

MARS 2024
PER STÅLE WINDEGAARD AS



SULFIDVURDERINGER NYMO VERFT– GRIMSTAD KOMMUNE

RAPPORT





ADRESSE COWI AS
Tordenskjolds gate 9
4612 Kristiansand S
TLF +47 02694
WWW cowi.no

Dokument informasjon

TITTEL:	Nymo verft utbygging - Sulfidvurderinger		
COWI-KONTOR:	Kristiansand, Tordenskjoldsgate 9		
OPPDRAK NR:	A269740	Rapportnummer	A269740_RIM_SULFID
UTGIVELSESDATO:	22.03.2024	Antall sider:	17
TILGJENGELIGHET:		Antall vedlegg:	-
UTARBEIDET:	Anke Degelmann	Sign. 	
KONTROLLERT:	Ida Martine Jensen	Sign.	
GODKJENT:	Anke Degelmann	Sign.	
OPPDRAGSGIVER:	Per Ståle Windegaard AS	Oppdragsgivers kontaktperson:	Per Ståle Windegaard
KONTAKTINFORMASJON SAKSBEHANDLER:	Anke Degelmann, adeg@cowi.com , mobil: 907 919 75		
STIKKORD:	Berggrunn, sulfid, kartlegging, forurenset grunn		
FOTO PÅ FORSIDE:	Bilde av lokalitet ved første befarig		

RAPPORT VERSJON:	DATO:	SIGNATUR:
01	22.03.2024	

INNHOOLD

1	Innledning og sammendrag	5
2	Geologiske utredninger	7
2.1	Berggrunn	7
2.2	Mineralogi	8
2.3	Forvittringsgraden	9
2.4	Prøvetaking og kartlegging	10
3	Kjemiske undersøkelser	11
3.1	Inndeling i ulike fraksjoner for sulfid og akseptkriterier	11
3.2	Analyseresultater	13
3.3	Vurdering og diskusjon av analyseresultater	14
3.4	Endelig håndtering av bergmassene	15
4	Konklusjon	16
5	Referanser	17

1 Innledning og sammendrag

Ved Nymo – Ugland i Grimstad kommune skal det opparbeides nye arealer for lagerformål. Tiltaket omfattes av Gnr./b.nr. 18/87 mfl., gateadresse er U.M. Utlands vei 14. Tiltaksområde er lokalisert sør for Nymo Ugland sitt eksisterende bedriftsareal ved Vikkilen.

COWI ble engasjert av Fa. Per Ståle Windegaard AS som tiltakshavers representant for å sjekke om bergartene kan generere sur avrenning ved utsprenkning.

Mesteparten av fjell var blitt sprengt før geologen ble kalt inn og steinen lå rundt i hauger foran fjellveggen hvor de ble sprengt ut. En del av steinmassene var kjørt ut av tiltaksområde ved tidspunktet for befaringen.

Sulfidholdige bergarter har betydelig risiko for miljøskade ved forsurening av vannmiljø som potensielt kan føre til mobilisering av tungmetaller. Ved terrenginngrep der det er mistanke om forurensning skal det, i henhold til § 2-4 i forurensningsforskriften, utføres undersøkelser for å klarlegge omfanget og betydningen av eventuell forurensning. I dette tilfelle er forurensningen syredannende bergarter (1). Lillesand kommune har i samarbeid med andre lokale myndigheter utarbeidet en veileder til klassifisering av syredannende bergarter; *"Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis, versjon 2,4"*. Veilederen legges til grunn i dette notatet for vurderingene av syredanningspotensiale og eventuelle tiltak som må iverksettes. (2)

På NGU sitt berggrunnskart (3) er det registrert Grimstadgranitt (Fjæreggranitt) i nesten hele område unntatt en liten linse med bergarten båndgneis, vist med grønn farge på berggrunnskart (Figur 2-1) og denne bergarten kan være potensiell syredannende.

Fremgangsmåte i feltet var uttak av steinprøver og uttak av borestøvsprøver der hvor det ikke var sprengt. Til analysing av resultatene ble det brukt veilederen (2) fra Lillesand kommune, mikroskopisk og geologisk vurdering.

