

GEOKJEMISK VURDERING

Oppdragsnavn **E6 Ulsberg - Vindåsliene**
 Prosjekt nr. **212110**
 Kunde **Nye Veier**
 Dokument ID **E6UV-YML-RAP-006-Geokjemisk vurdering av berg med syredannende potensial.docx**
 Versjon **01**
 Dato **2020-10-07**
 Fra **Rambøll**

Utført av **RNO-Lameck Omondi Omolo**
 Kontrollert av **RNO-Stein Vegar Rødsand**
 Godkjent av **RNO-Lise Støver**

Geokjemisk vurdering av berg med syredannende potensial

Versjonsoversikt

Versjon	Bakgrunn	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent	Dato
01		17.09.20	28.09.20	07.10.20	07.10.20

Endringsoversikt

Versjon	Dato	Vesentlige endringer

Innhold

Sammendrag	3
1 Innledning	4
1.1 Områdets geologi	6
1.2 Syredannende potensiale	6
1.3 Prøvetaking av borkaks og jordsmonn	7
1.4 Vurderingsgrunnlag og metode	7
2 Vurdering av analyseresultater	8
2.1 Vurdering av NP:AP	9
2.2 Vurdering av Fe:S	10
2.3 Trekantdiagrammer	11
2.4 Radioaktivitet og radon	12
3 Konklusjon	13
4 Referanser	13

Vedlegg 1. Analyserapport fra ALS

Sammendrag

I forbindelse med planlegging av nye fire-felt motorvei fra Ulsberg til Vindåsliene er det utført innledende kartlegging av forekomster av potensielt syredannende berg- og løsmasser. Denne rapporten inneholder resultater fra den innledende miljøtekniske grunnundersøkelsen. Felt- og borearbeidet med uttak av prøver er gjennomført av Rambøll vinter-vår 2020. Det ble tatt ut totalt 6 miljøprøver i 6 borehull. 3 jordsmonnprøver i 3 borehull og 3 borkaksprøver i 3 borehull. I alt ble det analysert 6 prøver i henhold til veilederen M-310/2015 «Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter».

Ingen av berg- og jordprøvene tatt på strekningen er karakterisert som syredannende grunnet lavt svovelinnhold (<8000 mg/kg) og andre tungmetaller. Urankonsentrasjonen i samtlige analyserte skiferprøver er lave og prøvene anses heller ikke som radioaktive.

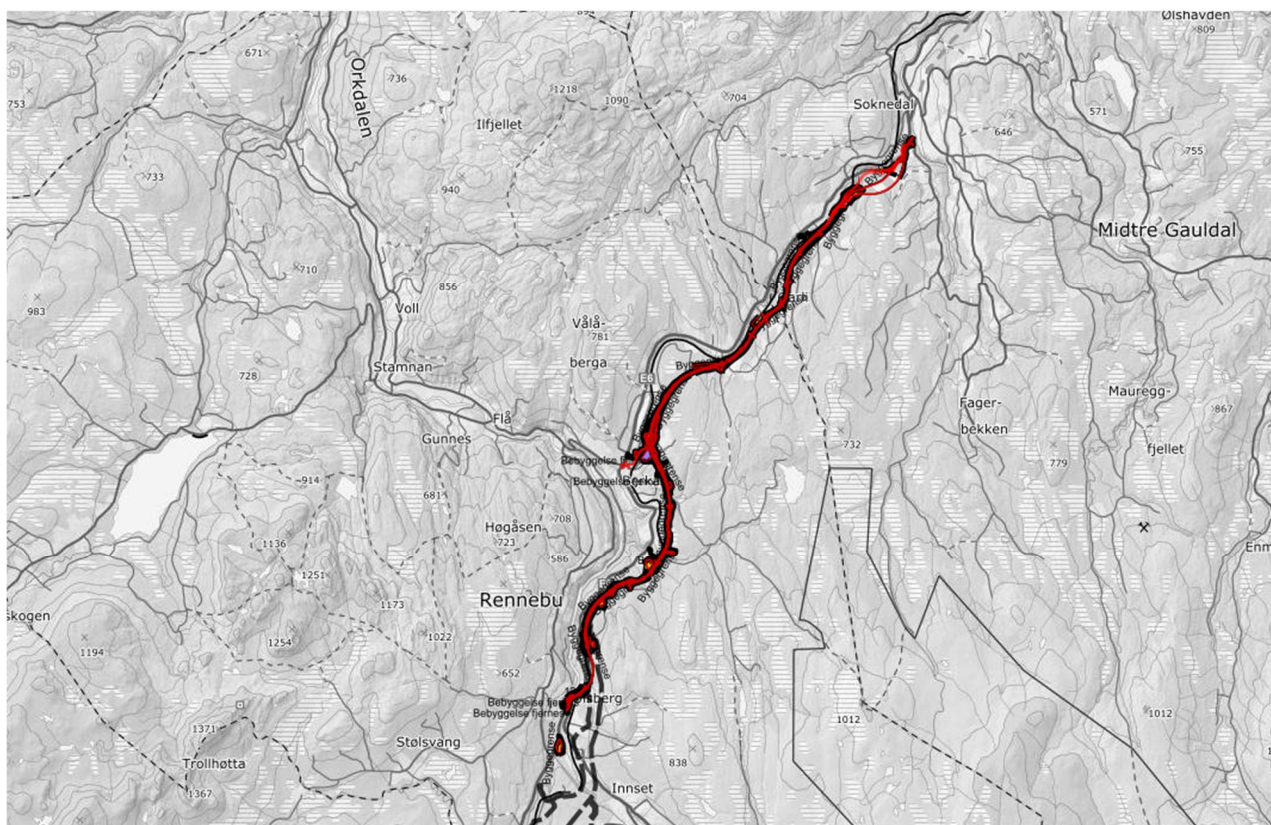
Det er behov for noe supplerende prøvetaking og analyser for å utelukke usikkerhet tilknyttet bergartenes syredannelse. Supplerende prøver anbefales tatt i skjæringer i byggefasen i områder hvor det er planlagt å utføre større berguttak eller områder med synlig gul utfelling samt der berg kommer i kontakt med grunnvann.

