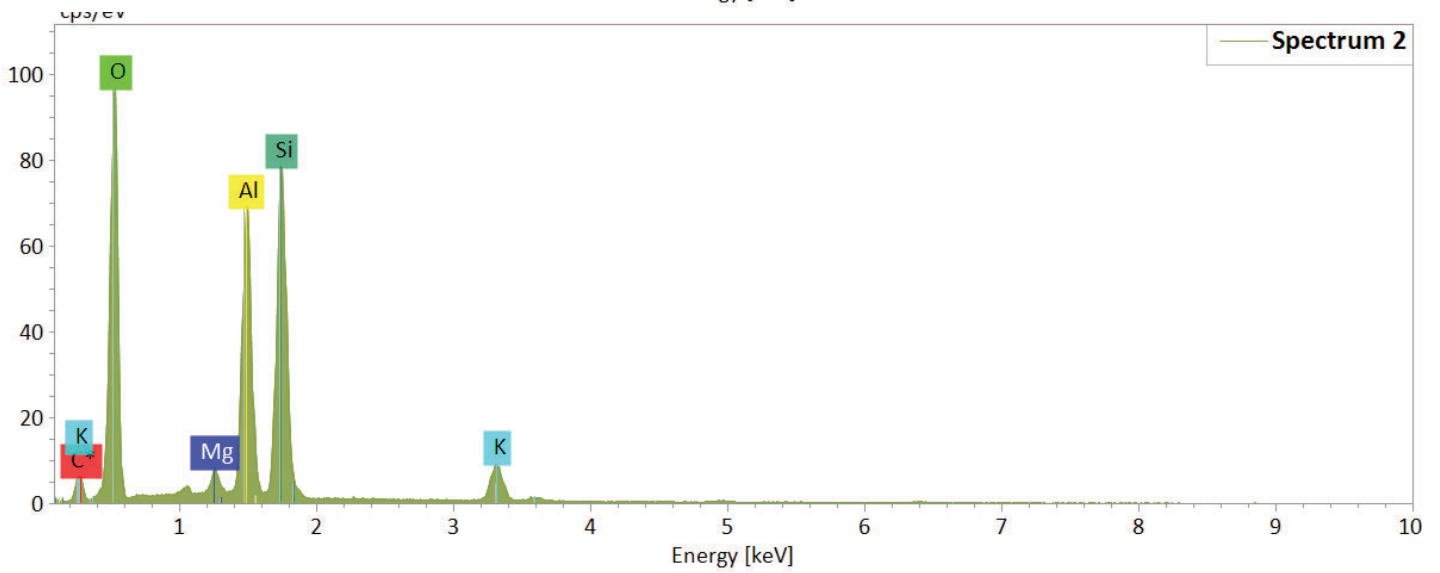
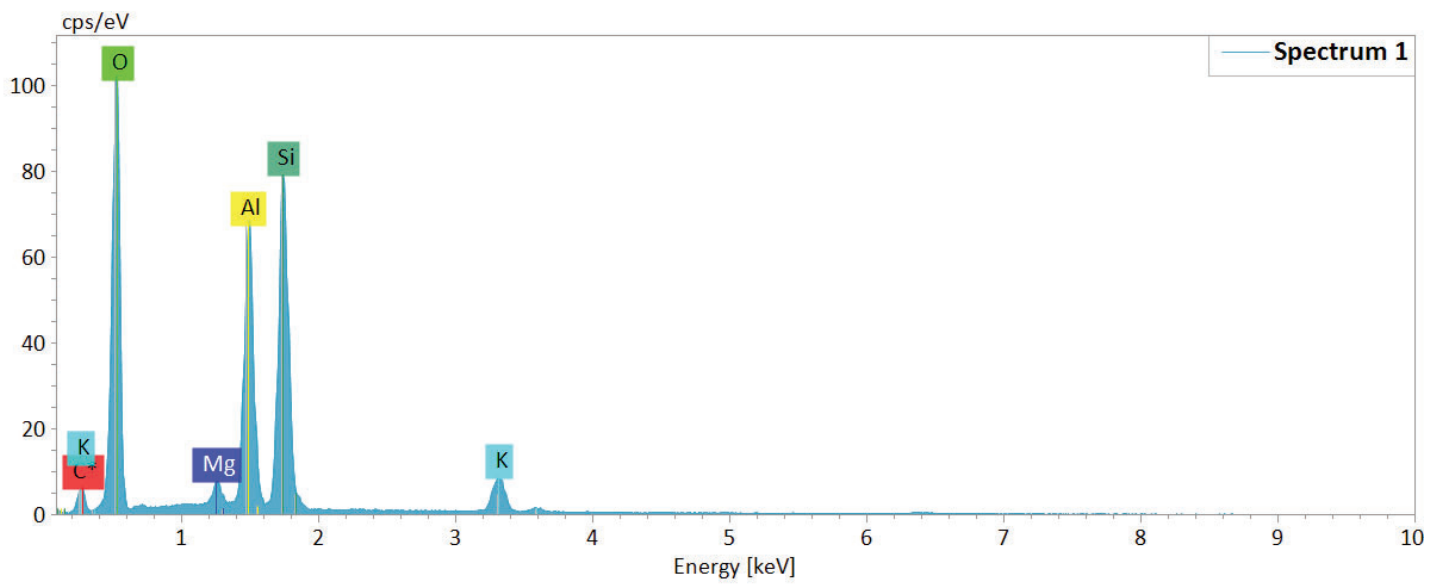
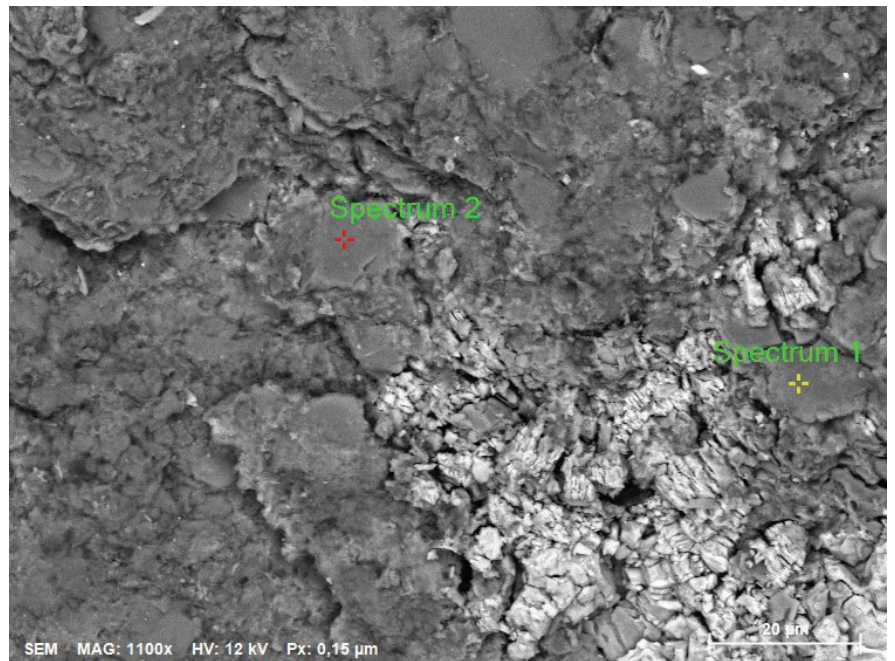
# Lok3-1-1b



## Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Na	Al	Si	S	Ca	Fe	Cu
Spectrum 1	6,7	53,9	0,8	0,2	4,7	2,2	0,8	29,8	0,8
Spectrum 2	8,4	54,6		0,3	4,5	3,2	0,7	26,8	1,4
Spectrum 3	14,1	55,8	0,6	0,4	2,8	2,4	0,5	22,6	0,9

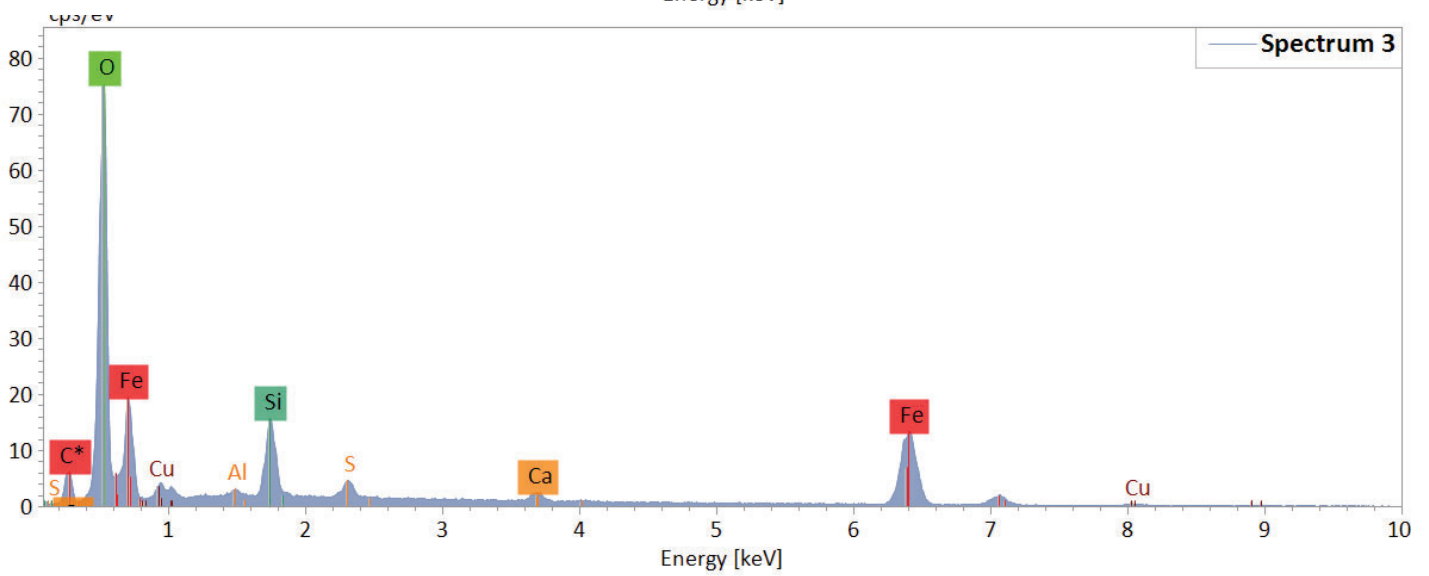
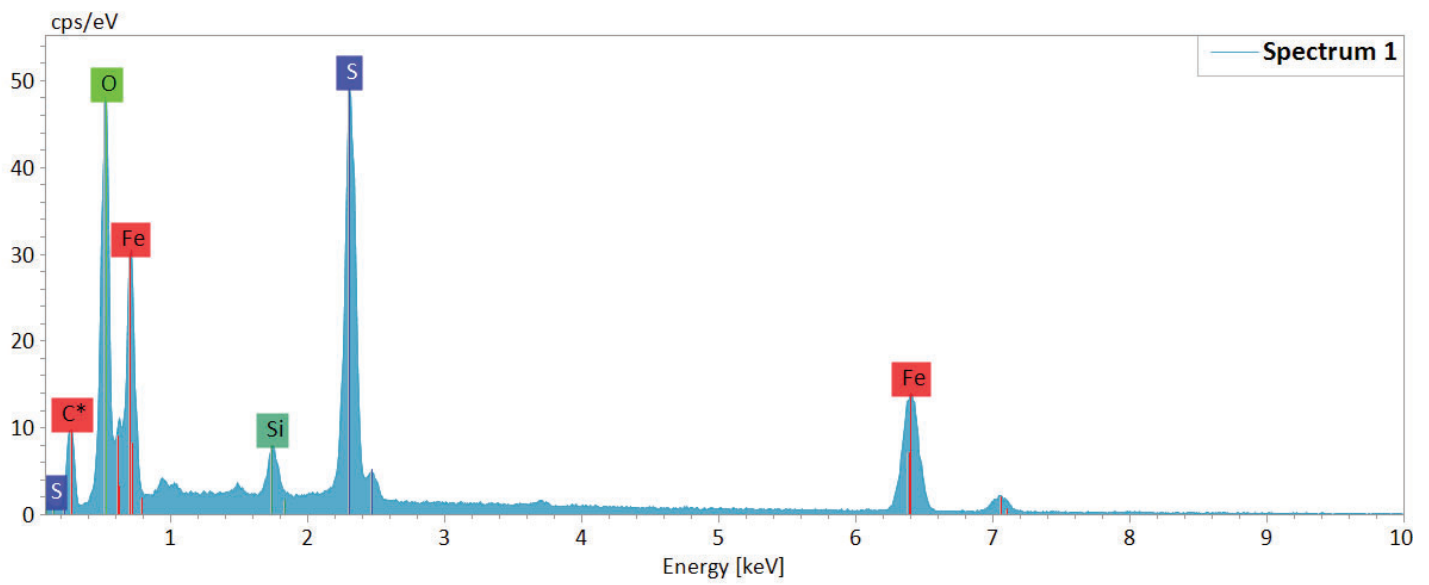
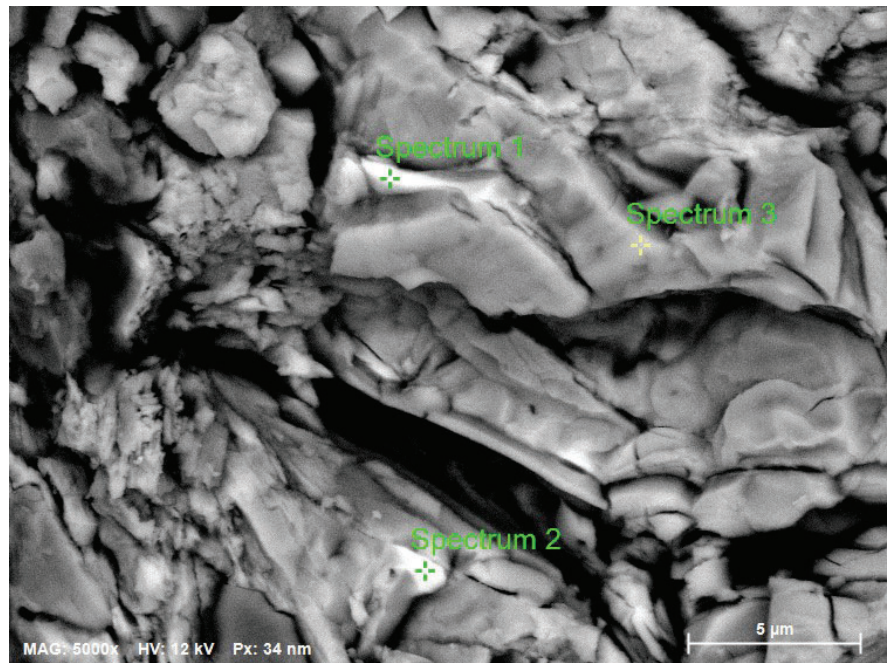
# Lok3-1-1c



## Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	K
Spectrum 1	2,0	65,5	0,8	10,7	17,9	3,1
Spectrum 2	2,4	64,4	0,8	10,7	18,1	3,6

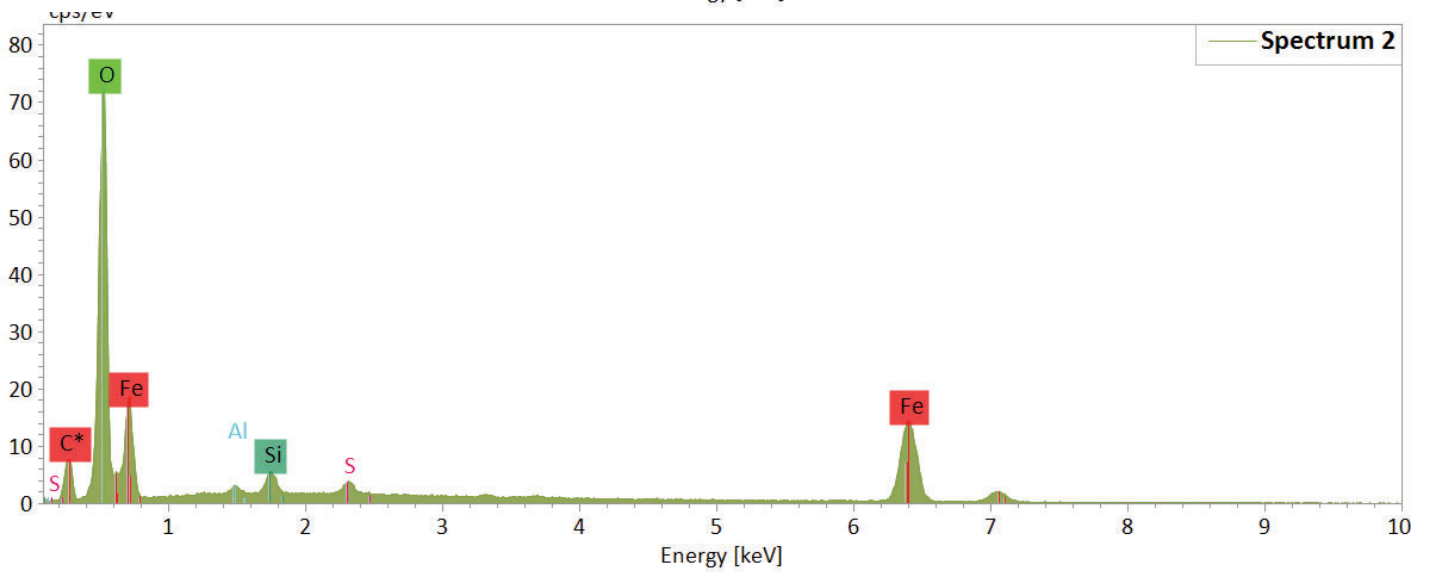
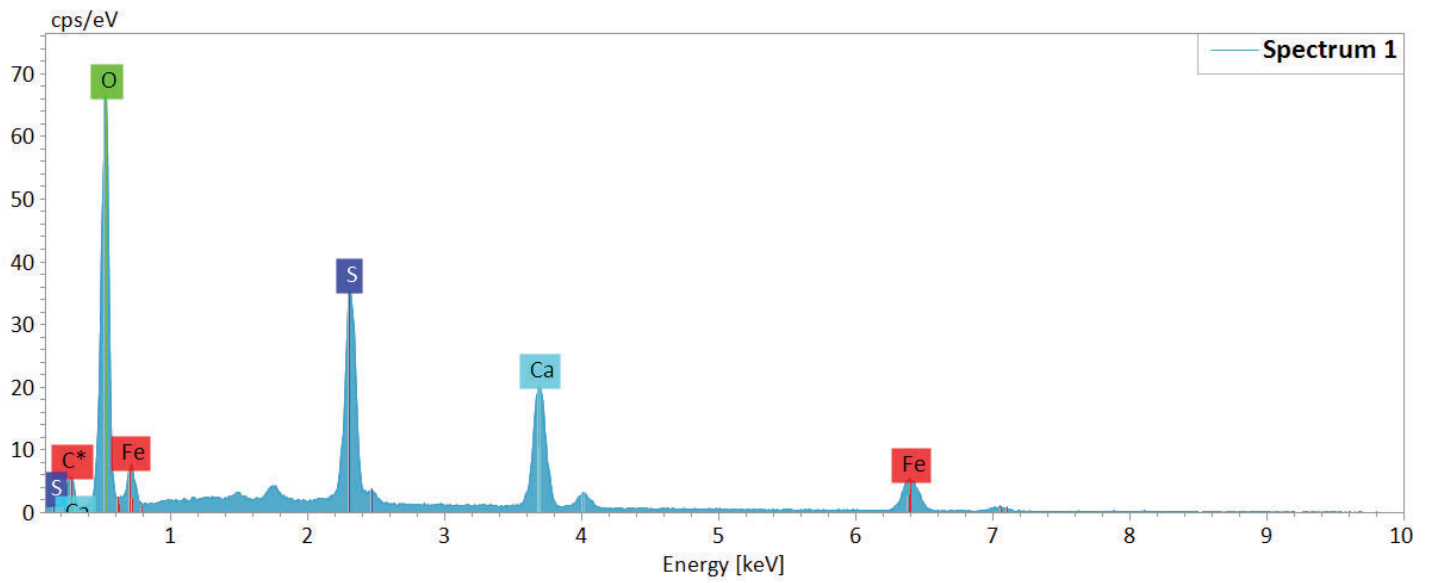
# Lok3-1-1d



## Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	K
Spectrum 1	2,0	65,5	0,8	10,7	17,9	3,1
Spectrum 2	2,4	64,4	0,8	10,7	18,1	3,6

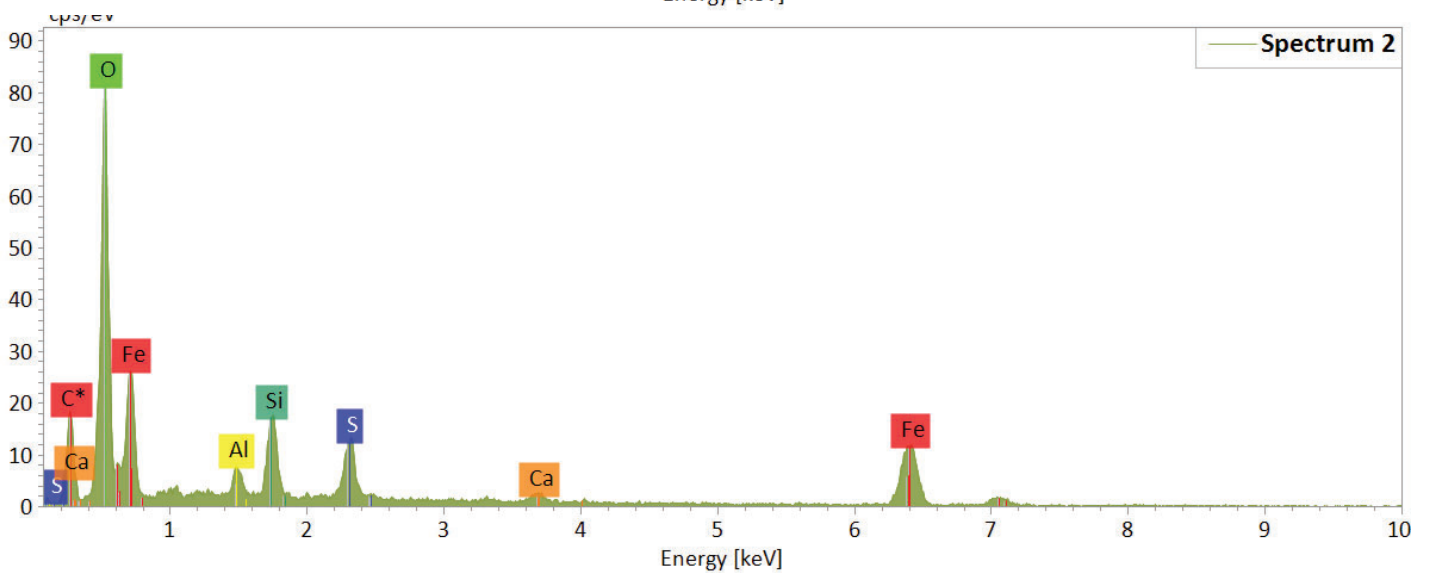
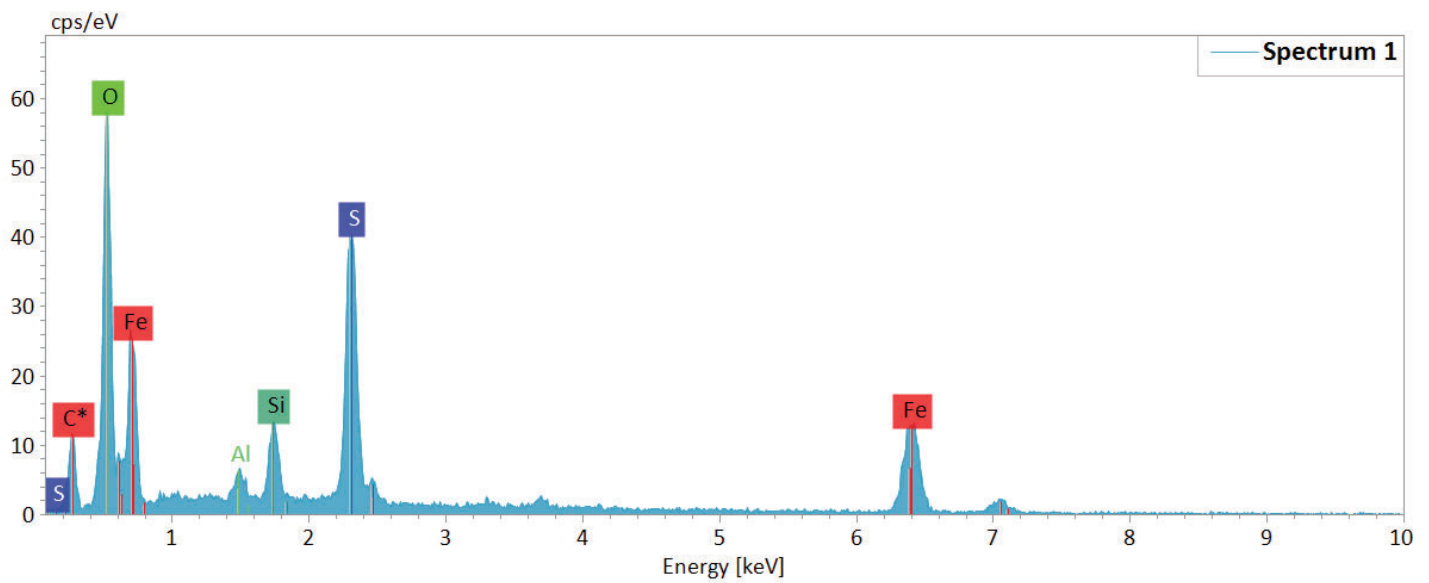
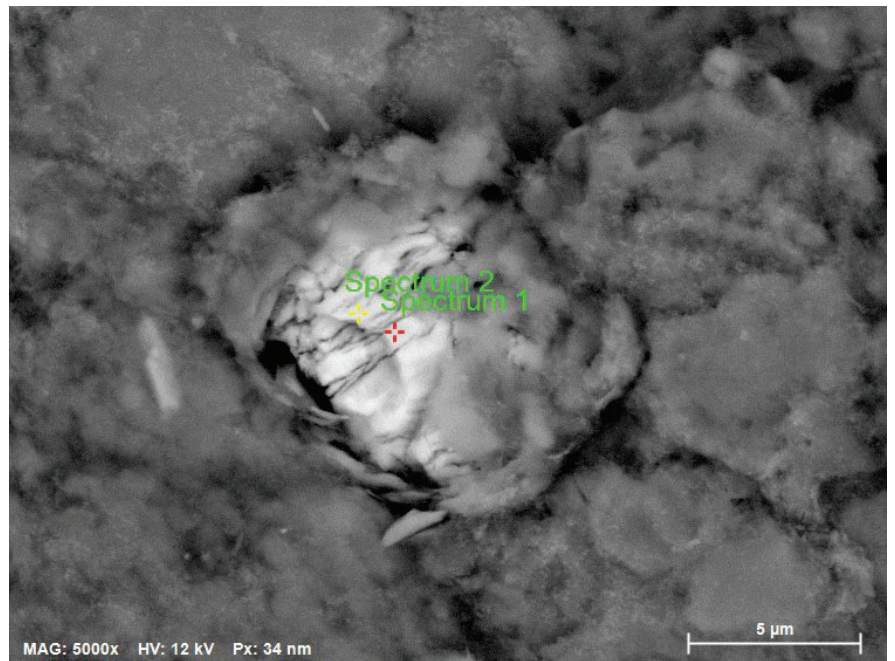
# Lok3-1-2



## Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Al	Si	S	Ca	Fe
Spectrum 1	5,2	66,6			8,7	9,4	10,1
Spectrum 2	10,9	53,7	0,5	1,7	0,7		32,6

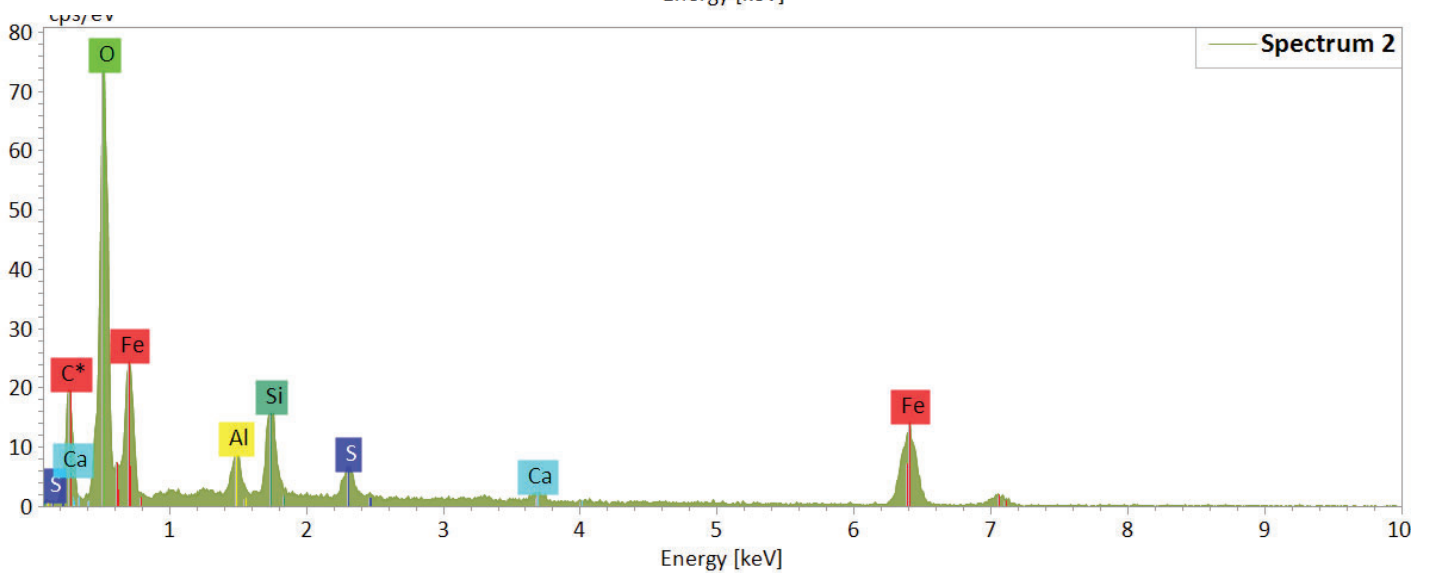
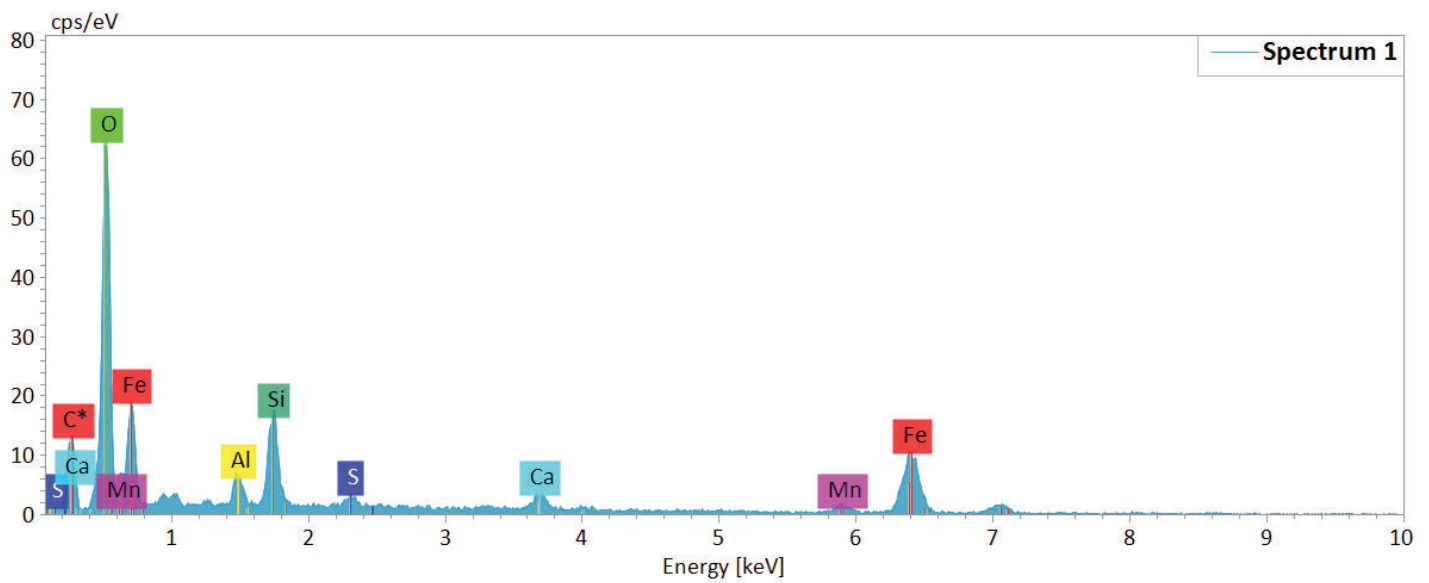
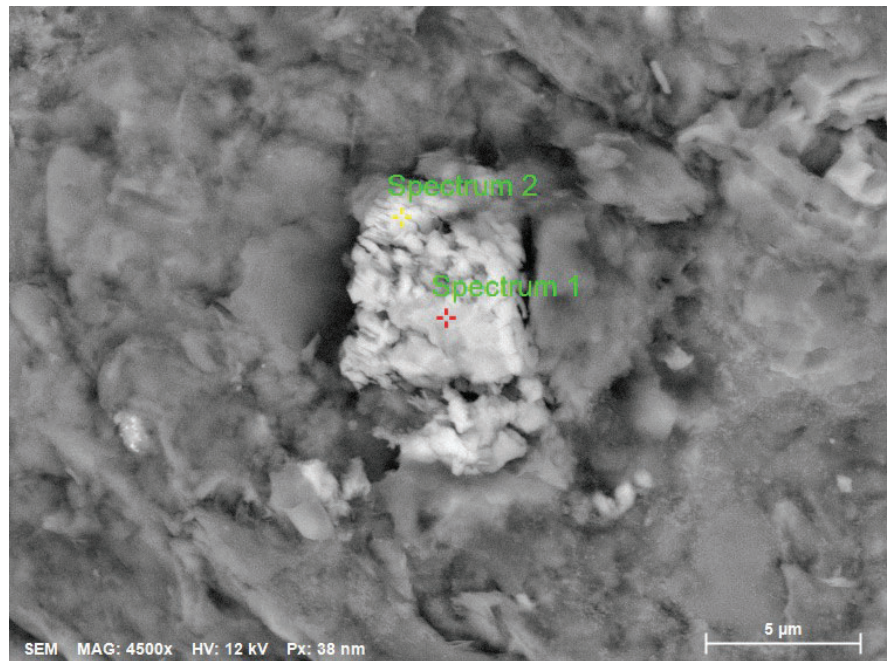
# Lok3-1-3



## Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Al	Si	S	Ca	Fe
Spectrum 1	21,0	41,7	1,0	3,0	9,3		24,0
Spectrum 2	24,6	48,8	1,0	3,4	2,5	0,7	19,0

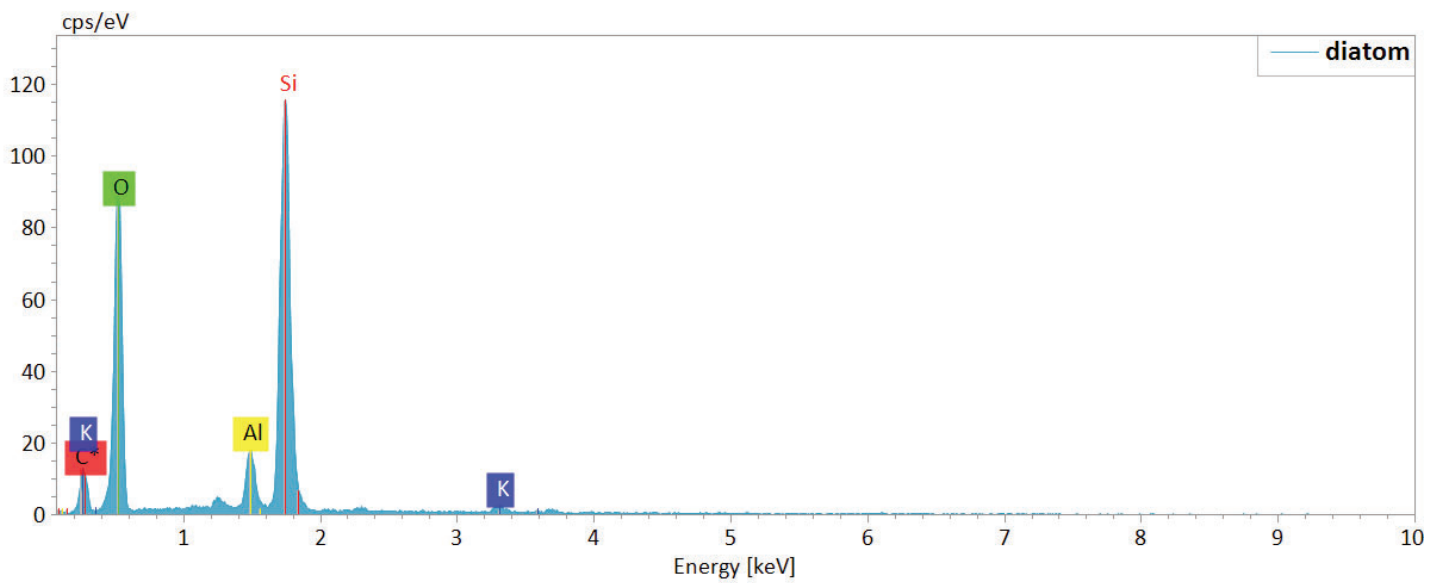
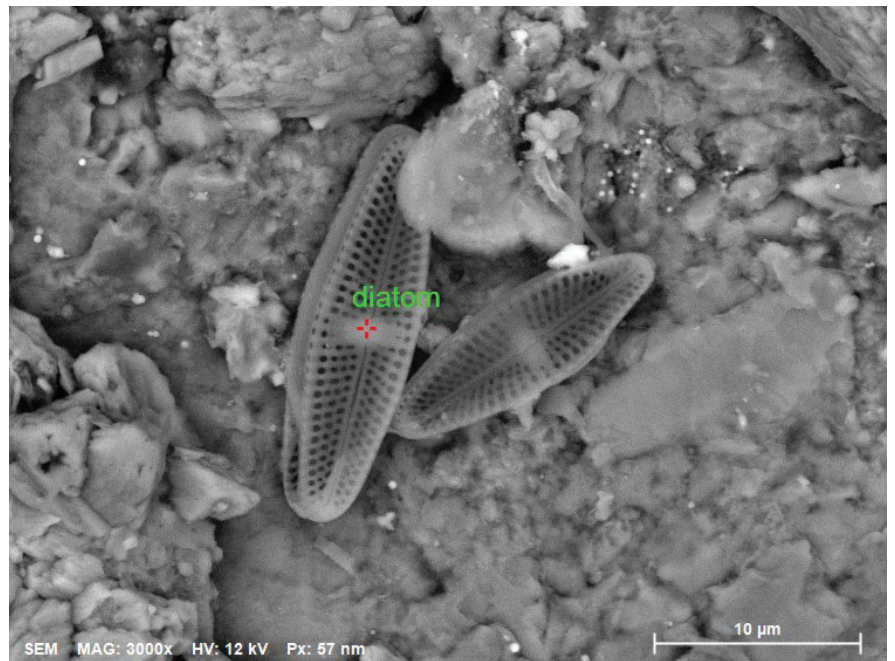
# Lok3-1-4



## Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Al	Si	S	Ca	Mn	Fe
Spectrum 1	21,1	48,0	1,6	5,8	0,6	1,3	1,7	20,1
Spectrum 2	26,8	46,6	1,3	3,4	1,4	0,5		20,0

