

Til: Åsland Næringsspark Eiendom AS
v/ John Mjøen
Kopi til: Statens strålevern v/ Marte Varpen Holmstrand
Dato: 2017-12-15
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /
Dokumentnr.: 20160766-01-TN
Prosjekt: Taraldrud - Grunnforurensning svartskifer
Prosjektleder: Gunvor Baardvik
Utarbeidet av: Gunvor Baardvik, Erlend Sørmo
Kontrollert av: Gerard Cornelissen

Bestandighet av leire ved kontakt med syredannende skifer

Innhold

1	Innledning	2
2	Forurensende potensial og effekt av lokale tiltak	2
3	Leire til beskyttelse av syredannende skifer	6
3.1	Kjemisk bestandighet av leire – Alternativ 1	6
3.2	Bestandighet mot uttørking - Alternativ 2	10
4	Oppsummering	11
5	Referanser	12

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Ved Taraldrud i Ski kommune er det observert at det er fylt overskuddsmasser av mellom annet svartskifer. Massene er etter all sannsynlighet svartskifer fra utbygging i Oslo-området. Utlekking av vann fra massene påvirker bekken som går langs fyllingsfoten og det er derfor utarbeidet midlertidige tiltak som reduserer dette, i påvente av en avklaring om hvilke permanente tiltak som skal gjøres. Det vises til NGI-rapportene 20160766-01-R og -02-R (NGI, 2017a og NGI, 2017b). Disse rapportene er et supplement til Åsland Næringspark Eiendom AS (ÅNE) sin søknad datert 26. mars 2015 (Multiconsult, 2015) til Statens strålevern og Miljødirektoratet om tiltak for å redusere spredning av forurensning.

Det vises også til møte hos Miljødirektoratet 27. september 2017, hvor tre tiltak for reduksjon av forurensningspåvirkning ble presentert og diskutert. To av løsningene som er presentert, er lokale omdisponeringsløsninger, som i hovedsak går ut på å bruke stedlig leire som et tett materiale. Den første muligheten er å bruke leiren som et materiale som skiferen blandes ned i (Alternativ 1, under grunnvannstanden). Den andre muligheten er å pakke leiren rundt skiferen (Alternativ 2, over grunnvannstanden). Fellesprinsippet for disse metodene er å sikre at vannstrøm og oksygentilførsel til skifermassene blir minimale.

I møtet hos Miljødirektoratet (27.09.17) ble det avtalt et nytt møte med Statens strålevern hvor det skulle fokuseres på leires fysiske og kjemiske bestandighet. Dette møtet ble avholdt 1. november 2017, og NGI presenterte da utfyllende informasjon om de lokale omdisponeringstiltakenes forventede effekt på hindring av oksidasjon og utlekking fra skifermassene. Statens strålevern ba videre om en ytterligere utdyping av og dokumentasjon på bufferkapasitet i leire når den blandes med skifermasser med surt porevann, samt bestandigheten av leira over tid.

Beregningsunderlag for risikovurderingen som er utført og presentert i NGI-rapport 20170766-02-R "Supplerende rapport til dokument 125868-RIGm-RAP-003. Risikovurdering for spredning av forurensning. Tre alternative tiltaksløsninger", ble oversendt som Excel-fil til Statens strålevern 8. november 2017.

Dette notatet gir supplerende dokumentasjon av leires bestandighet og dens effekt på utlekking og forvitningsreaksjoner i de lokale omdisponeringsløsningene for svartskifermassene på Taraldrud.

2 Forurensende potensial og effekt av lokale tiltak

Svartskifer er kjennetegnet med at den har et høyere innhold av sulfid, tungmetaller og uran enn andre bergarter. Forvitring som følger av tilførsel av luft og vann til syredannende skifer kan gi lav pH i vannfase og økt mobilitet og utlekking av tungmetaller og naturlige radioaktive nuklider. Regelverk knyttet til spredning av

forurensning forvaltes av Miljødirektoratet, mens Statens strålevern forvalter regelverk knyttet til spredning av radioaktive nuklider.