Entreprenør skal inspisere fragmenter av skifer for å sjekke om det utvikles misfarging på overflaten (gul farge). Dersom misfarging observeres skal miljørådgiver kontaktes umiddelbart og geokjemiske analyser utføres.

1 Innledning

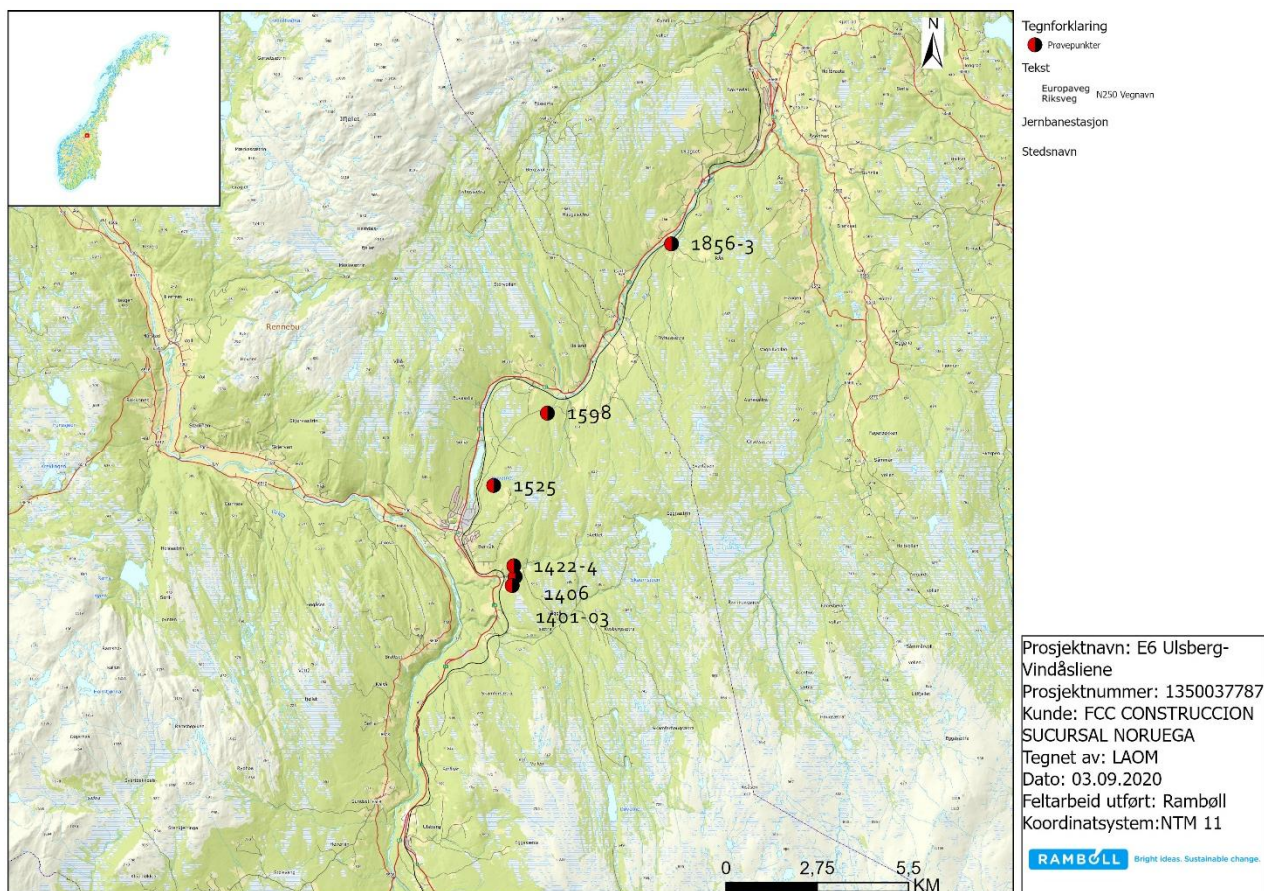
Nye Veier AS planlegger bygging av ny fire-felts motorvei fra Ulsberg til Vindåsliene. Formålet med denne rapporten er å gi en overordnet beskrivelse og geokjemisk klassifisering og tolkning av prøvene i prosjektet, samt anbefalinger til videre prosess.

Utbygging av veitraseen vil berøre arealer i kommunene Rennebu og Midtre Gauldal, Figur 1.



Figur 1. Kart over prosjektområdet fra Ulsberg til Vindåsliene. © Nye veier.

Det ble under grunnundersøkelser observert bergmasse som ligner på svartskifer og det er derfor ønskelig å klassifisere berggrunnen gjennom geokjemiske analyser, slik at eventuelle miljøkonsekvenser kan vurderes og videre håndtering av massene kan planlegges i størst mulig grad. Figur 2 viser oversikt over strekningen med prøvepunkter.