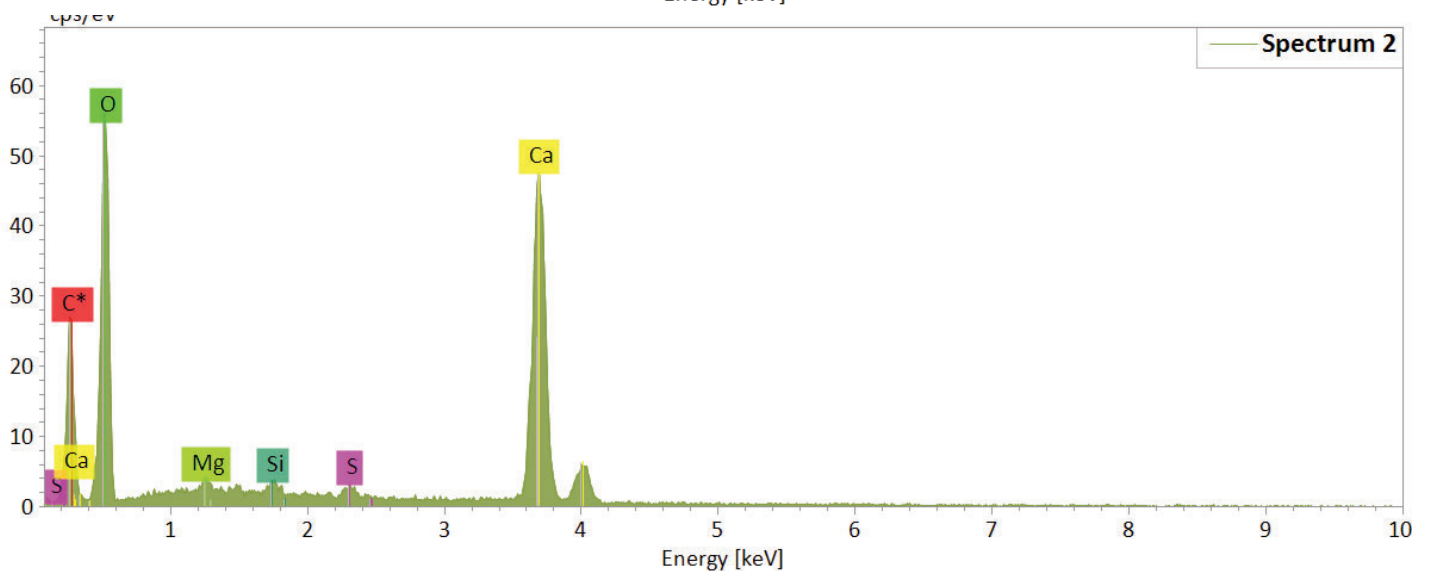
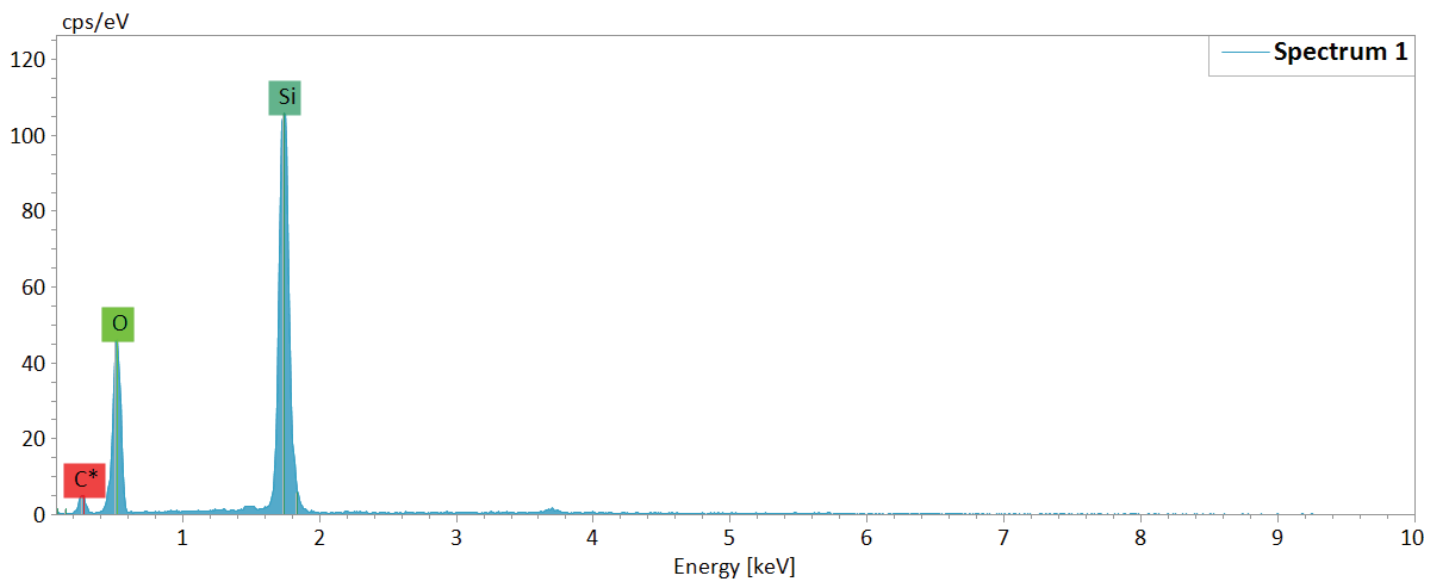
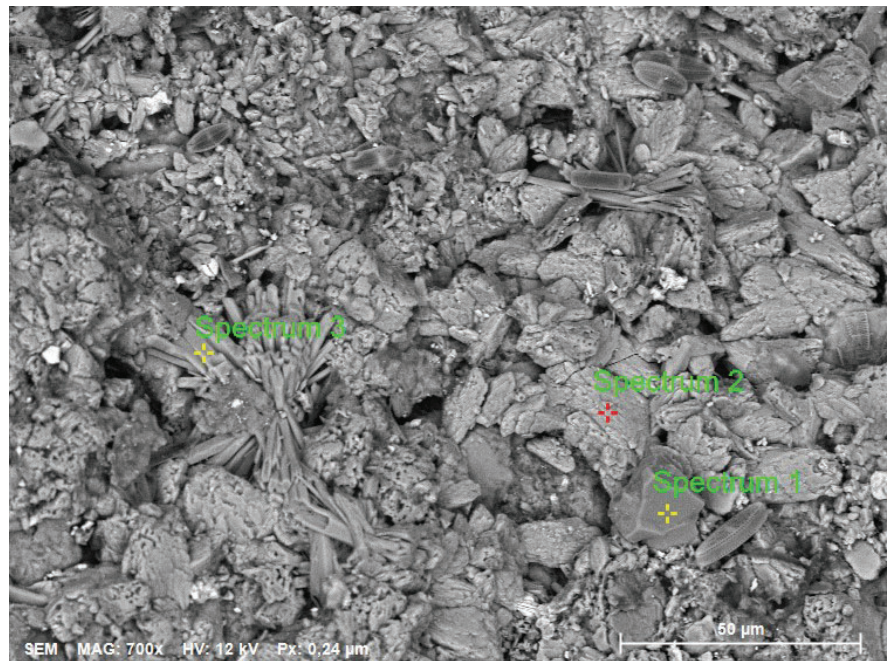
# Lok3-3-01



## diatom

Element	Mass [%]	Atom [%]	abs. error [mass%] (1 $\sigma$ )	rel. error [%] (1 $\sigma$ )
C	8,4	13,5	0,6	7,7
O	49,6	59,7	2,1	4,3
Al	3,3	2,3	0,2	7,1
Si	34,5	23,6	2,2	6,5
K	1,3	0,6	0,1	10,0
Ca	0,7	0,3	0,1	14,4
	<b>97,7</b>	<b>100,0</b>		

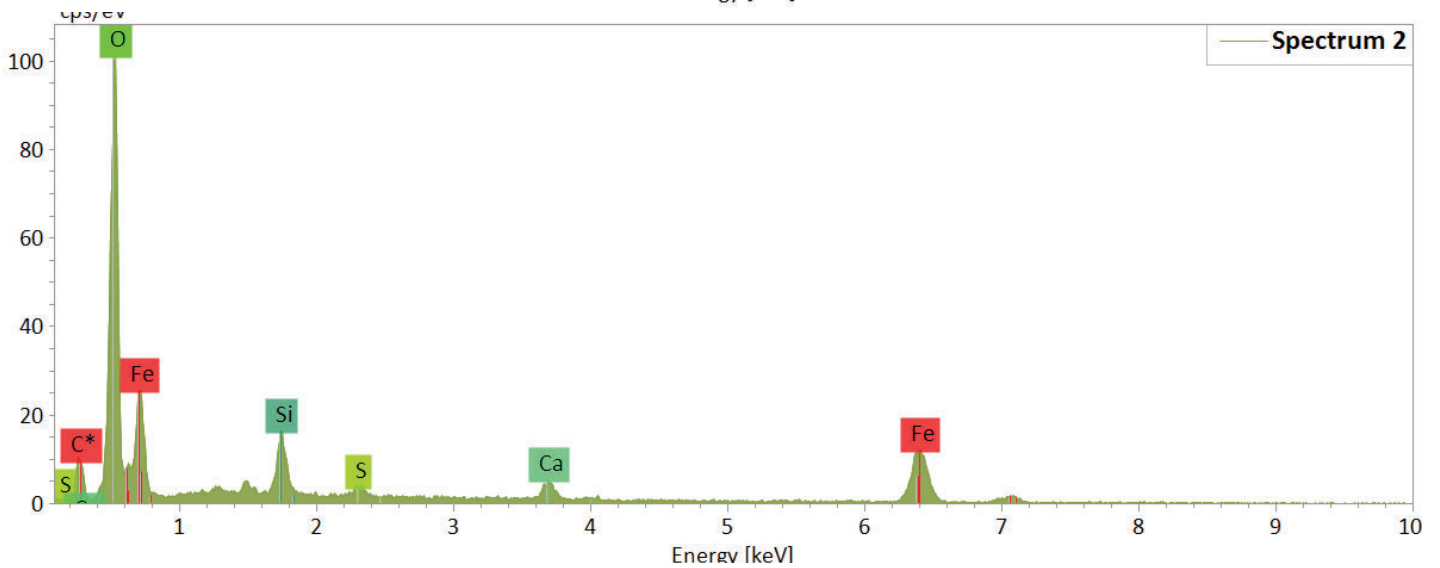
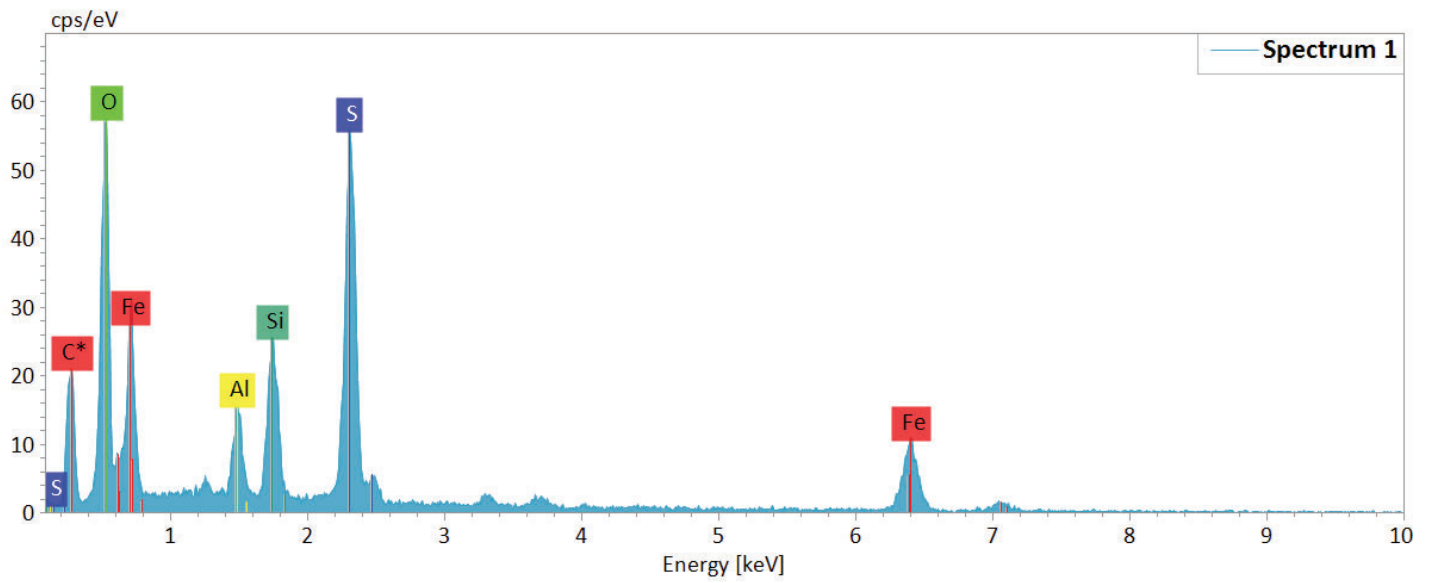
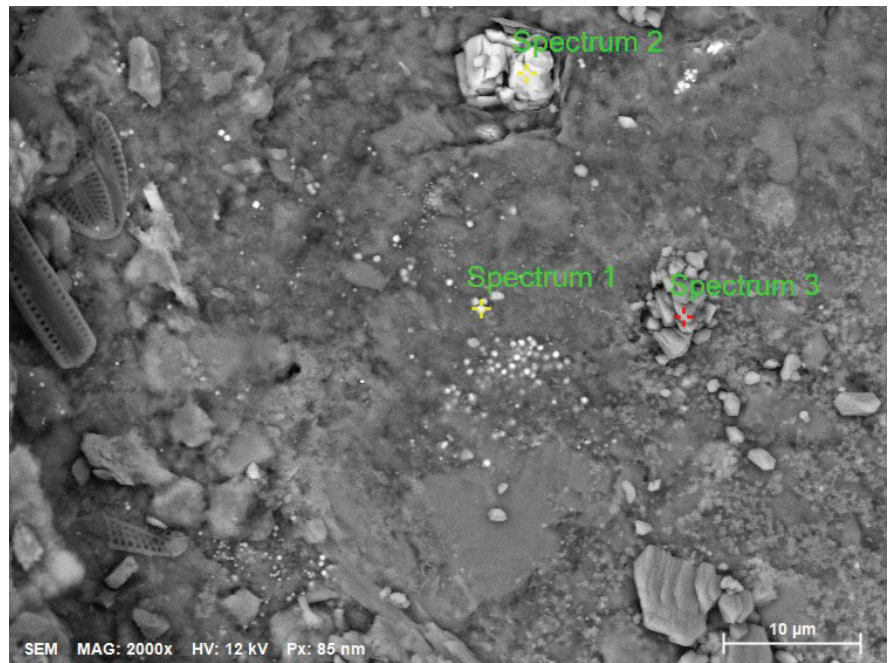
# Lok3-3-03



## Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Mg	Si	S	Ca
Spectrum 1	15,4	52,4		32,2		
Spectrum 2	18,0	63,5	0,3	0,4	0,4	17,5
Spectrum 3	4,5	74,7			9,6	11,2

