

5. OPPLYSNINGER OM RADIOAKTIV FORURENSNING OG FOREBYGGING AV FORURENSNING

Innhold av radioaktive stoffer (nuklider)

Det er gjennomført kartlegging av potensielt syredannende berg innenfor tiltaksområdet. Det er til sammen analysert 2 prøver fra kjerneboring i sjakten utført i mai 2022.

Prøveresultatene er vurdert etter metodikken i veileder M-310 Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter (2). Undersøkelsene og vurderingene er dokumentert i rapport SG-TØY0-721-RB-0002 Geokjemisk vurdering av svartskifer. Prøven er identifisert som «**potensielt syredannende**» fra laget med Galgebergskifer.

Geokjemiske beregninger er foretatt i henhold til veileder M-2105 Håndtering av potensielt syredannende svartskifer (3). Syredanningspotensialet i svarte leirskifere avhenger av flere faktorer, som mengde svovel bundet som pyritt, fordeling av sulfider i bergartsmatriksen, innholdet av nøytraliserende mineraler og skiferens spaltbarhet. Det er beregnet syredannende potensiale (AP) og nøytraliserende potensiale (NP).

Metoden baserer seg på målte konsentrasjoner av TIC (total uorganisk karbon) og S (svovel) i bergarten. Konsentrasjonene av TIC og S regnes om til mengde kalsiumkarbonat ekvivalenter (CaCO_3) i kg/tonn som foreligger i bergarten i forhold til potensiell mengde CaCO_3 , som er nødvendig for å nøytralisere den potensielle mengden syre som kan dannes. Alt uorganisk karbon (TIC) antas å stamme fra karbonater og all svovel antas å stamme fra sulfider. Metoden kan derfor føre til en overestimering av både det nøytraliserende og syredannende potensialet.

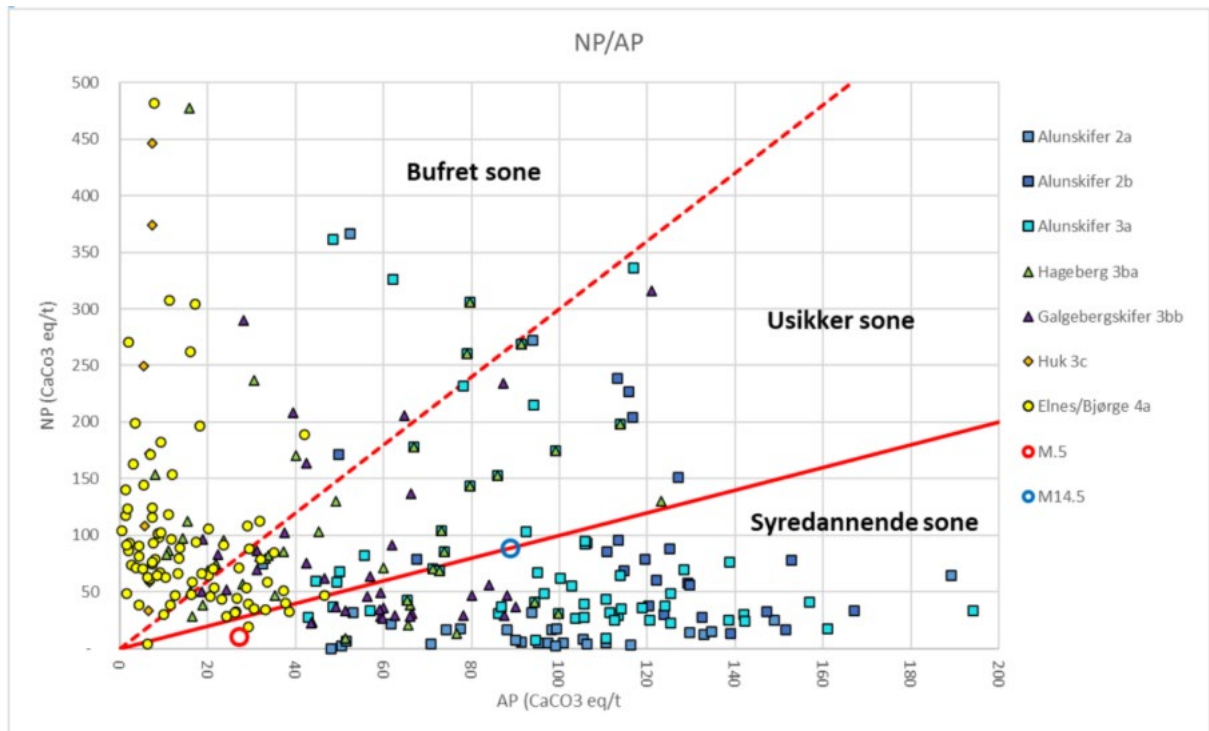
Det er også gjort en vurdering av forholdet mellom jern og svovel. Hensikten er å vurdere i hvor stor grad jern og tungmetaller er bundet som sulfider. Dette kan si noe om utlekkingspotensialet til tungmetallene ved oksidasjon og syredannelse.