Figur 2. Oversiktskart over strekningen E6 Ulsberg-Vindåsliene med prøvepunkter (kilde: norgeskart.no).

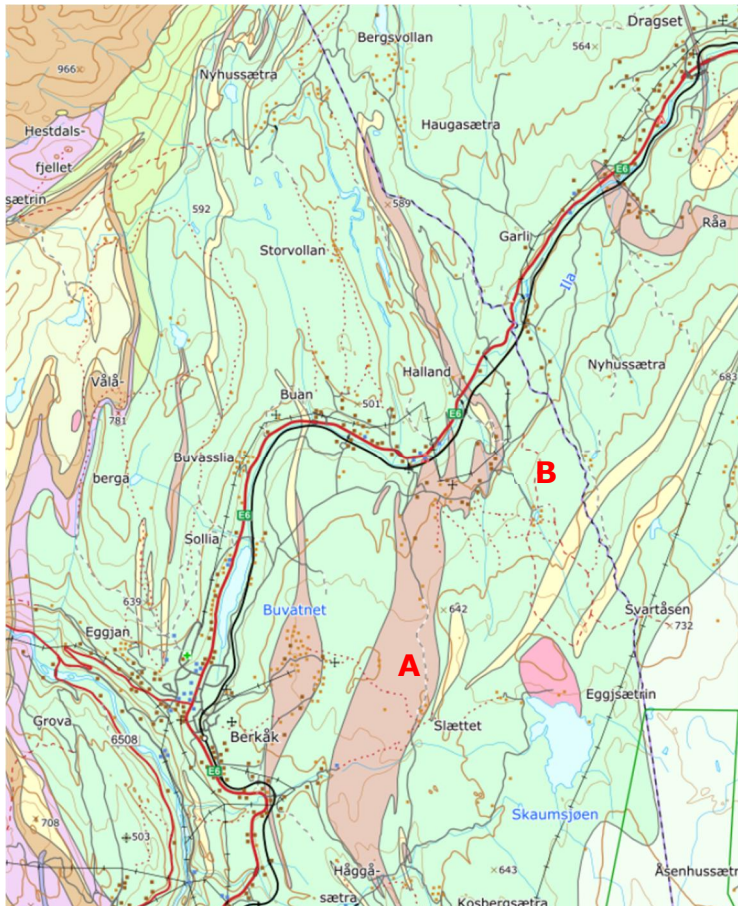
Prøvene be sendt til ALS Laboratory Testing Group for geokjemisk analyse av tungmetaller og andre grunnstoffer i henhold til veileder M310/2015 [1]. Analyseresultater fra ALS er presentert i vedlegg 1.

Tabell 1. Oversikt over prøvetatte punkter med koordinater (NTM 11).

Prøvenavn	x-koordinat	y-koordinat	Prøvetype
1401	1536412,554	76669,537	Jordsmonn
1406	1536676,201	76753,48	Borkaks
1422-4	1537004,892	76707,913	Jordsmonn
1525	1539409,604	76064,343	Borkaks
1598	1541641,114	77649,009	Borkaks
1856-3	1546796,498	81306,489	Jordsmonn

1.1 Områdets geologi

Berggrunnen i området er en del av den øvre dekkserien i Trondheimsområdet. Det forventes at den planlagte strekningen skal bygges i en varierende oppsprukket bergmasse som veksler mellom bergartene fyllitt, glimmerskifer, grønnstein, amfibolitt, tuffitt og båndet kvartsitt, Hornblende-biotitt-dioritt og granodioritt helt i sør ved Ulsberg, Figur 3.



Figur 3. Berggrunnskart over området. Berggrunnen består av (A)-Amfibolitt, grønnstein, tuffitt og (B)-Biotittfyllitt, glimmerskifer og grafittfyllitt, mørk, kalkholdig. Kilde – ngu.no.

1.2 Syredannende potensiale

De kambrosilurske lagrekkene inneholder bergarter som har potensial for å danne syre. Bergartene det gjelder er det svarte leirskiferne i Alunskiferformasjonen (etasje 1-3a) og Hagaberg- og Galgebergledet (etasje 3ba og 3bβ) i Tøyenformasjonen. Elnesformasjon (4aα) er også inkludert. Skifer i Elnesformasjonen har et lavt syredannende potensial, men kan svulle og har dårlige mekaniske egenskaper [1].

Bergartenes syredannende potensial er relatert til innholdet av sulfider. Mangel på oksygen under avsetningsforholdene til bergarten har ført til sulfiddannelse, hovedsakelig pyritt (FeS_2) og pyrrhotitt/magnetkis (Fe_{1-x}S). Avsetningsmiljøet har ført til at svarte leirskifer også er naturlig anrikt med flere tungmetaller. For alunskifer er særlig arsen (As), kobber (Cu), nikkel (Ni), molybden (Mo), sink (Zn), vanadium (V) og uran (U) typiske elementer man kan finne i forhøyede konsentrasjoner.

Galgebergledet kan også inneholde disse elementene i naturlig forhøyede konsentrasjoner, men i lavere konsentrasjoner enn alunskifer.

Sulfidene i bergarten forvitrer lett i kontakt med vann og oksygen. Forvittringsreaksjonen danner svovelsyre (H_2SO_4). Svovelsyren gir lav pH som medfører mobilisering av elementene bundet i bergarten gjennom en prosess kjent som «Acid Rock Drainage (ARD)». ARD kan ha en negativ miljøpåvirkning, samtidig som den lave pH'en fører til korrosjon og betongforvitring på eventuelle nærliggende konstruksjoner [1].