Det har blitt gjort en omfattende risikovurdering av de to lokale omdisponeringstiltakene (NGI, 2017b). Her oppsummeres kort resultatene fra risikovurderingen som er relevante for vurderingene i dette notatet. Se NGI (2017b) for mer detaljerte beskrivelser.

I risikovurderingen av Alternativ 1 og 2 har mulige framtidige konsentrasjoner av et utvalg av parametere i resipient (Snipetjernsbekken) blitt beregnet som vist i Tabell 1. Beregninger av mulige konsentrasjoner i Snipetjernsbekken er utført med bakgrunn i de høyeste og laveste porevannskonsentrasjonene målt i sjakter (Tabell 2, se også NGI, 2017a), estimert fluks av vann gjennom området med svartskifer (Tabell 3), samt vannføring i Snipetjernsbekken (NGI, 2017b). Beregnet maksimalkonsentrasjon (maks) tar utgangspunkt i at alt av porevann i de omdisponerte massene vil være like ille som porevannet med høyeste målte konsentrasjon i dagens fylling. Dette er en svært konservativ tilnærming, og det er tydelig når en sammenligner målte verdier i Snipetjernsbekken med beregnede verdier for dagens situasjon, som er nitten ganger høyere (maks målt uran er 12 µg/l, mens maks beregnet er 227 µg/l, se Tabell 1). or flere detaljer om disse beregningene se NGI (2017b).

Det finnes ingen norsk grenseverdi for uran i drikkevann (eller miljøkvalitetsstandarder - EQS), men WHO har en anbefalt en øvre grense på 30 µg/l for drikkevann i områder hvor uran finnes naturlig i grunnen. Forventede konsentrasjon av uran i Snipetjernsbekken etter tiltak er langt lavere enn denne grensen, selv for den konservativt beregnede maksimalkonsentrasjonen (1,4 µg/l).

Tabell 1 Målte og beregnede konsentrasjoner av et utvalg parameter (i µg/L) i Snipetjernsbekken, sammenlignet med beregnede konsentrasjoner etter tiltak samt grenseverdier for drikkevann

Parameter	Dagens situasjon				Etter tiltak		Grenseverdier, drikkevann
	Målt		Beregnet		Beregnet		
	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	
Al	340	450	0,29	5931	0,0018	37	200 ¹⁾ *
As	i.a.	i.a.	0,062	4,9	0,0004	0,030	10 ¹⁾
Cu	3,6	3,6	0,37	322	0,0023	2,0	2000 ¹⁾
Ni	18	23	0,072	253	0,0005	1,6	20 ¹⁾
Zn	11	14	2,6	323	0,016	2,0	-
U	7,6	12	0,036	227	0,0002	1,4	30 ²⁾

¹⁾Drikkevannsforskriften

²⁾ WHO, 2005

*Tiltaksgrense i drikkevannsforskriften

i.a. = ikke analysert

Tabell 2 Resultater fra prøvetaking av vann fra ulike sjakter på Taraldrud. Alle prøver er filtrerte før analyse. Sjaktehullenes plassering er vist i Figur 1.