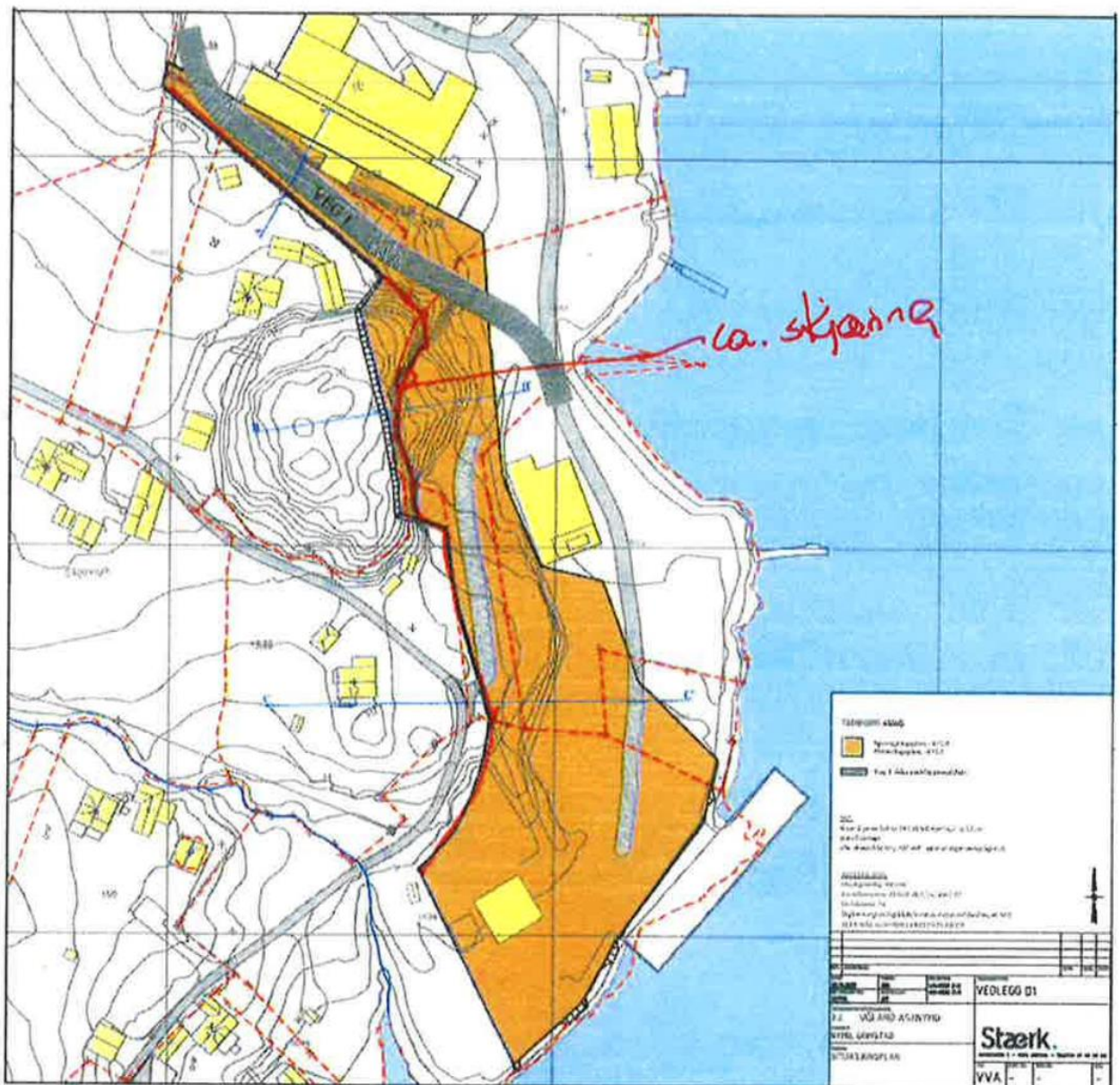
Fjellmasser var sprengt og hverken granitten, heller båndgneis (charnockittisk gneis) viste veldig forvitret bergmasse. Noen enkelte steder i fyllingen spesielt i charnockitten var det rustfarge på bruddflate(r). Det var svært vanskelig å sortere stein ut. Noe som vanligvis gjøres med hjelp av forvitningsgraden, dvs. rustfarge i kombinasjon med svovelanalyse. Derfor ble hele bergmassen vurdert etter forurensningsforskriften med hjelp av gjennomsnittsverdi for svovelinholdet. Massene i sin helhet ble dermed vurdert som ikke syredannende.

Likevel prøvdes det å håndtere massen slik at masser fra prøver av borestøv med svovelverdi over grenseverdi, ble liggende i tiltaksområde.

Figur 1-1 viser lokaliseringen av tiltaksområde og figur 1-2 viser situasjonskart fra detaljreguleringen med område hvor det skal sprenges.



Figur 1-1: Lokalisering av tiltaksområdet ved Vikkilen. Tiltaksområde er i sørlig del til NYMO UGLAND sitt bedriftsareal.



Figur 2. Situasjonsplan. Kilde: Stærk & Co AS.