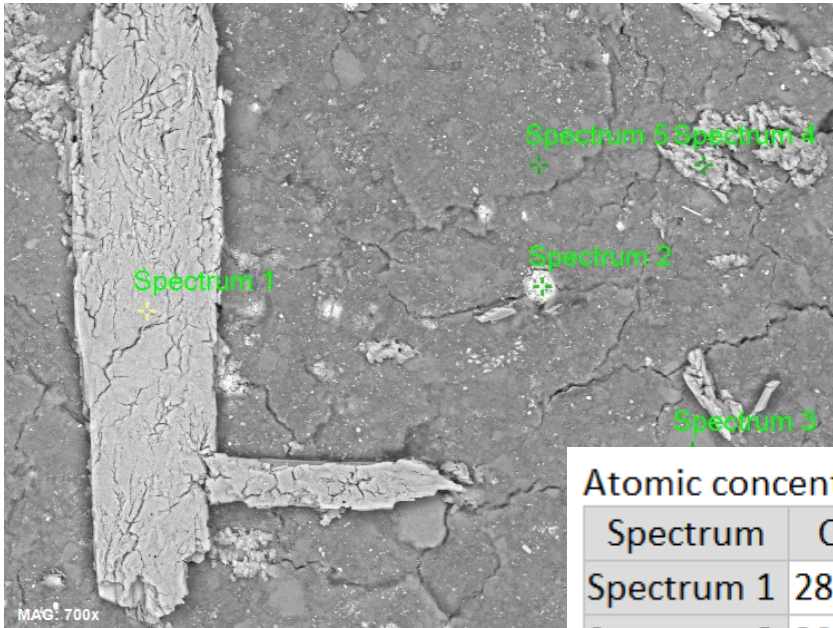




## Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Al	Si	S	Ca	Fe
Spectrum 1	36,0	35,1	2,0	4,6	8,7		13,4
Spectrum 2	11,2	61,8		4,8	0,6	1,9	19,8
Spectrum 3	24,6	62,6	0,4	0,8		11,6	

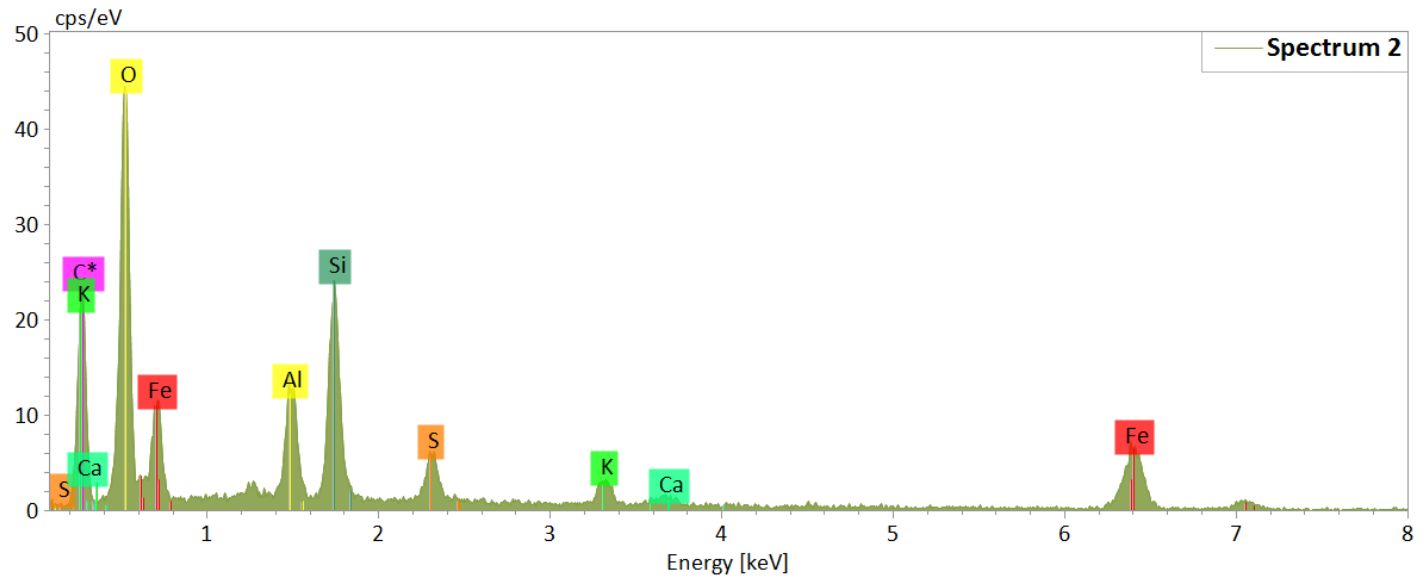
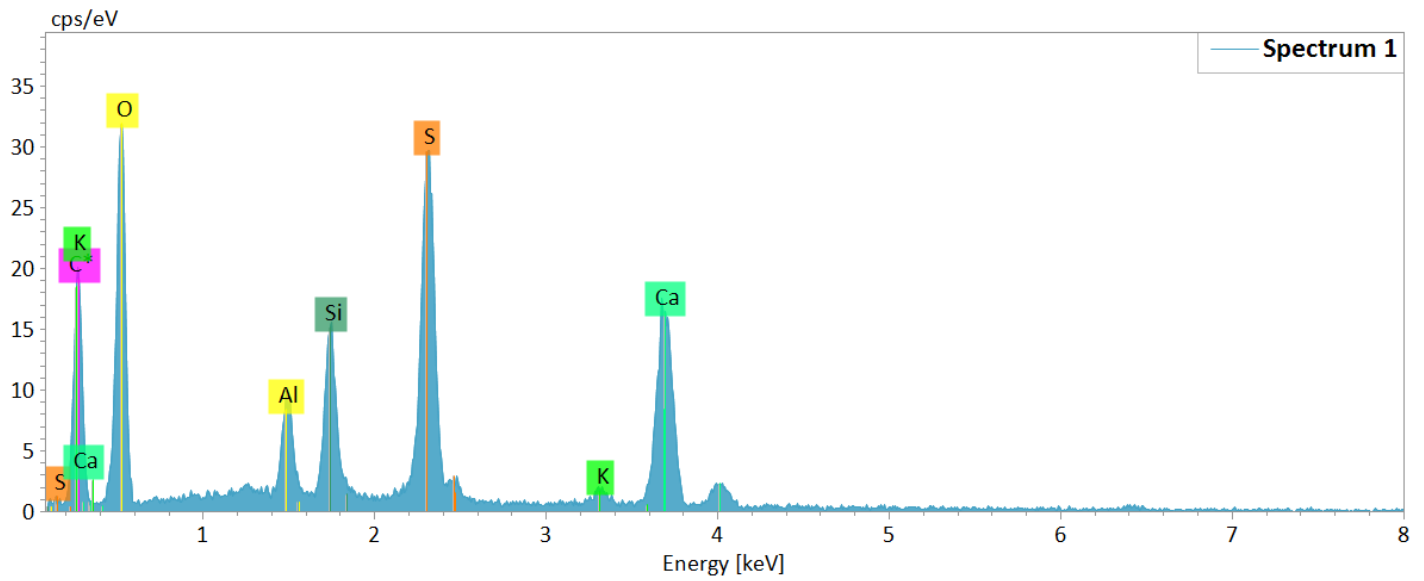
### Kistefoss1 -1b



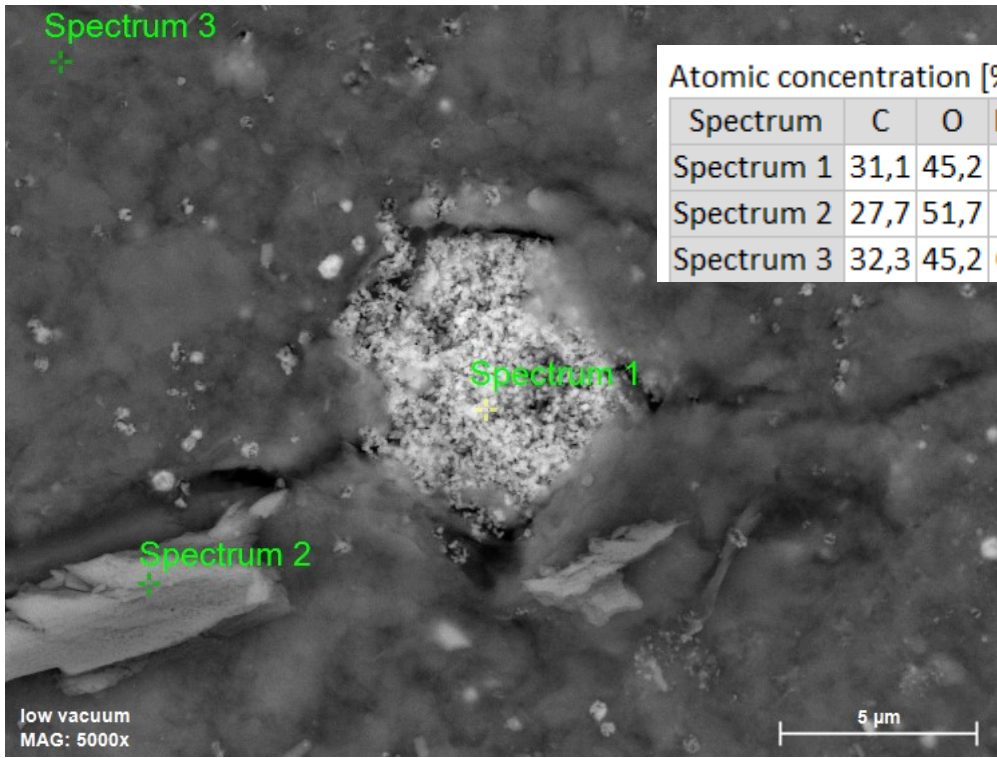
Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe
Spectrum 1	28,4	50,0		1,7	3,8	6,6	0,5	9,0	
Spectrum 2	30,4	46,4		3,1	6,3	1,5	1,1	0,5	10,7
Spectrum 3	27,9	47,6	0,7	6,7	12,9	0,7	2,3	0,4	0,9
Spectrum 4	28,2	50,8		2,5	5,0	5,3	0,8	6,8	0,5
Spectrum 5	35,3	42,4	0,5	4,4	14,3	0,8	1,3		1,1

Low vacuum

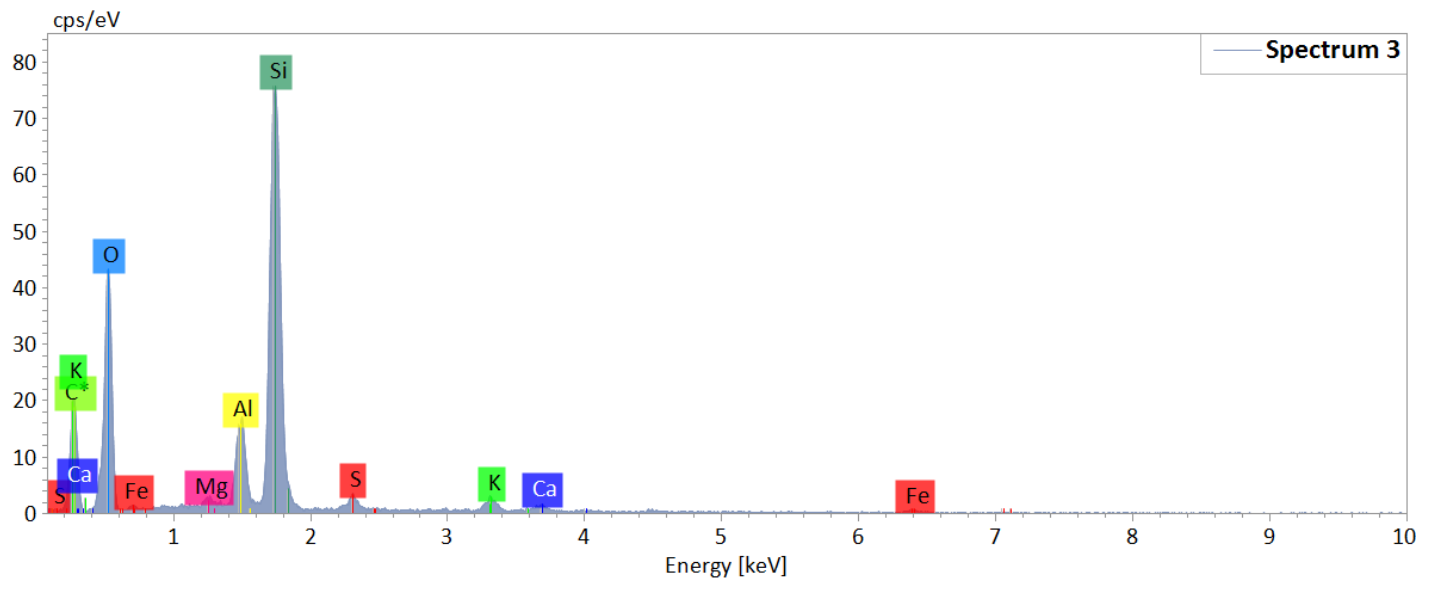
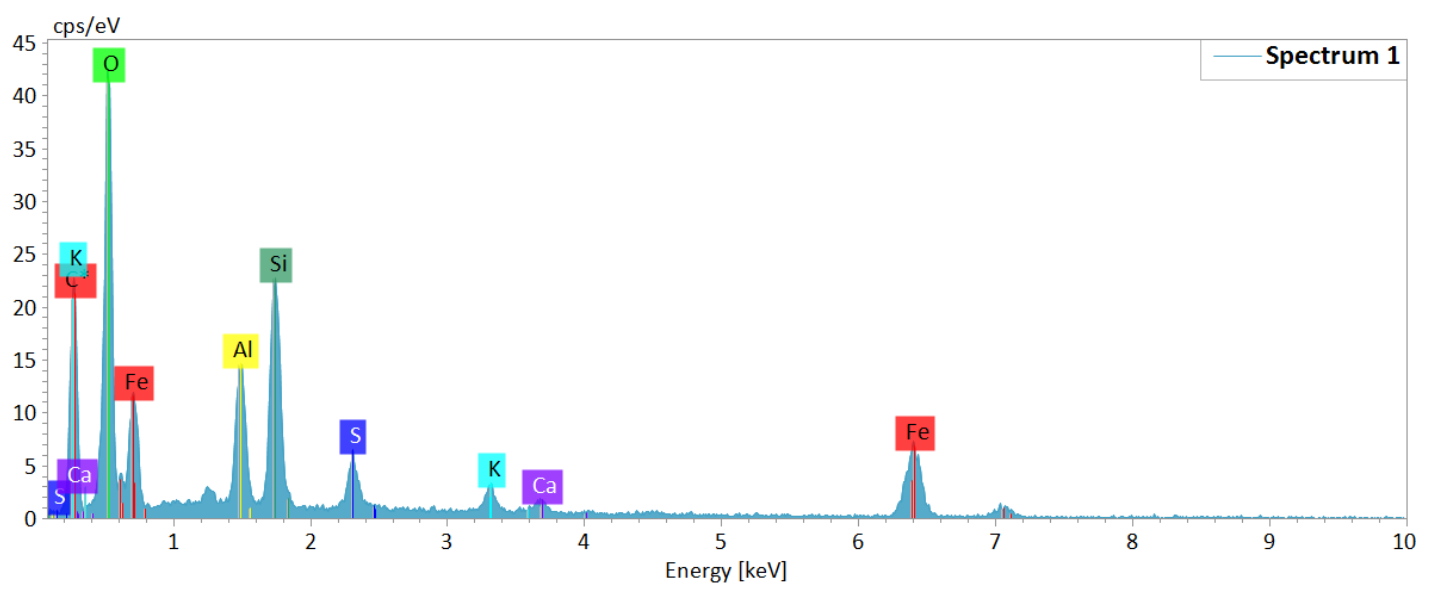