Alunskifer og beslektede svarte leirskifer som inneholder sulfider kan oksideres i kontakt med vann og luft. Konsekvensen er at porevannet blir surt og at metaller blir løst ut i stor grad ved lav pH <4. Derfor må svarte leirskiferes syredannende potensial vurderes for å bestemme om materialet må behandles som farlig avfall ved håndtering og deponering.

1.3 Prøvetaking av borkaks og jordsmonn

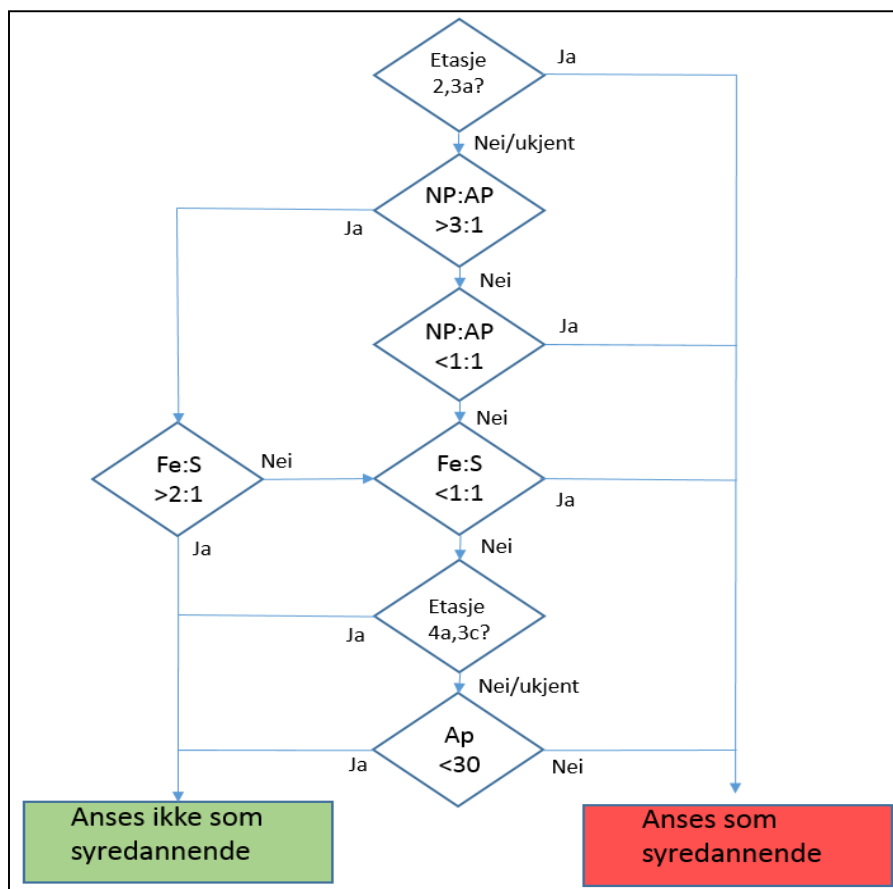
Prøvetaking av berggrunn ble gjort under totalsondering. Det ble tatt prøver av borkakset som kom opp med borvannet samt prøver av jordsmonnet. Under totalsonderingene ble det boret omtrentlig tre meter ned i fjell. Borkaksprøvene er derfor en blandeprøve av disse tre meterne, i tillegg vil det også komme innslag av overliggende masser. Prøvemethoden vil derfor gi en indikasjon på berget som er boret gjennom.

Jordprøver ble hentet opp ved hjelp av naverboring. Prøvene ble tatt på mellom 1-4 meter.

1.4 Vurderingsgrunnlag og metode

Alle prøvene er vurdert opp mot kriteriene satt i veiledere utarbeidet av NGI for Miljødirektoratet, henholdsvis M-310/2015 – *Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter* [1], og M-385/2015 *Deponering av syredannende bergarter* [2]. Syredannende (AP)- og nøytraliserende (NP) potensial, samt jern (Fe)/svovel (S) forholdet er regnet ut med formlene presentert i veilederen. Syredanningspotensialet i prøvene bestemmes deretter i henhold til flytskjemaet i Figur 4.

I henhold til flytskjemaet (Figur 4) er skiferprøvene vurdert og etasjeplassert ved hjelp av trekantdiagrammer fra vedlegg C i veilederen [1].



Figur 4. Flytskjema for vurdering av syredannende potensiale i bergarter (M-310/2015).

2 Vurdering av analyseresultater

Resultatene er vurdert basert på veileder M310 for Miljødirektoratet utarbeidet av NGI, [1]. Analyseresultatene er presentert i Tabell 2, og fullstendig analyserapport i Vedlegg 1.

Tabell 2. Analyseresultater [mg/kg TS] for leirskiferprøver fra E6 Ulsberg-Vindåsliene.

Element	1401	1406	1422	1525	1598	1856
As	28.7	<3	3.05	14.4	11.2	4.92
Cu	44.9	41.2	23	22.2	33.1	24.1
Mo	0.582	1.23	1.07	2.31	0.656	1.22
Pb	2.69	10.4	11.3	6.08	14.9	11.9
Zn	64.9	82.2	32.7	106	72.5	24
S	<100	6000	572	2220	269	108
V	264	126	65.2	179	107	64.2
U	1.05	3.01	1.69	2.29	2.67	1.47

2.1 Vurdering av NP:AP

Bergartsprøvenes syredannende potensiale (AP=Acid Potential) er vurdert opp mot nøytraliserende potensiale (NP=Neutralising Potential). Denne metoden baseres seg på målt konsentrasjon av TIC og svovel i prøven som igjen omregnes til mengde kalsiumkarbonat (CaCO_3) i kg/tonn i bergartsprøven. Dette vurderes i forhold til mengden CaCO_3 som er nødvendige for å nøytralisere den potensiale mengden syre som kan dannes.