Figur 1-2: Situasjonskart for Nymo verft (Kartet er tatt ut fra detaljregulering). Rød linje viser sprenggrensen

2 Geologiske utredninger

2.1 Berggrunn

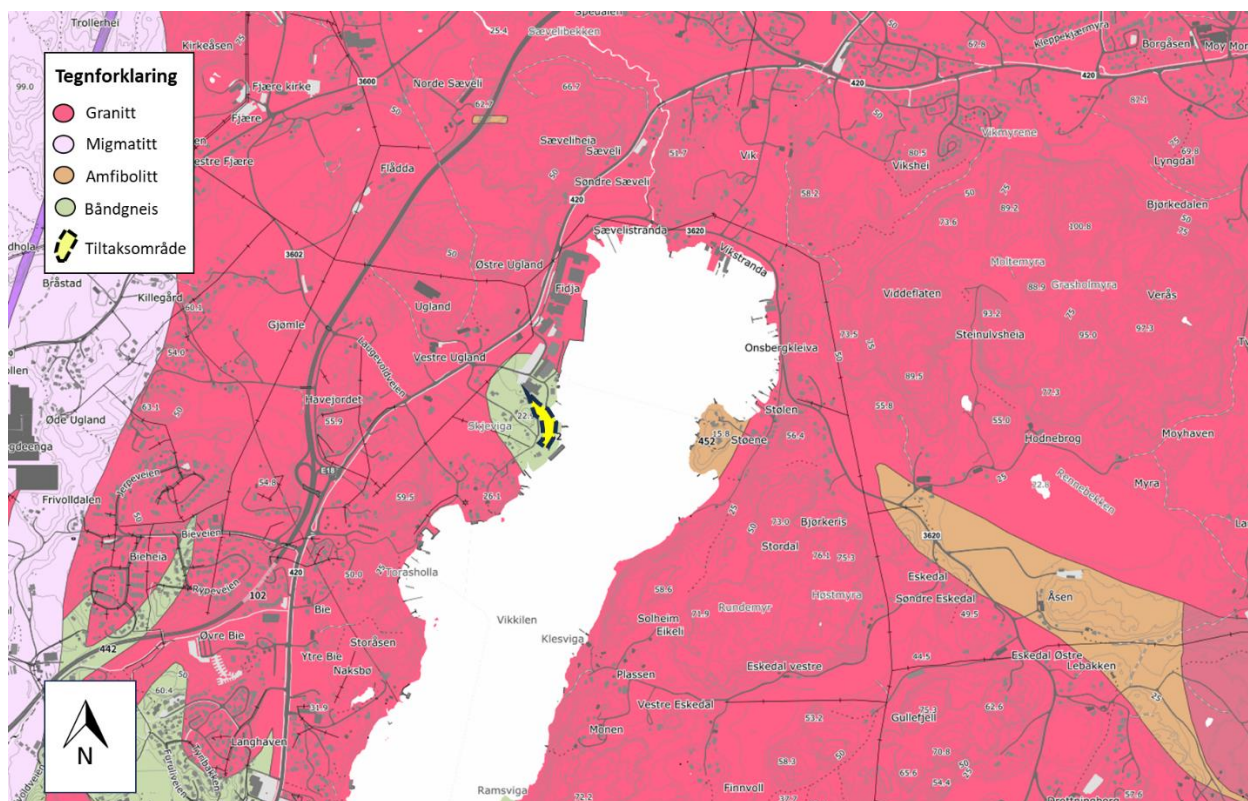
Berggrunnen rundt Grimstad tilhører geologisk hovedenhet som kalles Bamblekomplekset. Bamblekomplekset består hovedsakelig av dybbergarter og omdannede sedimentære/magmatiske bergarter av mellomproterozoisk alder, og tilhører den Svekonorvegiske tektoniske enheten. Berggrunnen har gått gjennom flere runder med deformasjons- og metamorfosefaser og den beskrives som regional og middelsgrad. En del av bergartene har gått gjennom en deformasjonsfase som kalles granulittfacies. I denne fasen ble opprinnelige bergartene charnockittisert dvs. omdannet med endret mineralinnhold. Som plagioklas, hornblende og pyroksen (Hypersthen).

Berggrunnen rundt Nymo verft er ifølge berggrunnskartet til NGU dominert av granitt. Granitten er kalt Grimstadgranitt eller Fjæreggranitt, med typelokalitet på Fjære i Grimstad kommune og er merket med rød farge på NGU sitt berggrunnskart (3). Granitten er grovkornet, rød magmatisk bergart; biotittgranitt som dekker et sirkulært område og skjærer gjennom eldre bergarter ved Grimstad, Agder fylke. Som den tilstøtende, større granittforekomsten ved Herefoss, størknet den fra smelter på dyptet for omkring 910–950 millioner år siden (prekambrium). Granitten vurderes som ikke syredannende.

Akkurat der hvor det sprengtes er det tegnet inn en liten linse med bergarten båndgneis, vist med grønn farge på Figur 2-1. Kartet viser at det også finnes migmatitt og en sone med amfibolitt i området på østsiden av Vikkilen og enda lenger øst. Vest for grimstadgranitten er det registrert bergarten migmatitt ifølge berggrunnskart fra NGU. (3)

Båndgneisen er nærmere definert som grå, lokalt med skarn og magnetitt. Skarnbergarter oppsto når kalksteinsbergarter ble omdannet til kalksilikatbergarter med mineraliseringer av granat, pyroksen, amfibol, epidot og vesuvian. Slike prosesser ligger til grunn av jernmalmdannelse (magnetitt) i Arendalsfeltet, som danner grunnlaget for jernmalmdriften i Agder.