Parameter	Enhet	Hull 1	Hull 7	Hull 14	Hull 16
pH		7,03	5,73	5,85	3,03
Ledningsevne	mS/m	101	293	338	513
Ca (Kalsium)	mg/l	167	529	518	483
Fe (Jern)	mg/l	0,0179	37,8	127	334
K (Kalium)	mg/l	14,9	4,79	4,57	<3
Mg (Magnesium)	mg/l	19,3	146	123	196
Na (Natrium)	mg/l	13,7	22,8	88,9	129
Al (Aluminium)	µg/l	8,85	12,1	530	182000
As (Arsen)	µg/l	1,89	<0.5	<0.5	<30
Ba (Barium)	µg/l	121	14,7	14,6	<10
Cd (Kadmium)	µg/l	0,16	14,7	4,5	306
Co (Kobolt)	µg/l	3,18	177	185	1030
Cr (Krom)	µg/l	<0.5	<0.5	<0.5	122
Cu (Kopper)	µg/l	11,3	<1	<1	9880
Hg (Kvikksølv)	µg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Mn (Mangan)	µg/l	4030	10100	9270	9420
Mo (Molybden)	µg/l	4,1	0,866	3,44	<30
Ni (Nikkel)	µg/l	4,72	1350	1390	7760
Pb (Bly)	µg/l	0,381	<0.2	<0.2	<10
Zn (Sink)	µg/l	79,6	305	515	9900
V (Vanadium)	µg/l	1,1	<0.05	<0.05	93,8
Th (Thorium)	µg/l	<0.2	<0.2	<0.2	21,9
U (Uran)	µg/l	2,9	110	200	6980
DOC	mg/l	15,1	1,71	1,75	2,33
Sulfat (SO ₄)	mg/l	23,8	1980	2140	4500
Nitrat (NO ₃)	mg/l	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Klorid (Cl ⁻)	mg/l	20,2	15,7	170	210

Tabell 3 Beregninger av infiltrasjon av nedbørsvann i skifermassene på Taraldrud, før og etter foreslåtte tiltaksalternativ 1 og 2. For flere detaljer se NGI (2017b).

Delutregning	Benevning	
Areal hele område	m ²	93000
Nedbør	m/år	0,774
Infiltrasjon	L/år	71982000
Infiltrasjon i skifermasser	L/år	30186000
Redusert vannmengde gjennom skifermassene pga tiltak		
Rest avrenning asfalt (85 % som rent vann)	L/år	10797300
Inn i skifermassene	L/m ² /år	50
Ny overflate av område med skifermasser*	m ²	9000
Infiltrasjon gjennom skifermassene i kjernefyllingen	L/år	450000
Prosentvis reduksjon i vannmengde etter tiltak	%	99,4
Rest rent vann (avrenning oppe på leire)	L/år	10347300

* Arealet av tettevullen mellom veg og isolert skifer er 2280 m². Myrarealet for løsning 1 er 9000 m², og det er dette som konservativt er lagt til grunn, for å forenkle beregningene.

Som en ser av Tabell 4 er det beregnet en fluks av metaller ut fra det forurensede området med skifermasser slik situasjonen er i dag. Ved å gjennomføre tiltak for å redusere vannmengden gjennom skifermassene, begrenses også forurensningstransporten ut, og mengden metaller som lekkes til Snipetjernsbekken vil reduseres med 99,4 %. Dette er proporsjonalt med reduksjonen i vannmengden. Det påpekes at beregnet maksimal fluks etter tiltak også er basert på at alt porevann i de deponerte massene er like surt og har like høy konsentrasjon av metaller som porevannet i Hull 16. Dette er en svært konservativ tilnærming. Når svartskifermassene blandes vil pH endres, og dermed også løseligheten til metallene (se kapittel 3).

Tabell 4 Beregnet fluks av utvalgte parametere for nå-tilstand og etter tiltak, samt reduksjon av fluksen ved gjennomføring av tiltak

Parameter	Enhet	Nå-tilstand		Etter tiltak	
		Min	Maks	Min	Maks
Al	kg/år	0,64	13101	0,0040	82
As	kg/år	0,14	11	0,0009	0,07
Cu	kg/år	0,81	711	0,0051	4,4
Ni	kg/år	0,16	559	0,0010	3,5
Zn	kg/år	5,7	713	0,036	4,5
U	kg/år	0,08	502	0,0005	3,1

3 Leire til beskyttelse av syredannende skifer

3.1 Kjemisk bestandighet av leire – Alternativ 1

Denne vurderingen er relevant for Alternativ 1 (neddykking av skifermasser i kvikkleire).