Syredanningspotensial - beregning

Det ble tatt ut to kjerneprøver (M.5 og M.14.5) av berggrunnen i 2022 og de ble analysert av ALS for en analysepakke som brukes spesifikt for å bestemme om massene er syredannende eller ikke. Analyserapporten er vedlagt.

Beregnet syredannende og nøytraliserende potensiale i prøvene er plottet i et AP:NP-diagram i Figur 5.1. M.5 har et innhold av svovel på 8640 mg/kg og M14.5 har et innhold på 28400 mg/kg. Diagrammet viser at prøve M.5 havner innenfor potensielt syredannende sone.

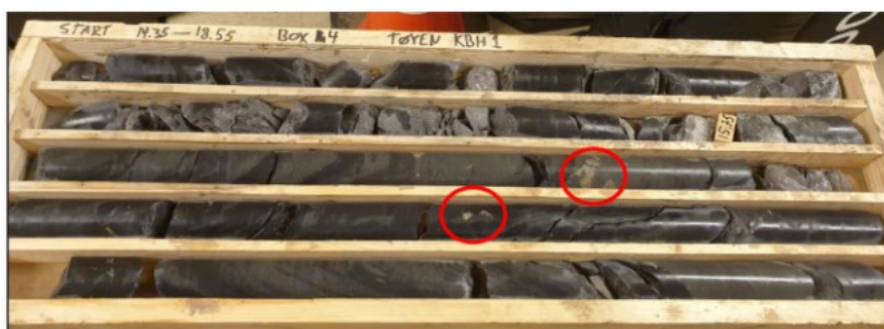
Generelt regner man likevel med at et svovelinnhold under 10 000 mg/kg ikke er tilstrekkelig for å igangsette syredannende reaksjoner i et omfang som gir akselerert forvitring. Prøve M.14.5 havner på grensen mellom syredannende og usikker sone og krever videre vurdering.



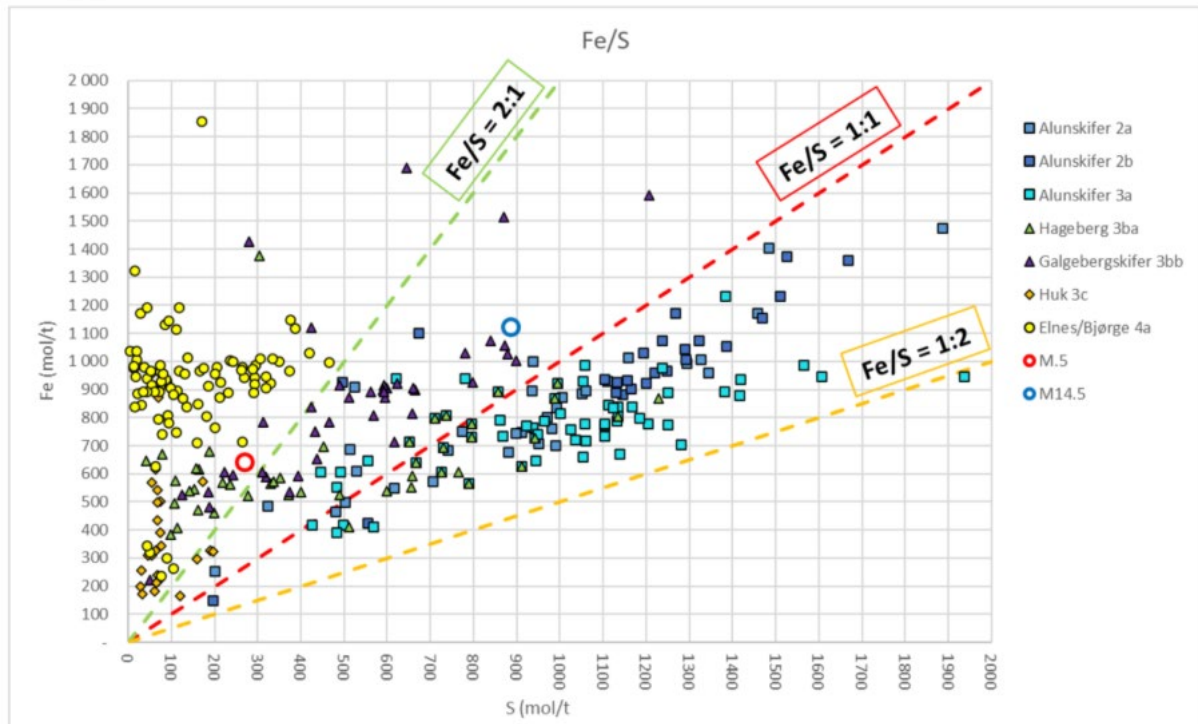
Figur 5.1 NP/AP diagram med prøvene plottet sammen med referanseprøver fra Oslofeltet.