# Kistefoss 1 -01c

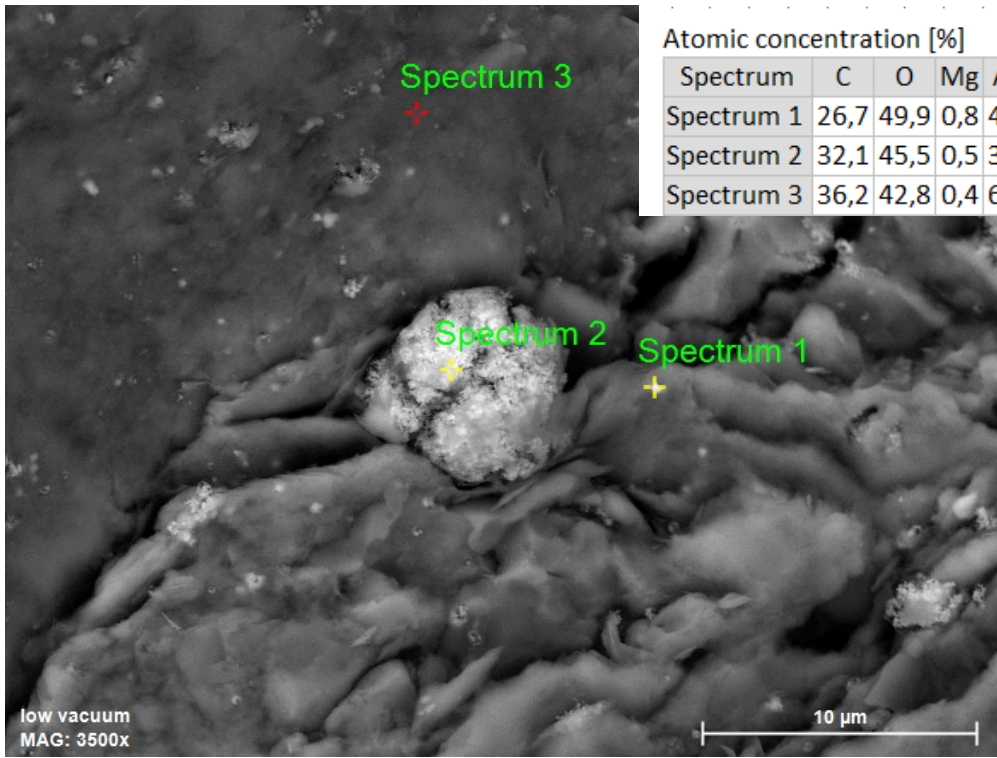


Atomic concentration [%]									
Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe
Spectrum 1	31,1	45,2		3,1	5,9	1,6	1,0	0,6	11,5
Spectrum 2	27,7	51,7		2,3	5,6	5,6	0,7	6,4	
Spectrum 3	32,3	45,2	0,3	2,8	17,1	0,6	0,8	0,4	0,5

Low vacuum



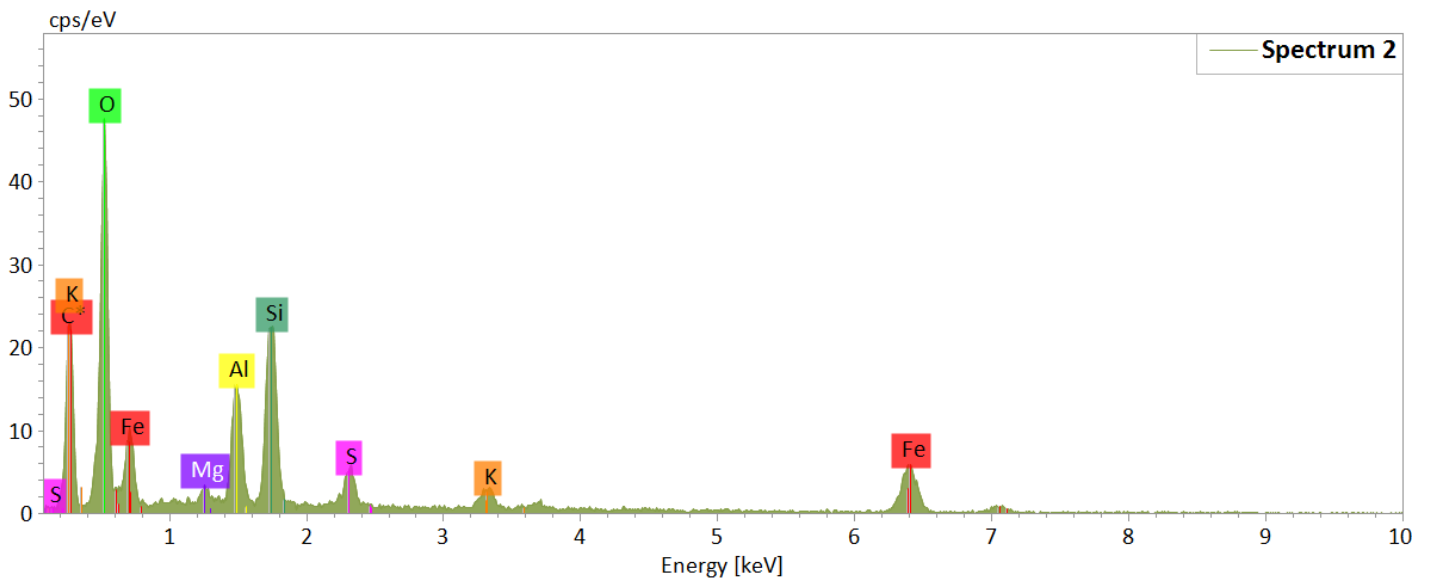
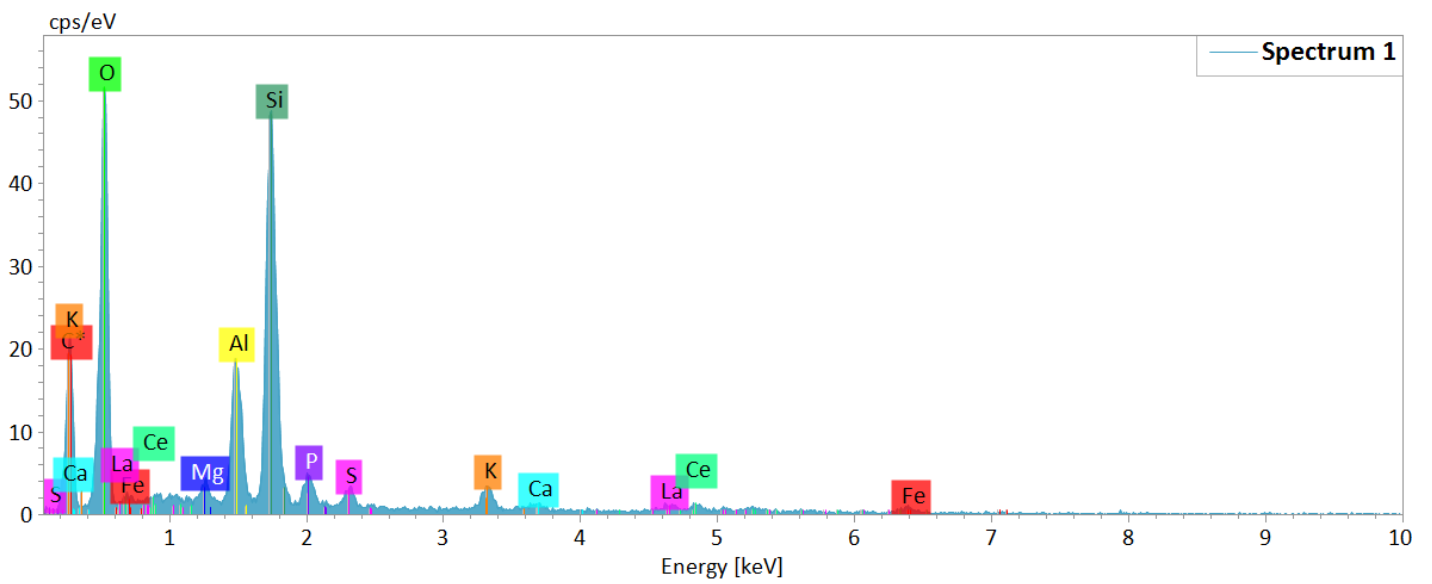
# Kistefoss 1 -01d



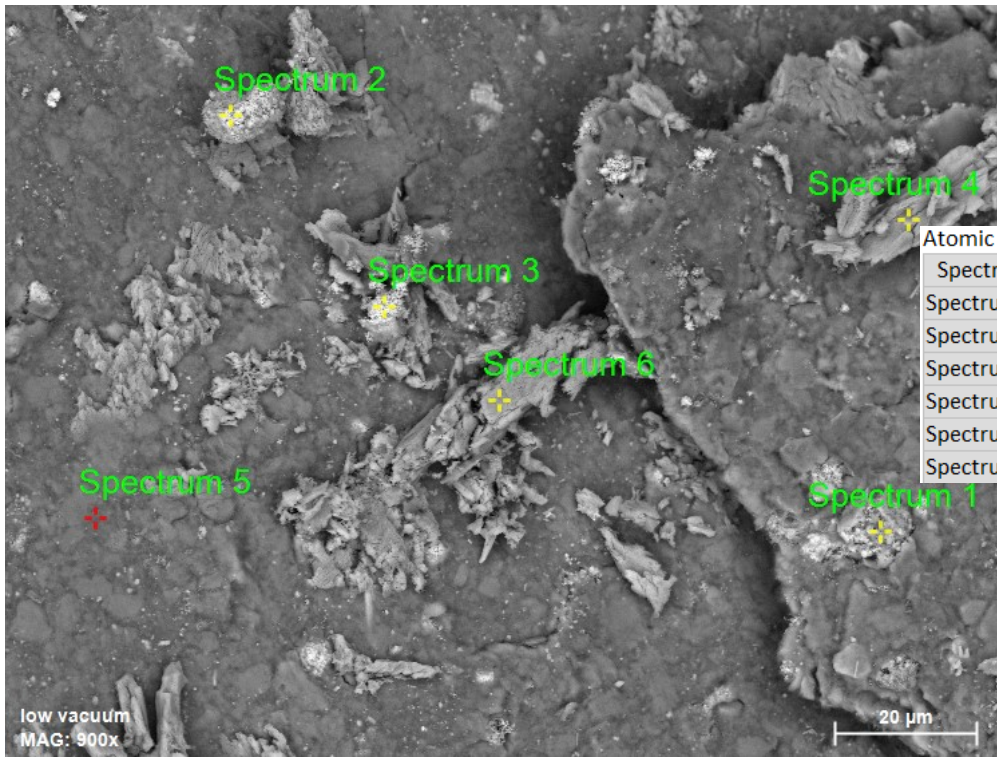
Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Fe	La	Ce
Spectrum 1	26,7	49,9	0,8	4,5	13,6	1,0	0,6	1,0	0,3	0,8	0,4	0,5
Spectrum 2	32,1	45,5	0,5	3,5	6,5		1,5	0,9		9,4		
Spectrum 3	36,2	42,8	0,4	6,2	11,1		0,7	1,7		0,9		