Lav pH øker mobiliteten til en rekke metaller, inkludert uran. Et tydelig eksempel på det er Tabell 2, som viser vannprøver tatt i sjakter på Taraldrud: I Hull 16 er pH 3,03 og urankonsentrasjonen 6980 µg/l, mens i Hull 14 er pH 5,85 og urankonsentrasjonen 200 µg/l. For å holde løseligheten til metallene lav og dermed redusere den totale transporten av forurensning ut av de omdisponerte massene, er det viktig å opprettholde en tilnærmet nøytral pH (>5). For Alternativ 1 (NGI, 2017b), foreslås en neddykking av skifermassene i stedlig kvikkleire. Leiren vil i stor grad hindre infiltrasjon av både luft og vann i massene (se NGI, 2017b for flere detaljer). Dette vil redusere sulfidoksidasjon med oksygen i svartskifermassene i betydelig grad. Sulfider kan imidlertid også oksideres av Fe(III), men denne reaksjonen krever en lav pH (<3,5), fordi Fe(III) felles ut som uløselige hydroksider ved høyere pH (Evangelou & Zhang, 1995). For å unngå oksidasjon med Fe(III) er det derfor også viktig at pH i blandingen av svartskifer og leire ikke synker under 3,5.

Med bakgrunn i disse to problemstillingene (løselighet og Fe(III) oksidasjon) har det blitt gjort en beregning av forventet pH i blandingen av leire og svartskifer for Alternativ 1 (jfr. NGI, 2017b).

3.1.1 Bufferkapasitet i leire

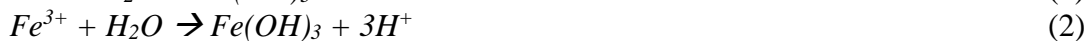
Bufferpotensialet i kvikkleire, mellom pH 9 og 5, ble undersøkt gjennom en titreringstest. Testen går ut på at 1 M salpetersyre tilsettes dråpevis til en blanding av leire og vann, mens endring i pH registreres. Mengden syre som er nødvendig for å endre pH fra 9 til 5 gir følgelig et uttrykk for bufferkapasiteten i leiren. Tabell 5 viser resultater fra titreringstester med to typer kvikkleire: fra Sørums i Akershus og fra Kværnerdalen i Oslo, med en start-pH på 9,0 og 9,3 respektivt. Tilbakeregnet betyr dette at 1 kg kvikk leire vil kunne bufre 0,19 mol H⁺ til pH 5 (resultatet er omtrent likt for begge typer kvikkleire). Dersom en antar at leiras egenvekt er 1,8 l/kg, betyr dette at 1 l leire vil kunne bufre 0,34 mol H⁺ til pH 5. Dette innebærer at 1 l leire vil kunne tilføres 0,34 mol H⁺ uten at pH synker under 5.

Tabell 5 Kumulativ mengde mol H⁺ tilsatt per kg leire for å endre pH fra 9 til 8,7,6, og 5.

pH	Sørum kvikkleire (mol/kg) pH 9.3	Kværnerdalen kvikkleire (mol/kg) pH 9.0
9	0,0062	0
8	0,0194	-
7	0,0692	0,0762
6	0,1067	-
5	0,1886	0,1919

3.1.2 Forsuringskapasitet i porevann

Forvitring av skifermassene på Taraldrud har forårsaket surt, metallholdig porevann i deler av de utfylte massene (Tabell 2). I en blanding av svartskifermasser og leire vil dette sure porevannet forbruke av bufferkapasiteten i leira. Det antas forenklet at porøsiteten i skifermassene er 50 %, noe som er et konservativt anslag. Da vil det i 1 l mettede skifermasser vil det være 0,5 l vann. Forsuringskapasiteten i porevannet består av både fri H⁺ (målt som pH) og svake syrer som Al³⁺, Fe³⁺ og humussyrer. Likning 1 og 2 viser at per mol Al³⁺ eller Fe³⁺ vil det kunne produseres 3 mol H⁺. Humussyrene forventes å ha en CEC, og derfor en maksimal H⁺ produksjon, på 0,2 mol/kg (Schlesinger & Berhardt, 2013).