Steinprøvene fra bakerste område lengst sør har noe charnockittisk preg, noe som tyder på at vi er i Arendalsfeltet, hvor det opptrer slike bergarter med charnockittisk preg sammen med migmatitter.



Figur 2-1: Berggrunnskart fra NGU.no viser at hovedbergartene i området er migmatitt. I tillegg er det kartlagt mye amfibolitt i tiltaksområdet, gjerne i veksel med migmatitten. Målestokk ca. 1 :20 000.

2.2 Mineralogi

Grimstadgranitt:

Granitten er grovkornet med kvarts og feltspat med tydelig rødfarge (mikroklin). Sort mineral er biotitt (mørkglimmer). Granitten er sprø, noe forvitret ved svakhetssoner, men ellers er ikke denne bergarten mistenkt for å danne sur avrenning ved utsprengning.

Båndgneis:

Bergarten som kalles båndgneis på NGU sitt berggrunnskart opptre som charnockittisert gneis med skarn og magnetitt. I forbindelse med skarnmineraliseringen kan det opptre sulfider.

Bergarten er ikke en klassisk båndgneis, den vil kalles gneis med charnockitt preg. Hovedmineraler er feltspat (ofte plagioklas), hornblende (amfibol) og pyroksen opp til 10 %. Andre mineraler med innhold opp til 5% er kalsitt og epidot. Ved mikroskopisk vurdering kunne det observeres små sulfidkorn eller subhedrale pyrittkrystaller på bruddflaten, og ved forvitret bruddflate kunne det ses rustfarge etter jern -og sulfidforvitring med sekundærmineraler goethitt og hematitt. Det ble ikke observert gulfarget sandlignende belegget på bruddflater. Bergarten er ikke oppsmuldret langs korngrensene og virker massiv.

Charnockittisk gneis og rød granitt vises på Figur 2-2.



Figur 2-2: Charnockittisk gneis vises på bildet til venstre, og granitt vises på bildet til høyre.

2.3 Forvitringsgraden

Det er viktig å hensynta grad av forvitring ettersom det er førende for utlekkingspotensialet til metaller i bergarten. For sulfidførende bergarter er det største problemet oksidering av sulfidene og videre i prosessen dannelse av løselige jern- og aluminiumsulfater, som raskt kan gi lav pH i vassdragene rundt.

Forvitringsprosessen akselerer desto surere miljøet er, så det er viktig at tiltak blir gjort i forkant for å holde pH nøytral (mellom 6-8). Forvitring av sulfider (jern og svovel) kan ofte observeres som en rødbrun forvittringshud på steinoverflaten eller i svakhetssoner. I tillegg vises det mørklilla-grå farge som kan være typisk ved tilstedeværelse av mye jern i bergarten.

Generelt får man inntrykket at bergartene ved Nymo er lite forvitret, med unntak i overgangssoner mellom bergartene eller i svakhetssoner, hvor bergartene er noe mer oppsprukket med rust på brudd- og sprekkeflater.

Charnockittisk gneis har lav forvitringsgrad selv ved sprengstein med oksiderte bruddflater.

Granitten kan ha noe enkelte soner med moderat forvitring ellers virker den ganske sprø med lav forvitringsgrad.

2.4 Prøvetaking og kartlegging

Tiltaksområdet ble befart i september og november 2023. Den 06.09.23 ble det tatt ut borestøvsprøver og steinprøver på ikke utsprengt og utsprengte masser. Befaringen 13.11.2023 var en avsluttende befaring fordi sprengningsarbeid var avsluttet.

Ved befaringen i september var hovedparten av berget utsprengt og en del av steinmassene var kjørt bort til knusing. Ved et lite areal bort i nordre hjørne var det ferdig boret til sprengning. Her var det mulig å ta ut borestøvsprøver (Prøve nr. 1 og nr. 2). I område med utsprengt stein ble det tatt prøver av fersk sprengt stein (Prøve nr. 3 – prøve nr. 6).

Område var ikke ferdigsprengt og det ble tatt ut borestøvsprøver fortløpende ved områdene hvor det ikke var sprengt fra før (Prøve nr. 7 – prøve nr. 14). Borestøvsprøver ble vurdert fortløpende av sulfidgeologen. Prøvelokalitetene representerer så godt det lar seg gjøre variasjonen i bergartene i tiltaksområdet.