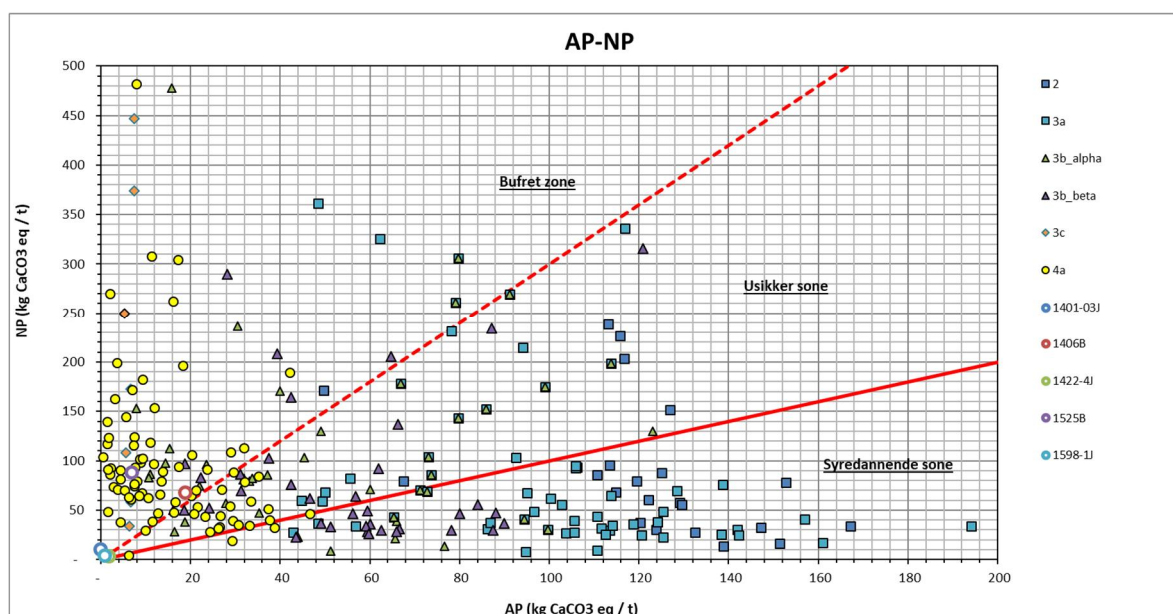
Beregning av skifrenes syredannende potensial (AP) og nøytraliserende potensial (NP) er vist i Tabell 3 og Figur 5.

Ved identifisering av forholdet mellom NP og AP i prøven kan følgende informasjon om syredannende potensiale identifiseres:

- **NP:AP > 3:1** = ikke syredannende
- **1:1 < NP:AP < 3:1** = usikkert syredannende potensiale
- **NP:AP < 1:1** = syredannende

Tabell 3. NP:AP forhold i analyserte bergprøver.

Prøve ID	NP	AP	NP:AP	Syredannelse potensiale
1401	10,5	0,31	33,6	Anses som ikke syredannende
1406	67,7	18,8	3,61	
1422	2,91	1,79	1,63	
1525	88,3	6,93	12,7	
1598	4,24	0,84	5,05	
1856	34,2	0,33	101	



Figur 5. AP-NP diagram som viser eksempler for skiferprøver tatt fra ulike skiferhorisontar i Oslofeltet: Alunskiferformasjonen (2 og 3a), Hagabergformasjonen (3ba), Galgebergformasjonen (3bβ), Hukformasjonen (3c) og Elnesformasjonen (4a) [1]. Prøvene fra E6 er vist med åpne sirkler

Vurdering av NP:AP forholdet tilsier at de prøvetatte bergartene er hverken syredannende eller har syredannende potensiale.

2.2 Vurdering av Fe:S

Normalt finnes jern i sulfider og i leirmineraler. Svovel finnes nesten bare i sulfider eller sulfater (oksidasjonsprodukt). Innholdet av jern (Fe) og svovel (S) indikerer om tungmetaller og sporelementer i prøven er bundet i sulfider og/eller silikater. Et overskudd av jern i forhold til svovel kan indikere at tungmetaller i bergarten er bundet i silikater eller oksider. Tungmetaller som er bundet i andre mineraler enn sulfider vil ikke gjennomgå den samme oksidasjonsprosessen som tungmetaller som er bundet i sulfider.