For å estimere den totale forsuringskapasiteten i porevannet blir det videre antatt at all Al og Fe foreligger som Al³⁺ og Fe³⁺ og at all DOC er humussyrer.

Tabell 6 Beregning av totalt antall mol H⁺ i porevannet i 1 liter skifermasser, basert på porevanns- konsentrasjonene fra Hull 16 i Tabell 2.

	Porevann kons. (mg/l)	Porevann kons. (mol/l)	H ⁺ i porevann (mol/l)	H ⁺ per liter skifermasser (mol)
H ⁺ (pH)	3,03	0,00093	0,00093	0,00047
Al ³⁺	182	0,00674	0,02022	0,01011
Fe ³⁺	334	0,00597	0,01789	0,00895
DOC	5,2*	-	0,000001	0,0000005
Sum	-	-	-	0,01953

*Gjennomsnittskonsentrasjon fra alle sjaktene, ettersom DOC var lavest i Hull 16 (konservativt estimat)

3.1.3 Forventet pH i blandede masser av skifer og leire

Basert på titreringstest med leire vil 1 l leire kunne tilføres 0,34 mol H⁺ uten at pH synker under 5. I Hull 16 ble det målt det sureste porevannet av alle sjaktene, med pH 3,03. 1 liter av skifermassene fra Hull 16 vil kunne tilføre leira totalt 0,0195 mol H⁺ (Tabell 6) Dette betyr at en vil kunne blande 17,5 l skifermasser fra Hull 16 med 1 leire og ende opp med en total pH lik 5. Dersom en ikke ønsker at pH skal synke under 7, vil en fortsatt kunne blande 3,7 l skifermasser med 1 l leire.