På berggrunnskart fra NGU (3) er hele område kartlagt med grovkomet granitt (Grimstadgranitt), unntatt en liten lomme med båndgneis, merket med grønn farge på NGU sitt berggrunnskart (Figur 2-1). Båndgneisen er beskrevet slikt: Grå, lokalt med skarn og magnetitt. Enkelte steder/stein i charnockittisk granitt viste forvitningsfarger etter jern og sulfider med sekundærmineraldannelse av hematitt og goethitt (begge mineraler er tungt vannløselige). Det ble tatt ut 6 prøver totalt, 2 borestøvsprøver og 4 steinprøver. Det meste av område har blitt sprengt ut og lagt ut i steinhauger på området. Fordi nesten alle masser var sprengt, ble det valgt å ta ut borestøvsprøver der hvor det ikke var sprengt og steinprøver fra områder hvor det var sprengt. Det ble ikke tatt ut prøver i rasfarlige skjæringer.

Figur 2-3 viser oversiktskart med prøvepunkter. Ved punkt 1, 2 og 7-14 ble det tatt ut borestøvsprøver og ved punkt 2-6 ble det tatt ut steinprøver fra utsprengt stein.



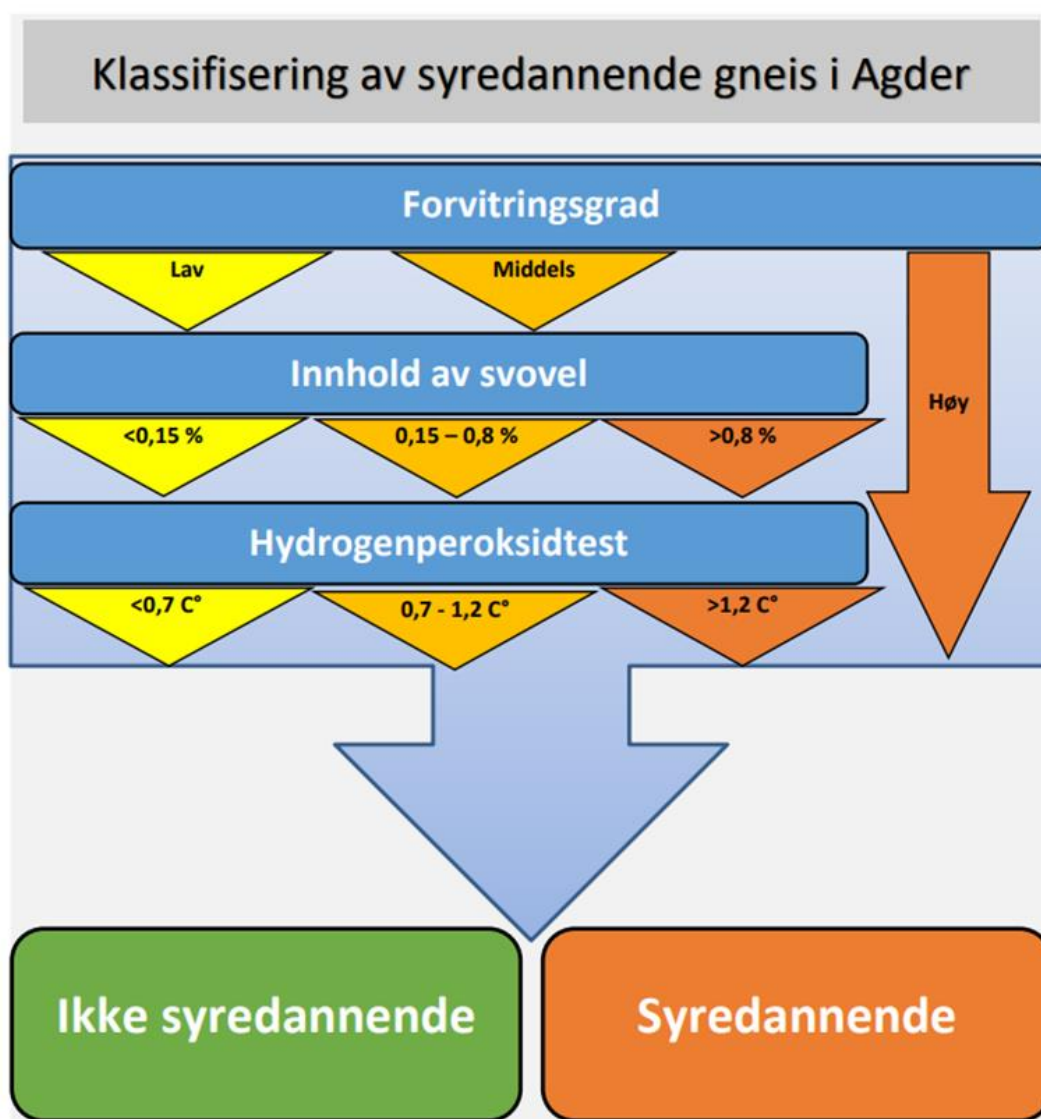
Figur 2-3: Oversiktskart med prøvepunkter.