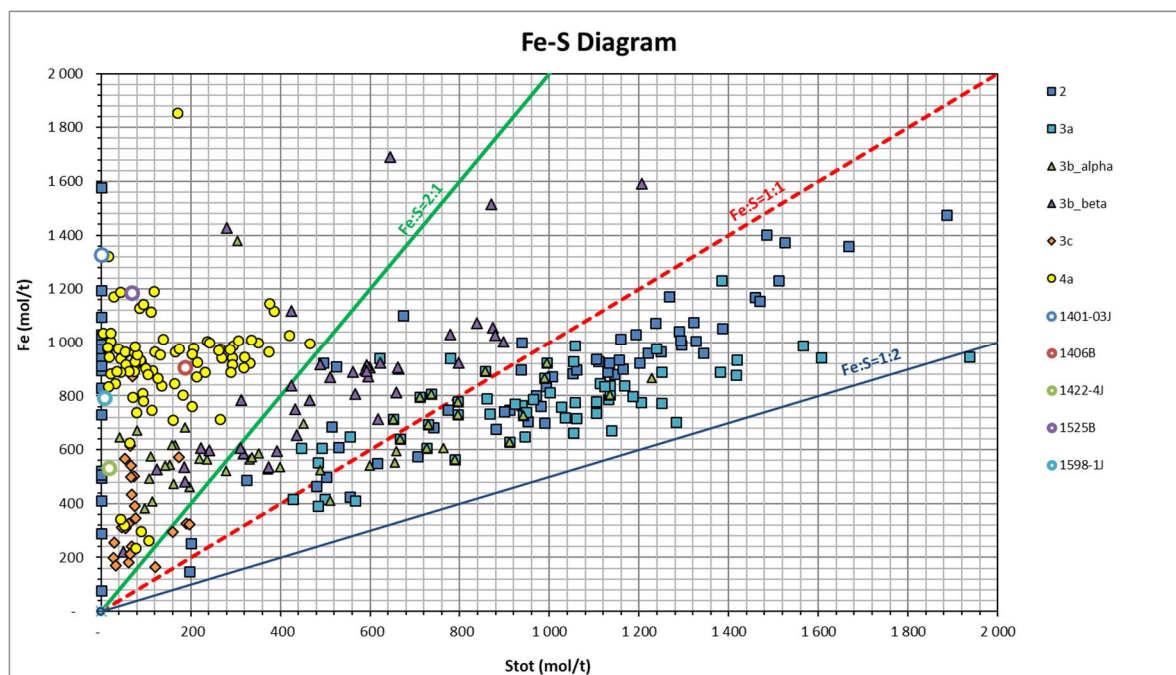
Figur 6 viser forholdet mellom jerninnhold (Fe) og svovelinhold (S) med referanseprøver fra ulike etasjer i leierskiferrekken fra kambro-silurlagrekken i bakgrunnen. Forholdet mellom Fe og S kan gi følgende informasjon:

Fe:S > 2:1 indikerer at Fe og tungmetaller er bundet til silikater

Fe:S = 1:1 indikerer at alt Fe er bundet i sulfider

Fe:S 1:2 indikerer forekomst av pyritt (FeS_2)

Fe:S < 1:2 indikerer at S også forekommer i andre mineraler enn sulfider.[3]



Figur 6. Forholdet mellom Fe (jern) og S (svovel) i mol/t. Denne figuren indikerer i hvilke grupper av mineraler jern og svovel er bundet. Plasseringen av referanseprøver fra Alunskiferformasjonen (2 og 3a), Hagabergformasjonen (3b α), Galgebergformasjonen (3b β), Hukformasjonen (3c) og Elenesformasjonen (4a) er også vist. Prøvene fra E6 er vist med åpne sirkler

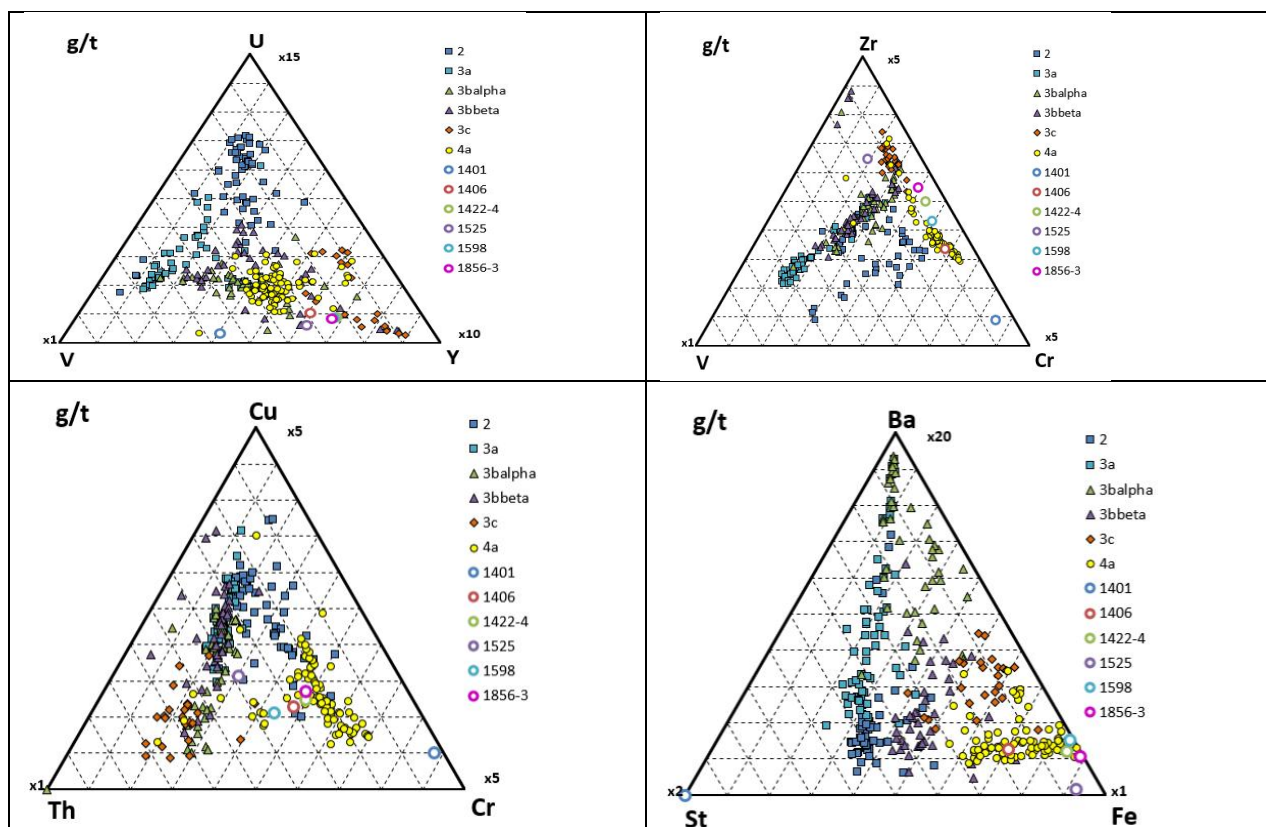
Analysene viser at skiferprøvene fra E6 Ulsberg-Vindåsliene har et Fe:S forhold $\text{Fe:S} > 2:1$. Dette tyder på at Fe og tungmetaller er bundet til silikater. Fe:S resultater er oppsummert i Tabell 4.