Porevannskonsentrasjon i Hull 16 vs. resten av området

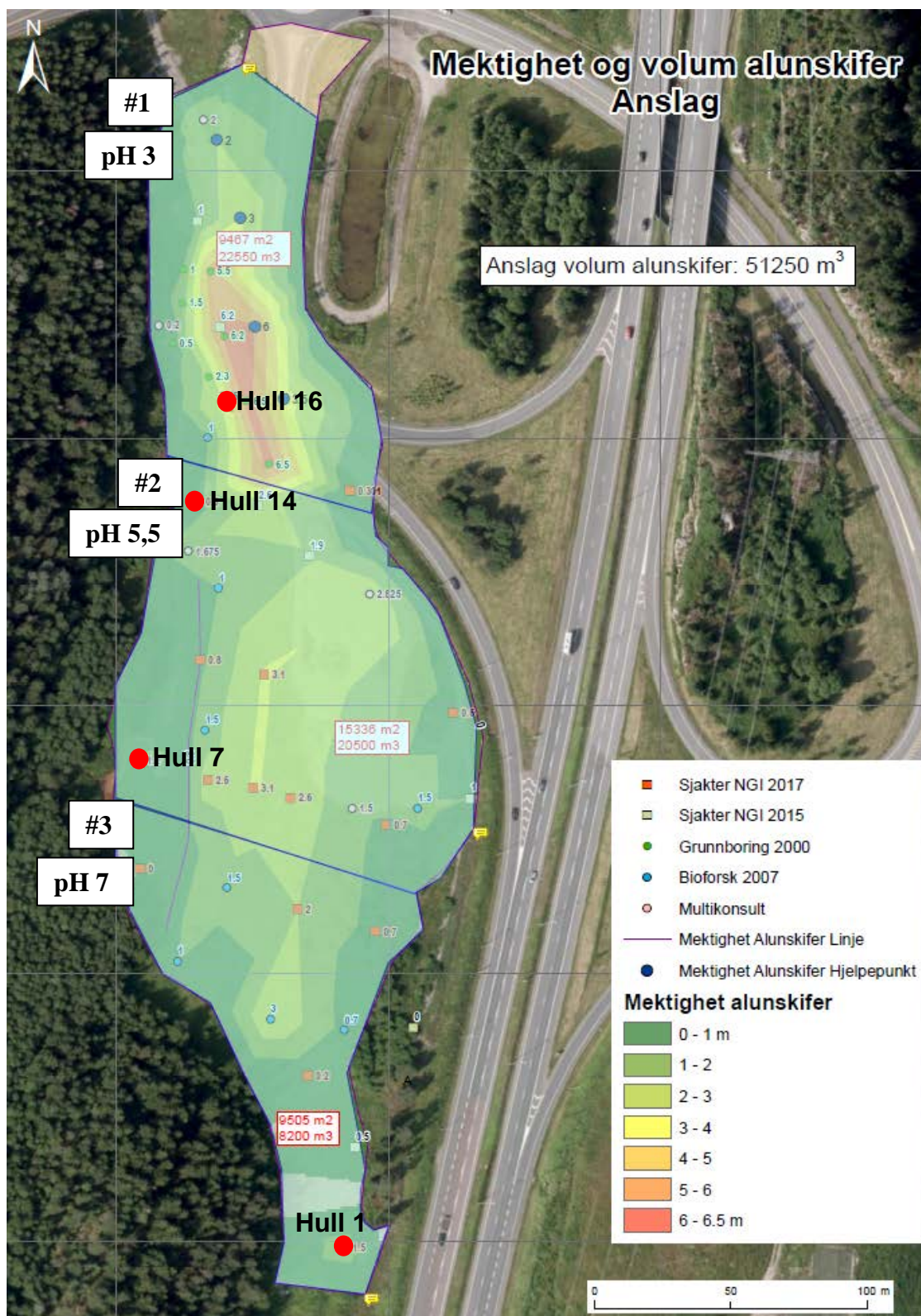
Disse pH-beregningene er basert på porevannskonsentrasjoner i Hull 16. Hull 16 er et prøvepunkt fra et område på Taraldrud med de desidert mest forvitrede skifermassene. Basert på resultater fra pH-målinger i ulike sjakter (NGI, 2017a) har det totale området på Taraldrud blitt delt inn i 3 områder med betydelig forskjell i pH (Figur 1). Det har så blitt gjort volumberegninger av mengden skifermasser innenfor hvert område med bakgrunn i samme metode som ble brukt i NGI (2017b). Beregningene er oppsummert i Tabell 7. Området med pH 3 i porevann representerer 44 % av den totale massemengden. Resterende andel masser, som har en pH på mellom 5,5 og 7, utgjør 56 % av den totale massemengden.

Dette betyr videre at det er under halvparten av massene som har en pH som er så lav at den har et behov for bufring for å unngå forhøyet løselighet av metaller og Fe(III) oksidasjon av sulfider.

Andelen kvikkleire som svartskifermassene foreslås blandet med i tiltaksløsning 1, er omtrent like stor som den totale andelen skifermasser (ca. 50 000 m³). Dette betyr at det er et forhold på 2:1 av leire til skifermasser som behøver bufring. Ettersom at beregningene over viser at en kan blande 3,7 l skifermasser (med pH 3) sammen med 1 l leire uten at pH synker under 7, betyr dette at mengde leire og den totale bufringskapasiteten i leira er tilstrekkelig til å bufre skifermassene innenfor en kritisk pH med god margin.

Tabell 7 Volum av skifermasser innenfor delområder med ulik pH på Taraldrud.

Delområde	pH	Volum skifer (m ³)	Andel av total mengde skifer (%)
1	3	22550	44
2	5,5	20500	40
3	7	8200	16



Figur 1 Volumestimat av utfylte skifermasser på Taraldrud, delt inn i 3 områder med ulike gjennomsnittlige pH i porevann.