Forholdet mellom jern/svovel i diagrammet i Figur 5.3 viser at prøve M.5 har et jern/svovelforhold som indikerer at mye av jern og tungmetaller også er bundet i andre mineraler enn sulfider. Prøve M.14.5 har et jern/svovelforhold på 1,27 som ligger innenfor området man kan regne med at mye av svovelet er bundet i pyritt.

Bilder av kjerneprøvene viser at skiferen inneholder sulfider i form av store pyrittkrystaller (figur 5.2). Det er derfor en mulighet for at det høye svovelinholdet i prøve M.14.5 ikke nødvendigvis er representativt for bergartsvolumet som helhet, men representerer en prøve med en slik krystall.



Figur 5.2 Kjernekaske 4; 14,35-18,55 m. Røde sirkler viser sulfider i form av pyrittkrystaller.



Figur 5.3 Jern/svovel diagram med prøvene plottet sammen med referanseprøver fra Oslofeltet.

Deponering

Miljødirektoratets veileder M-2105 (2) angir flytskjema for bestemmelse av deponikategori for svartskifer. Skiferbergprøvene fra Tøyen Stasjon har et moderat til høyt innhold av bl.a. svovel og jern, og vurderes å ha syredannende egenskaper. I henhold til analyseresultatene skal berget leveres til ordinært deponi med tillatelse fra DSA. Innholdet av radionuklider i prøvene overskrider ikke grenseverdi for radioaktivt avfall, og tiltaket krever ingen tillatelse til håndtering av radioaktivt avfall.

Massehåndtering

Det er utarbeidet en tiltaksplan for forurenset grunn. Følgende prinsipper for massehåndtering legges til grunn:

- Bergmasser klassifisert som syredannende skal kjøres direkte på godkjent mottak.
- Mellomlagring av potensielt syredannende bergmasser skal i hovedsak unngås.
- Eventuell mellomlagring skal skje på tett underlag og massene må tildekkes.
- Masser med mistanke om syredanningspotensiale eller forhøyet innhold av uran
- mellomlagres som om de er syredannende, inntil annet er dokumentert.

Radioaktive stoffer

Masser med en total radioaktivitet på >1 Bq/g defineres som radioaktivt avfall og skal håndteres i henhold til Avfallsforskriftens bestemmelser om radioaktivt avfall.

Et uraninnhold på >80 mg/kg indikerer at en burde måle radioaktiviteten for å avgjøre om den overstiger 1 Bq/g. Ingen av de to analyserte bergartsprøvene inneholder radionuklider over grenseverdi for radioaktivt avfall (Tabell 1), hverken for de individuelle radionuklidene eller summen av radionuklider.

Tabell 1 Beregnede spesifikke aktiviteter i skiferprøvene fra Tøyen stasjon.

Element:	Konsentrasjon (mg/kg):	Beregnet spesifik aktivitet (Bq/g):	Grenseverdi (Bq/g):
Uran			
M.5	12,5	0,15	1
M.14.5	15,3	0,19	
Thorium			
M.5	16,8	0,07	1
M.14.5	15	0,06	
Kalium			
M.5	40096	1,26	100
M.14.5	37854	1,18	
Sum*			
M.5		0,24	1
M.14.5		0,26	

* Sum etter formel $\sum_k \frac{C_k}{C_{e,k}} \geq 1$

Vurdering av radionuklider i anleggsvannet

Beregning av vannmengder

For å beregne mengden vann som må håndteres i løpet av anleggsperioden, er det gjort et estimat på størrelsen på byggegroppen, hvor lenge byggegroppen skal stå åpen og gjort en beregning på antatt mengde anleggsvann som vil måtte håndteres i løpet av anleggsperioden. Hoveddelen av bidraget er knyttet til prosessvann fra bergskjæring.

Dette er grunnlagsdata som i nåværende fase av prosjektene er usikre. Deler av byggetiden vil være innenfor nedbørfattige perioder. Den totale vannmengden er derfor angitt som et totalt estimert vannbruk for hele byggeperioden. Vannmengdene er først og fremst knyttet til prosessvannet fra bergskjæringen. Det vil kunne forekomme noe tilsig av vann til byggegroppen. Dette vil i hovedsak være nedbør som faller i byggegropp. Det kan være aktuelt å dekke til byggegroppen med telt under gjennomføringen.