Tabell 4. Fe:S forhold i analyserte prøver.

Prøve ID	Fe:S	Kommentar
1401	426	Fe:S forhold Fe:S>2:1
1406	4,83	
1422	29,8	
1525	17,1	
1598	94,4	
1856	135	

2.3 Trekantdiagrammer

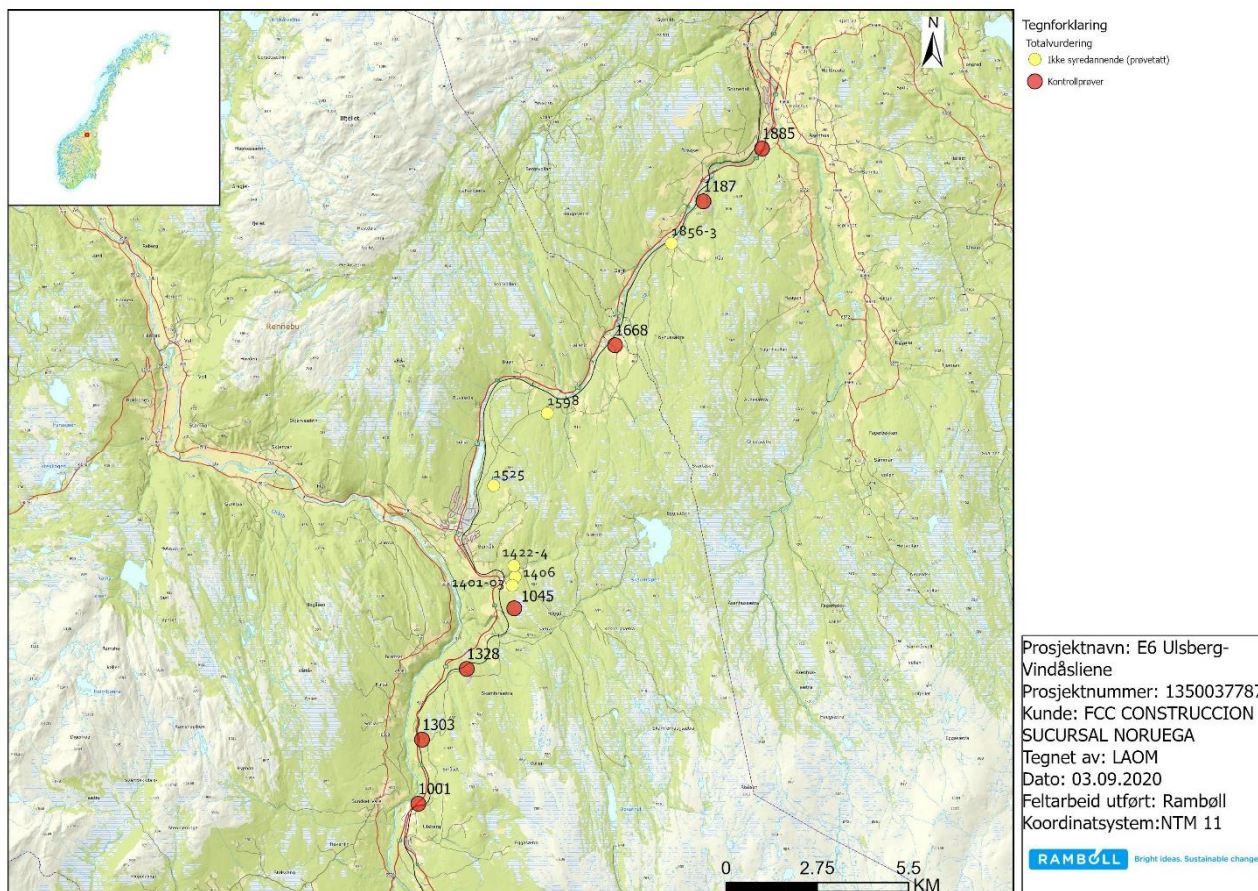
I trekantdiagrammene i Figur 7 er prøvene fra E6 Ulsberg-Vindåsliene vist sammen med analyser av Alunskiferformasjonen (2, 3a) Hagabergskifer (3ba), Galgebergskifer (3bβ), Hukskifer (3c) og Elnesskifer (4a). Her kan en sammenligne og anslå hvilken skifersformasjon de kjemiske fingeravtrykkene til bergprøven samsvarer med.