3.2 Bestandighet mot uttørking - Alternativ 2

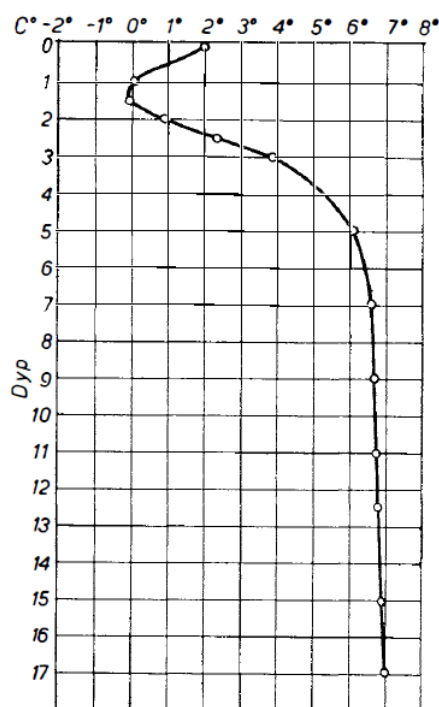
Denne vurderingen er relevant for Alternativ 2 (drenert løsning med leiretopptetting).

Leire er et naturlig materiale med lav permeabilitet og høy vannretensjonsevne som følge av et høyt innhold av finstoff. Vannmetningen i porene gjør at diffusjonen av oksygen gjennom leiren er svært lav og den lave permeabiliteten gjør at vanntransporten gjennom leira også går svært sakte. Det er nettopp på grunn av disse egenskapene at leira er godt egnet som en geologisk barriere, som hindrer infiltrasjon av vann og luft, samt utlekking av forurenset vann.

Tørke og høy temperatur kan imidlertid føre til at leira mister porevann og sprekker opp. Dette er registrert der for eksempel bentonittleire er brukt som tettemateriale rundt rør hvor det er høy temperatur og det ikke er naturlig tilførsel av fukt. Den viktigste sikring mot mulig uttørking er at leirmaterialet ligger under grunnvannstanden. Under grunnvannstanden er alle porer mettet. Det vil være tilfellet for Alternativ 1.

For at leire som ligger drenert, som i Alternativ 2, men i jordfuktig miljø skal tørke, må den tilføres varme eller strømmende luft. Komprimert tørrskorpeleire har et vanninnhold ved utlegging på 5-8% over det vanninnholdet hvor materialet begynner å få tørkesprekker. Tildekkingsmassene fra tunnelboring har et naturlig vanninnhold som sikrer et jordfuktig miljø og en korngradering med høyt finstoffinnhold som ivaretar liten luftstrømning. Vann som eventuelt skal dampes av fra tettesjiktet må varmes opp av en eksoterm reaksjon i svartskiferen og drives ut gjennom omfyllingsmassene.

De omdisponerte skifermassene i Alternativ 2, ligger dypt, dvs. frostfritt (>2 m) og i kontakt med underliggende leirige masser. Både underliggende masser, leiretildekkingen og omfyllingsmassene av tunnelboremasse vil ha den naturlige lave temperaturen som løsmasser i norsk klima har, dvs. mellom +4 til +6 °C, se Figur 2, og det vil kreve mye varmeenergi å øke temperaturen i massene til et nivå som gir netto avdamping.



Figur 2 Fordeling av middeltemperatur i jorden med dybden (Moum og Rosenquist, 1956).

De lokale omdisponeringstiltakene (NGI, 2017b), både Alternativ 1 og 2, er imidlertid designet slik at oksidasjon av sulfid i skifermassene vil minimeres. For massene som dykkes ned i kvikkleire (Alternativ 1) vil tilgangen på oksygen bli neglisjerbar, noe som vil hindre oksidasjon. For massene som isoleres og tildekkes med komprimert leire over grunnvannstanden, er porøsiteten i skifermassene lav, og det tilføres ikke luft utover det som bygges inn ved tildekkingen. Det gir et lite volum innbygget luft og oksideringen pågår til dette oksygenet er forbrukt, slik det også er i avfallsdeponi for svartskifer etter tildekking. Tildekkingens mektighet og bruk av finstoffholdig bergmasse fra tunnelboringen på Follobanen er begge faktorer som bidrar til å holde stabil temperatur og vanninnhold i tettesjiktet av leire.