Det forventes at anleggsvann fra boring i svartskifer vil inneholde forhøyede konsentrasjoner av løste metaller og partikler, og anleggsvann forventes å være uranholdig. Tabell 2 er hentet fra *Miljødirektoratets veileder om Håndtering av potensielt syredannende svartskifer* (2) og viser eksempler på analyser av vann som har vært i kontakt med både forvitret og uforvitret svartskifer (alunskifer og galgebergskifer) fra andre prosjekter.

Syredannelse og utlekking av sporstoffer skyldes forvitring av sulfidmineraler i svartskifer. Avrenning av surt vann, sporstoffer og radioaktive stoffer (radionuklider) som frigjøres i prosessen, kan forårsake miljøskader. Vann som har vært i kontakt med svartskifer, og særlig alunskifer, kan ha høye konsentrasjoner av sporstoffer, uran og aluminium.

Når masser som allerede er forvitret kommer i kontakt med vann, kan man umiddelbart få avrenning med lav pH og høye sporstoffkonsentrasjoner. Dette skyldes at forvitring har pågått over lengre tid og det er en forvitringsoverflate som kan løses opp i kontakt med vann. Uforvitrede masser vil utvikle lav pH og høye metallkonsentrasjoner før etter en viss tid med kontakt med oksygen og vann.

Tallene for forvitret galgebergskifer for utlekking er brukt videre i beregninger av utslipp fra prosjektet.

Tabell 2 Eksempler på analyser av vann som har vært i kontakt med forvitret og uforvitret svartskifer (alunskifer og galgebergskifer) (2). Metallanalysene gjelder for filtrerte prøver (0,45 µm).

Prøve	pH	SO42- (mg/L)	Al (µg/L)	Cr (µg/L)	Cu (µg/L)	Pb (µg/L)	U (µg/L)
Forvitret galgebergskifer (6 år)	3,8	1800	9170	0,4	795	4,4	169
Uforvitret galgebergskifer (1 uke)	9,2	186	185	0,9	<5	<0,5	445

Arbeidet vil innebære vaiersaging/sømboring i fjell med wire, boring av bergbolter i fjell og vask av bergoverflaten før påføring av sprøytebetong. Totalt utslipp av anleggsvann i prosjektet er estimert til ca. 655 000 liter over hele prosjektperioden med bergarbeider, som blir ca. 1 år.

Produksjon av anleggsvann per dag vil variere mye avhengig av arbeidene som gjøres. Vaiersaging/sømboring i fjell med wire vil produsere mesteparten av anleggsvannet. Vann vil være i kontakt med galgebergskifer under driving gjennom hele profilet. Forsegling med sprøytebetong vil skje fortløpende. Endelig forsegling med sprøytbar membran og betongstøp vil gjøres når berguttak og bergsikring er ferdig. Kontakttiden mellom anleggsvann og uranholdig støv/partikler produsert under arbeidet vil kunne gi et forhøyet innhold av uran og thorium i anleggsvann, som totalt kan overstige de søknadspliktige grenseverdier for total aktivitet, vist i Tabell 3. Beregninger for utslipp av kalium, viser at dette er under grenseverdien.

Total aktivitet i utslippet er beregnet til 1,4 MBq for hele prosjektperioden.

Beregninger basert på antatte vannmengder og utlekkingstall fra tabell 1, viser at utslipp av anleggsvann fra prosjektet er søknadspliktig til *Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA)*. Det er store usikkerheter forbundet med beregningene, spesielt i antatt konsentrasjon av uran og thorium i vannfasen, men det vurderes at det er benyttet konservative verdier. I tillegg er det usikkerhet knyttet til vannmengder og lengde på anleggsperioden.

Tabell 3 Grenseverdier for søknadspliktige radioaktive utslipp (vann) og beregnede verdier for dette prosjektet.

Radionuklide	Søknadspliktig total aktivitet (Bq/år)	Beregnet total aktivitet (Bq/år)
U ^{nat}	100	1 400 000
Th ^{nat}	100	532

Det mest aktuelle metoden for å håndtere anleggsvann vil være å søke Oslo kommune om å slippe rensed anleggsvann på kommunalt nett. Renseanlegget bør utrustes med kjemikalier som også kan felle ut løst uran dersom urankonsentrasjonene er høyere enn antatt. Sedimenteringscontainere må dimensjoneres slik at vannet får tilstrekkelig oppholdstid til at partikler sedimenteres.

Mengden vann som påvirkes av syredannende bergmasser skal minimeres gjennom avskjæring og andre tiltak. Byggegroppen vil forsegles fortløpende, men det kan allikevel oppstå behov for håndtering av anleggsvann med forhøyet innhold av radionuklider. Overvann som er innom anleggsområder skal samles opp, renses og prøvetas før utslipp.