Figur 7. Trekantdiagrammer for de tre skiferprøver og gjennomsnitt for alle prøvene. Sirkler indikerer hvor hovedvekten av referanseprøvene fra de ulike etasjene ligger. Merk at sirklene overlapper i enkelte diagrammer. Ved å undersøke hvor prøvene legger seg i samtlige diagrammer vil en se en bestemt trend som viser hvilken etasje prøven hører til. Resultatene viser at prøvene er ikke syredannende og har samme geokjemiske signatur som Elnesformasjonen (4a).

I Figur 7 ser det ut til at det er relativt godt samsvar mellom prøvene fra E6 Ulsberg-Vindåsliene og referanseprøvene fra etasje 4a, men med noen avvik. Når prøver ser ut til å følge etasje 4a, men med noe avvik, kan dette ofte skyldes at prøven tilhører en horisont innenfor etasje 4 som ligger lenger opp enn etasje 4a, som eksempel Arnestadformasjonen eller Nakholmenformasjonen. Dette har ingen

praktisk betydning for handteringen ettersom de andre horisontene med mørke leirskifre i etasje 4 har tilsvarende egenskaper som 4a. Figur 8 viser lokalisering av prøvepunkter. Totalvurdering av prøvene viser at de ikke er syredannende og massene kan brukes i området.



Figur 8. Tilstandskart med lokalisering av prøvepunkter.

2.4 Radioaktivitet og radon

Radioaktivitet i skiferprøver er vurdert med bakgrunn i uraninnhold i prøvene. De fleste skiferbergartene med syredannende potensiale har også høyere konsentrasjoner av uran. Uran medfører radioaktiv stråling og produksjon av radongass.

Fordi svartskifer kan ha relativt høyt innhold av uran, vil det kunne være kilde til radioaktiv stråling. Ved strålingsnivåer over 1 Bq/g regnes svartskiferen som radioaktivt avfall og skal håndteres i henhold til Avfallsforskriftens regelverk for radioaktivt avfall [4]. Dette antas å gjelde ved et uraninnhold større enn 80 mg/kg TS. Korrelasjoner mellom uraninnhold og stråling viser imidlertid at grenseverdien for radioaktivt avfall på 1 Bq/g tilsvarer en urankonsentrasjon på nærmere 100 mg/kg. Dermed kan det være hensiktsmessig å gjøre en måling av total aktivitet hvis urankonsentrasjonen ligger mellom 80-100 mg/kg. Urankonsentrasjoner i samtlige analyserte skiferprøver fra E6 Ulsberg-Vindåsliene er lavt og prøvene anses som ikke radioaktive, Tabell 5.

Tabell 5. Urankonsentrasjon [mg/kg TS] fra analyserte prøver fra E6 Ulsberg-Vindåsliene

Prøve ID	Uran (mg/kg)	Radioaktivt potensiale
1401	1,05	Lavt
1406	3,01	Lavt
1422	1,69	Lavt
1525	2,29	Lavt
1598	2,67	Lavt
1856	1,47	Lavt

3 Konklusjon

Ingen av berg- og jordprøvene tatt på strekningen er karakterisert som syredannende og berggrunnen og løsmasser på det planlagt tiltaksområdet ved E6 Ulsberg-Vindåsliene er ikke å anse som syredannende grunnet lavt svovelinnhold (<8000 mg/kg) og andre tungmetaller, lavt urankonsentrasjon (lavt radioaktivt potensiale). Tilstandsklassekart gitt i Figur 8 viser den totale vurderingen av prøvepunktene.

Områdets geologi tilsier at berggrunnen består av amfibolitt, grønnstein, tuffitt, biotittfyllitt, glimmerskifer, grafittfyllitt, hornblende-biotittdioritt og granodioritt helt i sør ved Ulsberg. Ingen av disse mineraler er å anse som syredannende. Videre er berggrunnen kalkholdig noe som gjør at den er bufrende.

Da det var utfordrende å hente tilstrekkelig borkaksprøver grunnet massene beskaffenhet og porøsitet, anbefaler Rambøll ytterligere prøvetaking. Prøvetakingen skal kartlegge omfanget av bergarter for å utelukke usikkerheter tilknyttet bergartenes syredannelse samt minimere uønsket miljøpåvirkning ved sur avrenning. Supplerende prøver anbefales tatt i skjæringer i byggefasen i område hvor det er planlagt å utføre større bergguttak eller områder med synlig gul utfelling samt der berg kommer i kontakt med grunnvann.

Entreprenør skal inspisere fragmenter av skifer for å sjekke om det utvikles misfarging på overflaten (gulfarge). Dersom misfarging observeres skal miljørådgiver kontaktes umiddelbart og geokjemiske analyser utføres.

4 Referanser

1. NGI, 20120842-01-R - *Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter*, Erik Endre and Erlend Sørmo, Editors. 2015, Miljødirektoratet.
2. NGI, 20140693-01-R - *Deponering av syredannende bergarter. Grunnlag for veileder.*, Erlend Sørmo, Gijs Breedveld, and Thomas Pabst, Editors. 2015, Miljødirektoratet.
3. NGU. *Berggrunnskart over Norge*. [cited 2015; Available from: <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>].
4. Klima- og miljødepartementet, *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (Avfallsforskriften)*, in FOR-2004-06-01-930. 2004.

Vedlegg 1. Analyserapport fra ALS