Oksidasjon av sulfid med Fe(III), og følgende varmeutvikling, er også lite sannsynlig for Alternativ 1 ettersom pH i skifermassene vil bufres av leira i tilstrekkelig grad til å hindre denne reaksjonen.

4 Oppsummering

Det er utført titreringsforsøk med leire som viser at 1 liter kvikkleire med naturlig pH lik 9 har svært god bufferkapasitet mot surt vann fra forvitret svartskifer. 3,7 liter skifermasse med pH lik 3 kan blandes med 1 liter leire uten at pH synker under 7, og

hele 17,5 L skifermasse med pH lik 3 kan blandes med 1 L leire uten at pH synkes under 5. En pH over 5 holder løseligheten til metaller og uran lav, og beregningene viser at å blande leire med skifer bidrar til pH over 7 for de aktuelle massene på Taraldrud. Videre har leire lav permeabilitet og lav oksygendiffusjon, slik at oksidasjonsprosessene på skiferoverflatene reduseres kraftig.

Uttørking av leire er ikke en aktuell problemstilling for Alternativ 1 (neddykking av skifer i kvikkleire) da skiferen blir liggende under grunnvannstand, i vannmettet fase. For Alternativ 2 (den drenerte løsningen), som er tilsvarende en deponiløsning for svartskifer, er det vurdert at temperaturen i omkringliggende jordmasse er lav og volumet av omkringliggende masse er stort. Det vil bidra tilstrekkelig til at temperaturen i tildekkingsleira ikke kan stige til et nivå hvor vann damper av i så store volumer at det kan dannes tørkesprekker, selv om det skulle oppstå en viss varmeutvikling i skiferen fram til oksygenet er brukt opp.

5 Referanser

Multiconsult (2015), Søknad om gjennomføring av tiltak. Dokumentkode 125868-RIGm-RAP003, datert 26. mars 2015.

NGI (2017a), Taraldrud - Grunnforurensning svartskifer. Geokjemisk kartlegging og volumestimat av svartskifer. NGI-rapport 20160766-01-R, Datert 28-04-2017.

NGI (2017b)

Supplerende rapport til dokument 125868-RIGm-RAP-003. Risikovurdering for spredning av forurensning. Tre alternative tiltaksløsninger. NGI-rapport 20160766-02-R, datert

NGI (2015)

Veileder for identifisering og karakterisering av syredannende bergarter. NGI-rapport 20120842-01-R, datert 2015-02-09. Grunnlagsmateriale for Miljødirektoratets veileder (foreløpig M-310).

Moum og Rosenquist (1956).

Jordtemperaturen I Øst-Norge. Norsk Geologisk tidsskrift.

Schlesinger & Berhhardt (2013)

Biogeochemistry. 3rd edition, Academic Press, New York

WHO (2005), Uranium in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO/SDE/WSH/03.04/118

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Bestandighet av leire ved kontakt med syredannende skifer		Dokumentnr./Document no. 20160766-01-TN
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical note	Oppdragsgiver/Client Åsland Næringsspark Eiendom AS	Dato/Date 2017-12-15
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr. & dato/Rev.no. & date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Leire, svartskifer, pH		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Ski	Feltnavn/Field name
Sted/Location Taraldrud	Sted/Location
Kartblad/Map 1914-4 OSLO	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 32V Øst: 603272 Nord: 6630011	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:
0	Originaldokument	2017-12-15 Erlend Sørmo	2017-12-15 Gerard Cornelissen		
		2017-12-15 Gunvor Baardvik			

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 15. desember 2017	Prosjektleder/Project Manager Gunvor Baardvik
----------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------------------------

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