Low vacuum

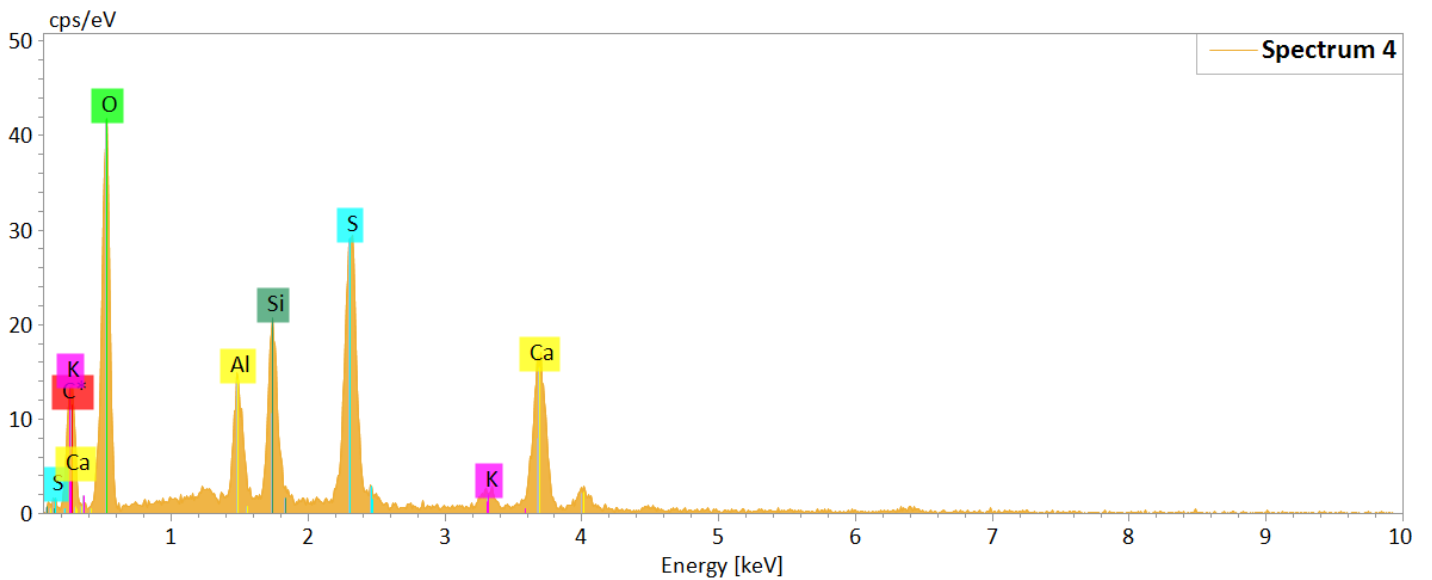
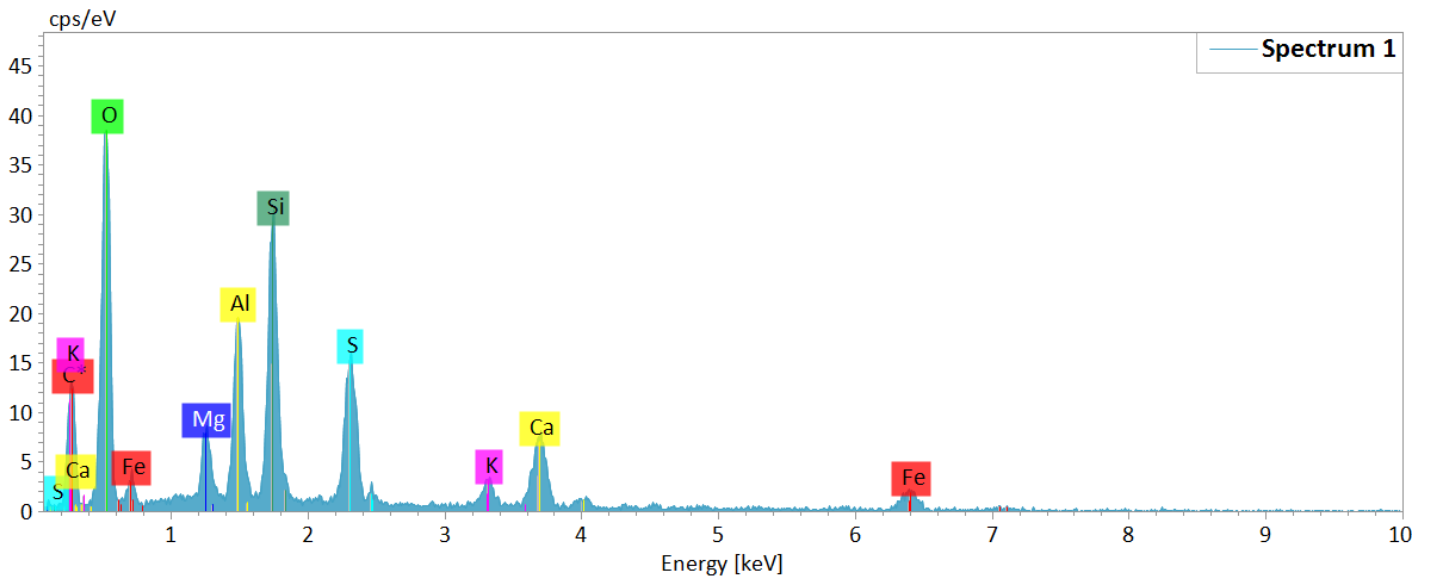


# Kistefoss 1 -02b

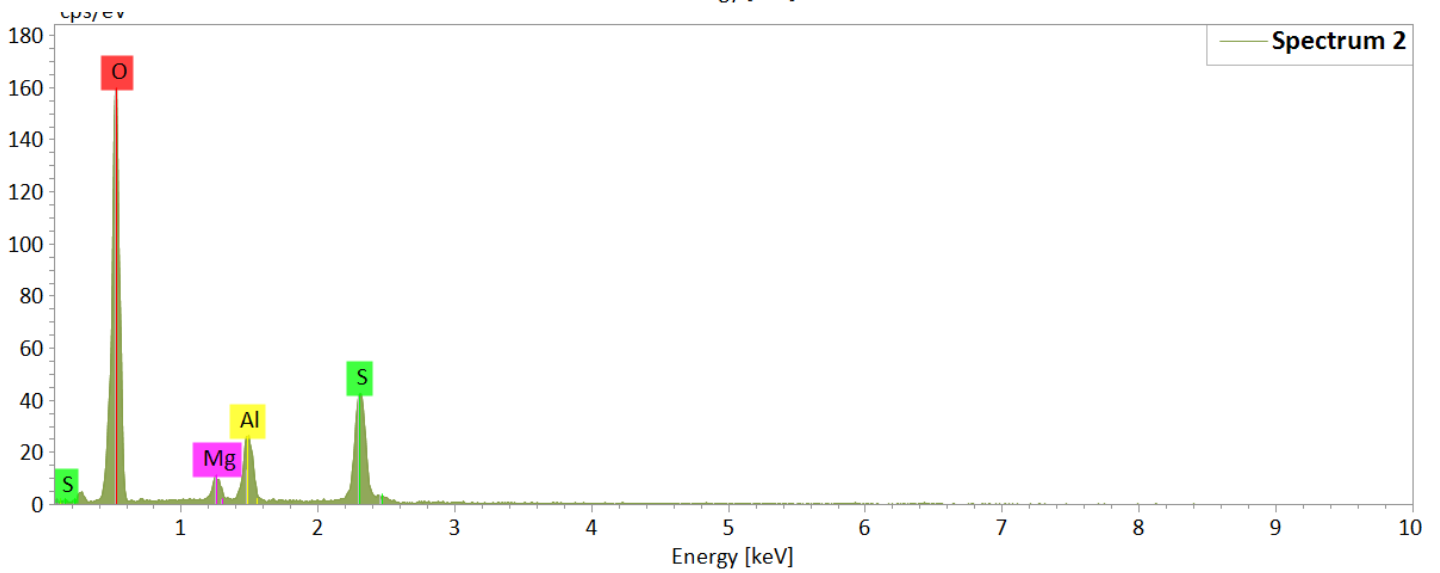
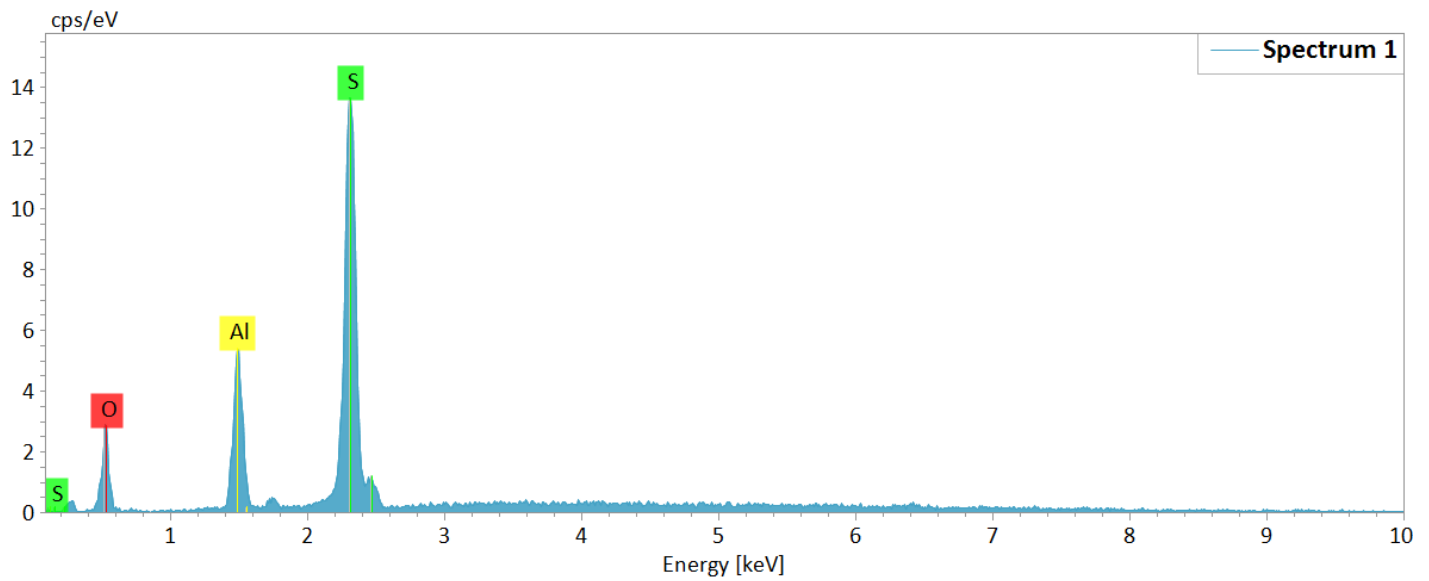
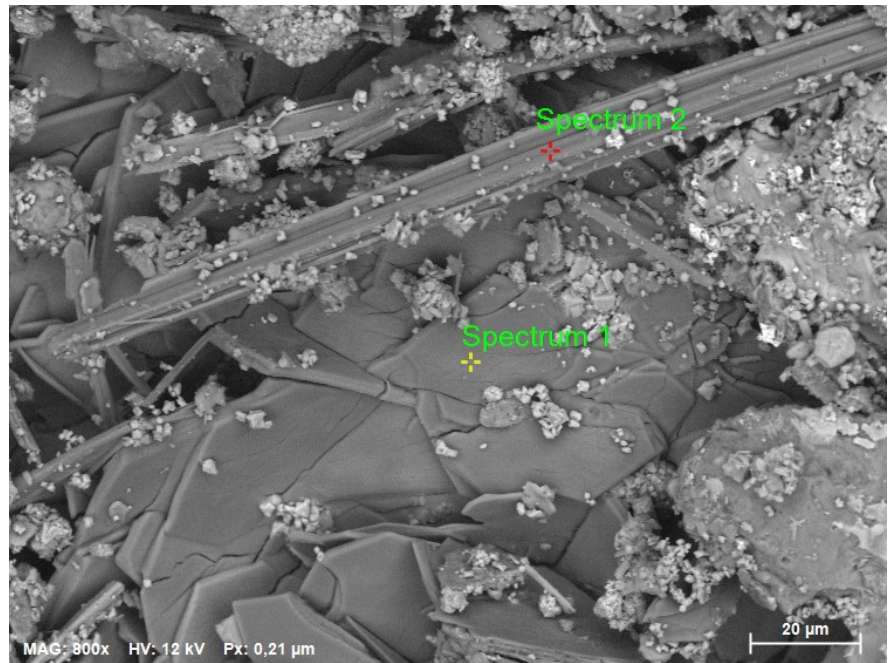


Atomic concentration [%]									
Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe
Spectrum 1	21,8	51,0	1,8	4,2	7,4	5,0	1,3	4,3	3,3
Spectrum 2	20,9	52,3		3,6	6,6	2,5	1,1	1,7	11,4
Spectrum 3	19,1	52,6		3,6	6,6	2,6	1,1	1,7	12,7
Spectrum 4	16,0	58,3		3,8	5,5	7,5	0,7	8,2	
Spectrum 5	27,3	47,7	0,7	7,0	12,5	1,2	1,7	0,9	0,9
Spectrum 6	16,8	59,7		2,6	4,5	6,6	0,7	8,3	0,7