3 Kjemiske undersøkelser

3.1 Inndeling i ulike fraksjoner for sulfid og akseptkriterier

Prinsippene i "Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis, versjon 2.1 er styrende for områder med syredannende gneiser på Sørlandet (2). Veilederen ble godkjent av bystyret i Lillesand kommune i april 2021 og er lagt til grunn for håndtering av sulfid i prosjektet.

En prosjektgruppe med styre i Lillesand kommune har utarbeidet en veileder "Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis". Disse retningslinjene ble lagt til grunn for håndtering av sulfid i prosjektet. Kristiansand kommune stiller krav til vurderinger og undersøkelser for syredannende berg.



Figur 3-1: Flytskjema over klassifisering av syredannende gneis i Agder. Klippet fra veilederen.

Klassifisering av potensielt syredannende steinmasser med **middels** og **lav** forvittringsgrad

Innhold av svovel (Avsnitt 5.4)	Hydrogenperoksidtest (Avsnitt 5.5)		
	Lavt syredanningspotensial	Middels syredanningspotensial	Høyt syredanningspotensial
Lavt svovelinnhold	ikke-syredannende	ikke-syredannende	Syredannende
Middels svovelinnhold	ikke-syredannende	Syredannende	Syredannende
Høyt svovelinnhold	Syredannende	Syredannende	Syredannende

Figur 3-2: Inndeling og klassifisering av mulig syredannende steinmasser med middels og lav forvittringsgrad

Innhold av svovelforbindelser i deler per million og % totalt svovel.	Kategori	Krav
<1500 ppm <0,15 %	Lavt svovelinnhold	Dersom Hydrogenperoksidtest av samme prøve viser lav eller middels syredanningspotensial anses massene som ikke syredannende . Dersom Hydrogenperoksidtest av samme prøve viser høyt syredanningspotensial anses massene som syredannende .
1500-8 000 ppm 0,15 – 0,8 %	Middels svovelinnhold	Dersom Hydrogenperoksidtest av samme prøve viser lav syredanningspotensial anses massene som ikke syredannende . ¹⁰ Dersom Hydrogenperoksidtest av samme prøve viser middels eller høyt syredanningspotensial anses massene som syredannende .
>8 000 ppm >0,8 %	Høyt svovelinnhold	Massene anses som syredannende . Hydrogenperoksidtest av prøven skal fortsatt kjøres, men er ikke utslagsgivende.

Figur 3-3: Grenseverdi på innhold av svovel i steinprøver av gneis fra Agder. Klippet fra veilederen.

Etter at den nye veilederen ble utarbeidet av en arbeidsgruppe i regi av Lillesand kommune, så er det bestemt at det skal utføres peroksidtesten på alle prøver analysert for svovel. Ved svovelkonsentrasjon <0,15% og temperaturøkning med >0,7 °C skal prøven klassifiseres som syredannende.

Svovelanalyse blir brukt til å bestemme andelen med sulfid. Dette blir gjort siden det er klar sammenheng mellom mengden sulfid og mengden svovel i denne typen bergarter. Svovelanalysene er også enklere og billigere å gjennomføre enn direkte analyse av sulfid. Prøvene ble analysert med hjelp av XRF-instrument.

Peroksidtesten er en test som skal si noe om potensiale til sur avrenning. Den ble utviklet til E18 prosjektet Grimstad - Kristiansand for å ha en hurtigtest på anlegg som kan identifisere pyritt som sulfidmineral, og dermed berggrunnens potensiale til sur avrenning på samme dag. Peroksidtesten blir utført på en prøve av knust steinmateriale eller på en borestøvprøve. Materiale blir blandet med 7% hydrogenperoksidløsning.

Siden det er en kjemisk reaksjon hvor det frigjøres energi i form av varme, måles det temperaturøkningen etter 25 minutter. Om temperaturøkningen er høyere enn 0,7 °C vurderes materialet som syredannende.

Testregime vist over er fra veilederen og ble gjennomført på alle borestøvsprøver.

I dette prosjektet ble det gjennomført en analyse av svovelinnehold og peroksidtesten. Det viste seg denne gangen også at peroksidtesten kan reagere med prøver hvor det er registrert svovelinnehold lavere enn grenseverdi.

Resultatene fra analyser og tester beskrives i neste kapittel.

3.2 Analyseresultater

Det ble tatt ut to borestøvsprøver og fire steinprøver av COWI ved første befaring i september. Steinprøvene representerer bergartene som forekommer i område. I tillegg ble det tatt 8 borestøvsprøver fra borehull til berg som ikke var sprengt enda.

Tabell 3-1: Fremstilling av analyseresultatene fra stein- og borestøvsprøver – inndeling etter Veilederen for "Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis".

Prøve	Prøve	Resultat	Resultat	Vurdering	Temperatur	Temperatur	Temperatur	Vurdering
matriks	merket	ppm	%	svovel	start °C	slutt °C	diff. °C	peroksid
borestøv	1	988	0,099	< 0,15 %	24,7	25,4	0,7	Utslag 0,7
borestøv	2	564	0,056	< 0,15 %	24,7	25,4	0,7	Utslag 0,7
stein	3	1903	0,190	> 0,15 % < 0,8 %	24,7	25,5	0,8	Utslag > 0,7
stein	4	452	0,045	< 0,15 %	24,7	25,1	0,4	< 0,7
stein	5	1799	0,180	< 0,15 %	24,3	24,8	0,5	< 0,7
stein	6	1372	0,137	< 0,15 %	23,7	24,4	0,7	< 0,7
borestøv	7	1082	0,108	< 0,15 %	24,5	24,5	0,0	< 0,7
borestøv	8	1780	0,178	> 0,15 % < 0,8 %	24,5	24,5	0,0	< 0,7
borestøv	9	792	0,079	< 0,15 %	23,9	24,3	0,4	< 0,7
borestøv	10	264	0,026	< 0,15 %	23,9	24,3	0,4	< 0,7
borestøv	11	241	0,024	< 0,15 %	23,9	24,2	0,3	< 0,7
borestøv	12	222	0,022	< 0,15 %	23,9	24,1	0,2	< 0,7
borestøv	13	104	0,010	< 0,15 %	23,9	24,2	0,3	< 0,7
borestøv	14 Rygg mot brygge	2284	0,228	< 2,15 %	23,9	24,7	0,8	Utslag > 0,7
	Gjennomsnitt for svovelinnehold	989	0,099					

Av 14 prøver som ble analysert ligger 4 av dem over 0,15% svovel og klassifiseres som syredannende med tanke på svovelprosent. 10 av prøvene har konsentrasjoner lavere enn 0,15% svovel. Disse klassifiseres som ikke syredannende med tanke på svovelprosent.

Det ble utført peroksidtesten på alle 14 prøver. Peroksidtesten viser utslag på 2 av de 14 prøvene med middels temperaturøkning med høyere enn 0,7 grader. Strengt etter veilederen ville slike resultater tydes som middels syredannende. På 12 av de 14 prøvene er det lite utslag med peroksidtesten. Etter veilederen vil disse prøvene friskmeldes med tanke på reaksjonspotensiale og forvitningsgrad. For at en bergart skal ha syredannende potensiale er det forvitningsgraden som er et viktig kriterium.

Peroksidtesten som ble brukt i E18 prosjektet Grimstad – Kristiansand er vanskelig å tolke for bergartene i Arendalsfeltet. Det virker sannsynlig at det finnes andre mekanismer i bergarten som gjør at peroksidtesten får utslag. En slik reaksjon er tilfelle ved tilsvarende bergarter i andre prosjekter i Arendalsfeltet.

Siden alt av stein ble sprengt og det var umulig å skille sulfidholdig fra ikke sulfidholdig, ble det brukt gjennomsnittsvurdering av prøveresultatene fra 1. prøvetakingsrunde. Om man vurderer gjennomsnittsverdi så er prøvene friskmeldt med tanke på svovelprosent. Peroxidtesten anses ikke som avgjørende moment i dette tilfelle, det er forvitningsgraden som er avgjørende for vurderingen, samt at det er en blanding av bergartene her.

3.3 Vurdering og diskusjon av analyseresultater

Det antas at svovel er bundet i sulfider som for eksempel pyritt. Det ble observert sulfidkorn i 3 av de 4 steinprøvene. Sulfider er mineraler hvor metaller (jern i dette tilfelle) er bundet til svovel. Tilstedeværelsen av jern kan påvirke forvitningsprosessen betydelig. Sekundærmineraler på bruddflaten i gneisen er sannsynligvis goethitt med rød farge og hematitt med lillagrå farge. Det er fortsatt uklart hvilken rolle jern og sekundærmineralene innehar i forvitningsprosessen og i reaksjonen med peroksidtesten. Peroxidtesten kan reagere med kalkholdige mineraler og den kan reagere på organisk materiale.

En avgjørende faktor for forsuring av vannet er uten tvil mineralinnhold og forvitningsgraden i mulig syredannende berg og dermed dannelse av vannløselige sekundærmineraler, oppsprekingsgrad, oppsmuldring av korn grensene, mineralogi og temperatur. Påstanden om at bergarten er dypforvitret og dannelse av sekundærmineraler er langt fremskredet vil påvirke potensiale til sur avrenning betydelig, slik at kontakt med vann gir umiddelbar forsuring av vassdraget som får avrenningen. Forutsatt at sekundærmineralene er vannløselige.

Det ser ut som om bergartene på Nymo, særlig charnockittisert gneis har hardt oksidasjonsbelegg som antas å være lite vannløselig. Bergartene har lav forvitningsgrad, lave svovelkonsentrasjoner, selv om de er høyere enn 0,15% ved 4 prøver, er det fremdeles lave konsentrasjoner. Ved vurdering av gjennomsnittsverdi blir resultatet for svovelinnhold 0,099% og er dermed godt under grenseverdi for 0,15% svovel. Peroxidtesten reagerer med moderat temperaturutslag. Bergarten inneholder kalk og har dermed buffrende egenskaper.

Fordi noen av steinmassene var sprengt ut, ble det tatt stikkprøver med borestøv eller med enkelte stein fra utsprengte masser. Visuelt vurdering av steinmasser ga ikke mistanke om syredannende berg pga. lav forvitningsgrad på sprekke- og bruddflater. Noen enkelte stein viser typiske forvitningsfarger etter jern og sulfider, og det har dannet seg sekundærmineraler som hematitt og goethitt. Geologisk er man i en sone med såkalte skarnbergarter som oppsto når kalksteinsbergarter ble omdannet til kalksilikatbergarter med mineraliseringer av granat, pyroksen, amfibol, epidot og vesuvian. Slike prosesser ligger til grunn av jernmalmdannelse (magnetitt) i Arendalsfeltet. Det forekommer granitt (Grimstad- eller Fjæreggranitt) og skarnbergartene ligger i kontaktsonen til granitten. Fjæreggranitten vurderes som ikke syredannende. Skarnbergarten varierer litt i sammensetning og det forekommer overgangsbergarter mellom granitten og skarn. Svovelkonsentrasjon er påvist i lave konsentrasjoner, men også noen over grenseverdi. Man ser at prøvene reagerer med peroksidtesten opp mot middels syredannende. Dette er vanlig i bergarter av en slik sammensetning (Arendalsfeltets bergarter). Det bemerkes at alle 4 steinprøvene inneholder kalsitt i konsentrasjoner fra 5 % - 10 % vurdert med mikroskop. Det vil si kalk som bedrer pH. Det er mistanke om at kalsitt kan påvirke reaksjonen med peroksidtesten utenom forekommende sulfider. Det hadde vært en fordel om noen deler av de allerede utkjørte steinmassene i området hadde vært tatt til side, og brukt innfor tiltaksområde med kvikkleire i bunnen og med avrenning til sjøen, eller om det ikke var mulig å håndtere innenfor tiltaksområde, kjøre til deponi som tar imot sulfid. Men fordi området er allerede sprengt, vil dette bli en meget vanskelig oppgave. Det konkluderes derfor med at all masse vurdert under et, kan håndteres som

rene stein. Dette gjøres med begrunnelse i forurensingsforskriften sin vurdering for når en samlet masse er forurenset. Massene friskmeldes med bakgrunn i gjennomsnittsverdier, og at de høyeste konsentrasjonene er innenfor det som kan aksepteres som ikke syredannende basert på alle vurderingene av massen i sin helhet.

3.4 Endelig håndtering av bergmassene

Etter opplysninger fra tiltakshaveren ble det sprengt ca. 15 000 m³ med fjell. Ca. 70 % ble kjørt ut og ca. 4 200 m³ ble liggende igjen på tomte etter all håndteringen av sprengstein var ferdig. Ved 1. befaring i september 2023 har det blitt sprengt ut ca. 3 400 m³ sprengstein lokalisert rundt punkt nr. 4, som ble kjørt ut av tiltaksområde. Det meste av steinmasser fra område ved prøve 3 og prøve 4 ble liggende på eiendommen og brukt som fyllmasse over duk på leirelag. Leirelag er marine avsetninger i grunnen under tiltaksområde. Masser fra punkt 5 og 14 ble liggende eller gjenbrukt i tiltaksområde til oppbygging av steinfylling.

Figur 3-4 viser steinfylling ved punkt 5 og 6. Figur 3-5 viser steinfylling ved punkt 3 og 4.



Figur 3-4: Planert område i sørlig ende av tiltaksområde – bergart charnockitt



Figur 3-5: Midtre delen av tiltaksområde med steinmasser bestående av Grimstad granitt.

4 Konklusjon

Det konkluderes med at bergartene i området har lite eller ingen potensiale til å generere sur avrenning ved utsprenkning, og det konkludertes også med at massene fra tiltaksområde på Nymo verft kan brukes til utfylling for å bygge opp steinfylling uten at det er nødvendig med tiltak for å hindre sur avrenning.

5 Referanser

1. **Forurensningsforskriften.** Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften). Lovdata. [Internett] Lovdata, 13 03 1981. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931>.
2. **Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder.** *Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis*. Lillesand : Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder, 2021.
3. **NGU.** NGU.no. *Database for geologiske enheter*. [Internett] NGU. [Sisert: 07 09 2023.] https://aps.ngu.no/pls/utf8/geoenhet_SokiDb.Vis_enhet?p_id=145063&p_spraak=N.
4. **Miljødirektoratet.** Grunnforurensningsdatabase. [Internett] [Sisert: 30 01 2023.] <https://grunnforurensning.miljodirektoratet.no/>.
5. —. vannmiljø.no. [Internett] [Sisert: 18 03 2024.] <https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>.