Low vacuum



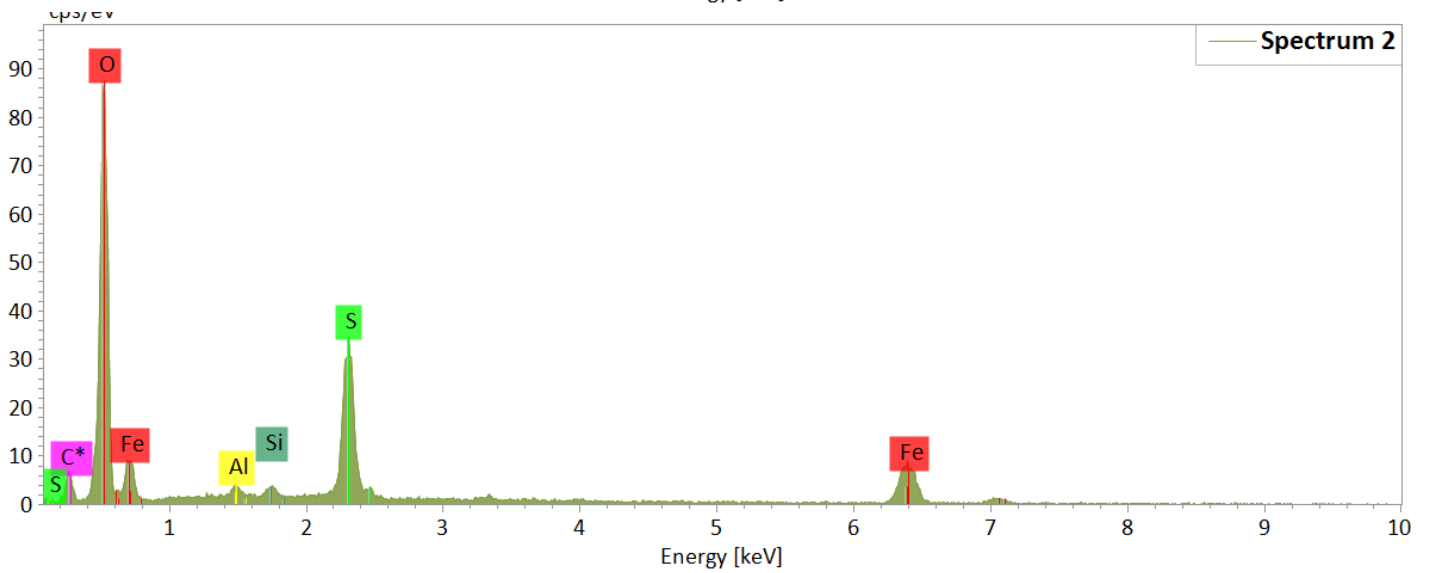
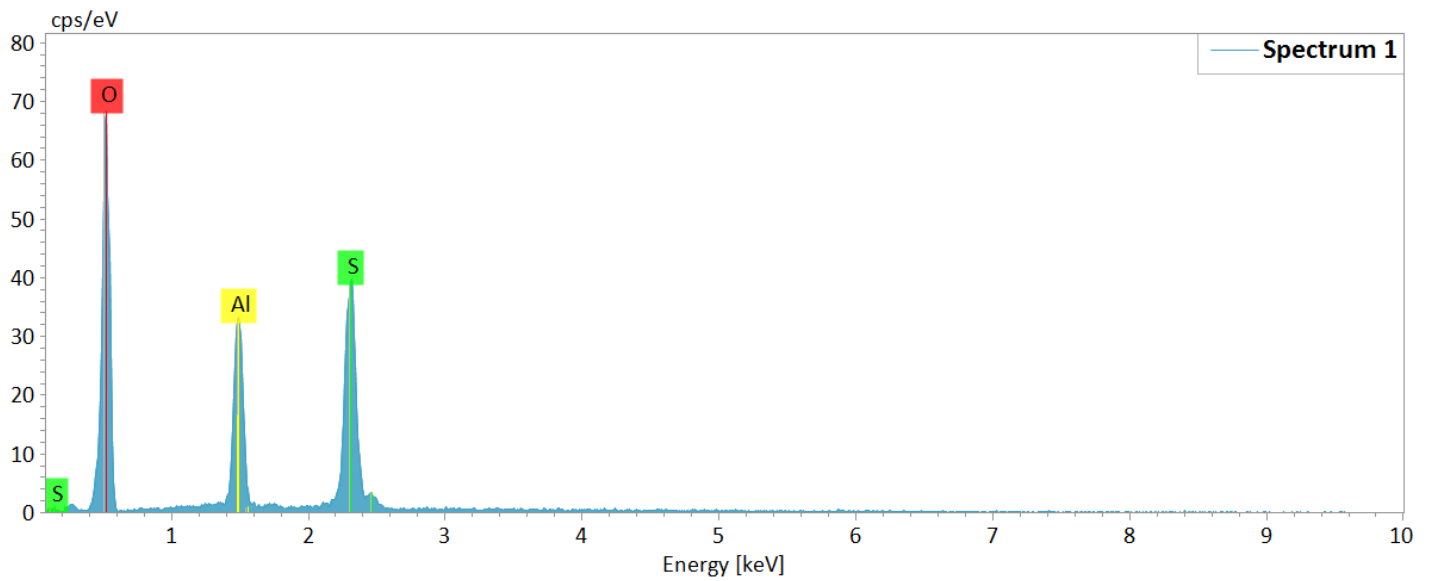
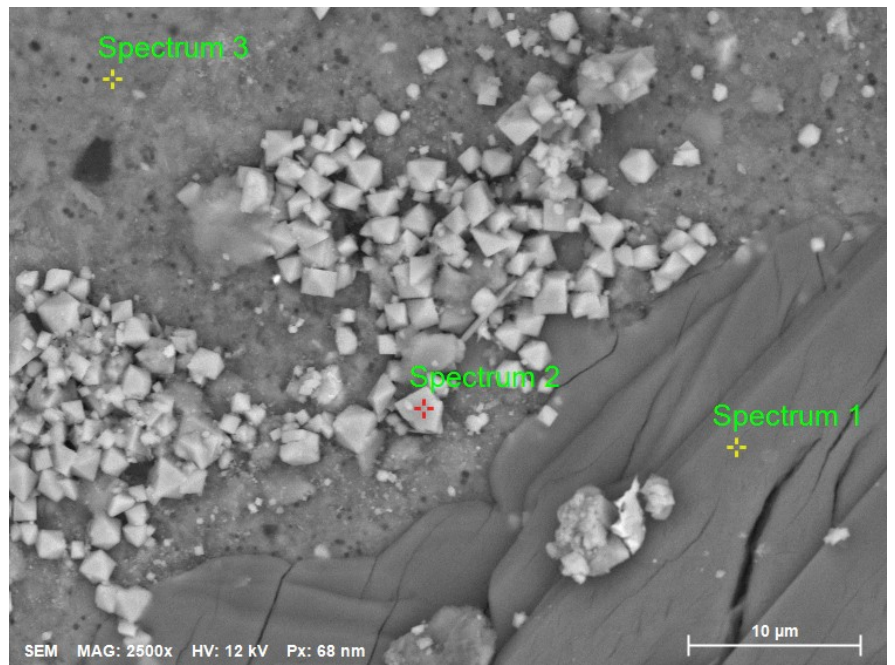
# Tipp-sep19-01b



## Atomic concentration [%]

Spectrum	O	Mg	Al	S
Spectrum 1	37,3		33,7	29,1
Spectrum 2	83,2	1,8	5,0	10,0

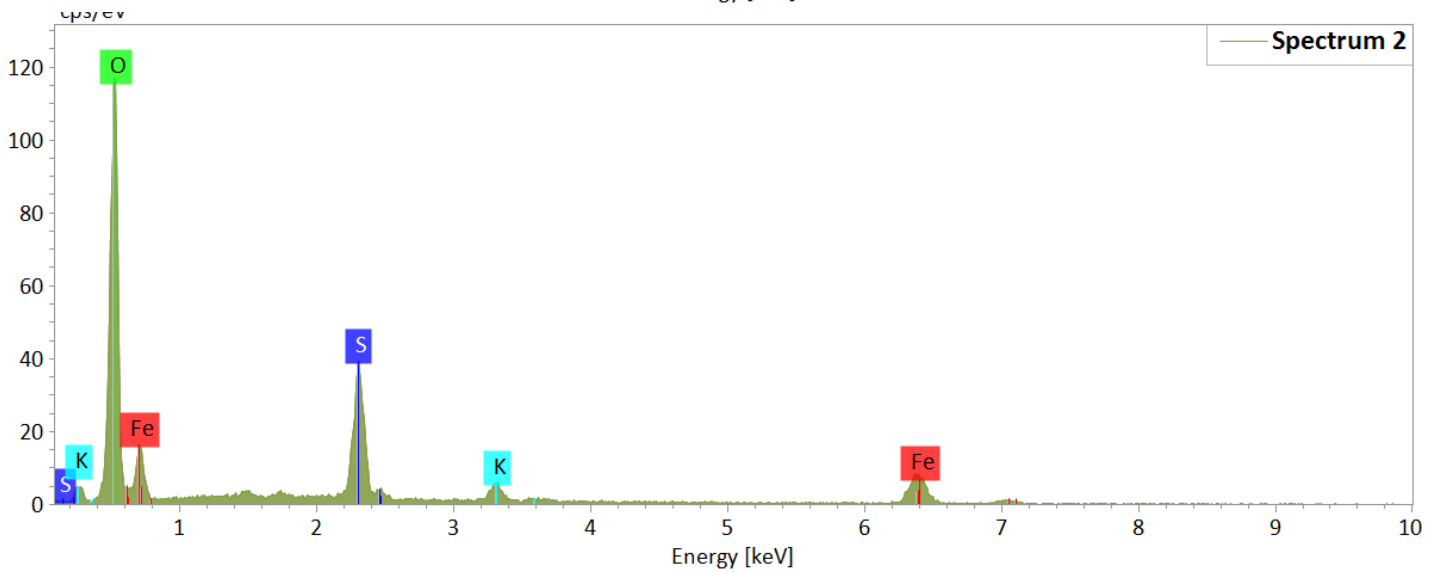
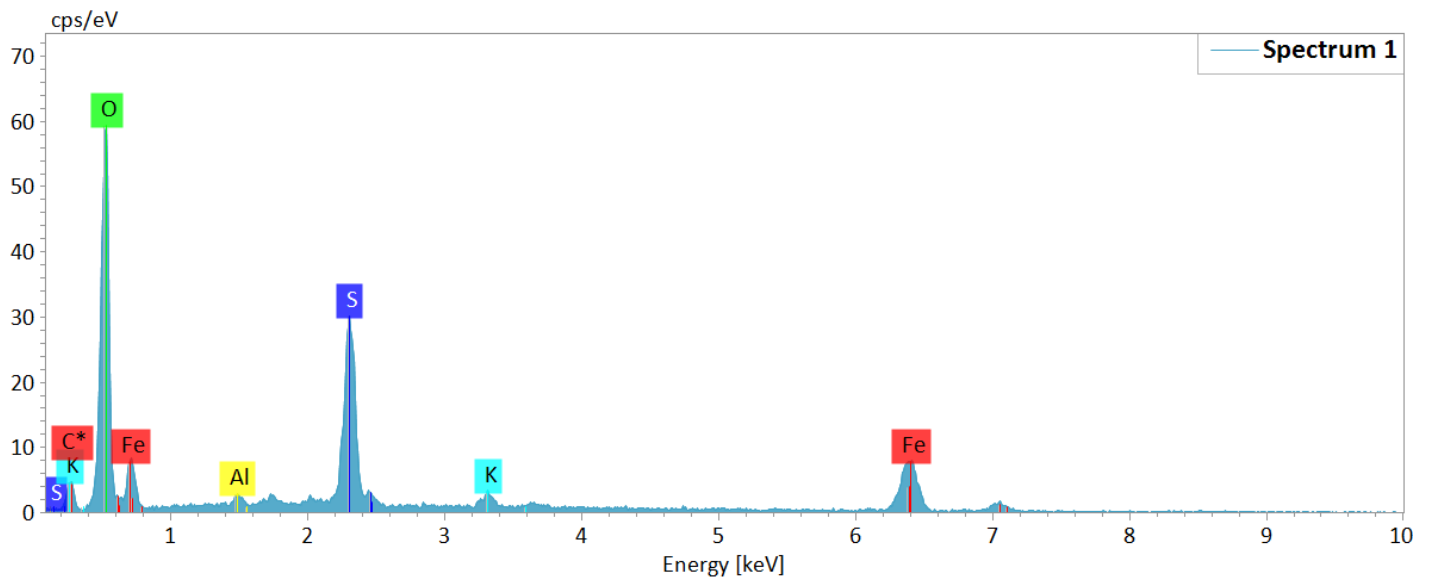
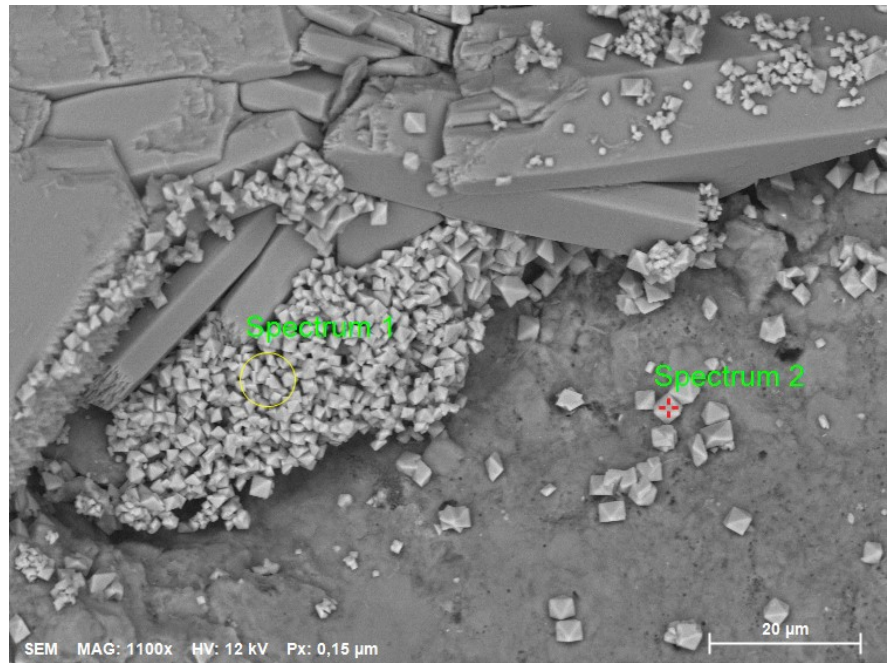
# Tipp-sep19-01d



## Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Mg	Al	Si	S	K	Fe
Spectrum 1		73,0		11,5		15,5		
Spectrum 2	8,8	63,1		0,7	0,6	8,8		18,0
Spectrum 3	32,4	38,9	0,8	8,7	16,5		2,7	

# Tipp-sep19-02



## Atomic concentration [%]

Spectrum	C	O	Al	S	K	Fe
Spectrum 1	1,6	61,7	0,8	11,7	1,2	23,0
Spectrum 2		73,8		8,6	1,8	15,8





Statens vegvesen  
Pb. 1010 Nordre Ål  
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

[firmapost@vegvesen.no](mailto:firmapost@vegvesen.no)

ISSN: 1893-1162

[vegvesen.no](http://vegvesen.no)

**Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag**