

Rapport

Handläggare
Johannes Hultström och Eva Svensson
Tel
010 505 47 78

Datum
2021-03-11
Projekt ID
10247(MICASA)
707742/704162 (SISAB)

E-post
Eva.svensson@afry.com

Mottagare
MICASA och SISAB

PM Bergteknik

Sulfidutredning och bergtekniskt stöd

AFRY 2020-03-11
Johannes Hultström
Eva Svensson

Granskare
Irene Geuken

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	3
2	Sulfidutredning bakgrund	3
2.1	Bildning av surt lakvatten.....	3
2.2	Acid Rock Drainage (ARD) och berganvändning.....	4
2.2.1	Miljöbalken allmänna hänsynsregler	4
2.2.2	Naturvårdsverket anmälan	4
3	Sulfidutredning metodik	4
3.1	Totalsvavel.....	4
3.2	Acid-Base Accounting	5
3.3	Analys NAGpH	5
3.4	AMIRA ARD Test Handbok	5
3.5	Analys av metaller och halvmetaller	6
3.6	Statistisk bedömning	7
4	Sulfidutredning resultat.....	7
4.1	Provtagning	7
4.2	Bergkartering	8
4.3	Analysresultat totalsvavelhalt	10
4.4	Analysresultat ABA	11
4.5	Analysresultat NAGpH.....	12
4.6	Analysresultat metaller och halvmetaller	13
5	Sulfidutredning bedömning	13
5.1	Bergmaterialet förmåga att bilda surt lakvatten	13
5.1.1	Andra bedömningsparametrar.....	14
5.2	Utlakning av metaller och halvmetaller	14
6	Bergtekniskt stöd	15
6.1	Bergtekniska aspekter	16
6.1.1	Befintlig bergbottens läge.....	16
6.1.2	Optimering av grundläggningsnivåer	16
6.1.3	Krav på slänter m.h.t. verksamheten.....	16
7	Vidare utredning	17
8	Referenser.....	19

Bilagor

Bilaga 1.....	Analysresultat
---------------	----------------

2.2 Acid Rock Drainage (ARD) och berganvändning

Sulfidhaltiga bergmassor som oxiderar och bildar surt lakvatten kallas även för Acid Rock Drainage eller ARD (GARD Guide, 2021).

I oxideringsprocessen bryts bindningen mellan svavel och järn och ämnena kan gå i vattenlösning. Reaktionen frigör vätejoner vilket sänker pH och gör vattnet surt. Lägre pH-nivåer gör att vittringen av andra mineral går snabbare. Denna process är naturlig och pågår hela tiden i naturen men genom att spränga ut berg i samband med byggnation av tex. tunnlar eller bergschakt och krossa ned materialet till finare kornstorleksfraktioner så ökar den specifika ytan som kan utsättas för oxidation vilket gör att vittringsprocesserna accelererar (GARD Guide, 2021).

Utöver kornstorleksfraktionen på det uttagna berget spelar det också roll i vilka kvantiteter materialet förvaras/ används då mer material också innebär större andel sulfidmineral när det förekommer (främst pyrit), likaså dimensionerna (höjd och skrymdensitet) på objektet (ex. upplag, konstruktionsfyllnad) vilka kommer avgöra mängden material som ligger per ytenhet (Naturvårdsverket, 2010).

ARD är en av de viktigaste källorna till förorening vid gruvdrift, men problematiken med ARD är inte begränsat till gruvindustrier utan förekommer också vid konstruktionsarbeten då berg sprängs och/eller schaktas och krossas.

2.2.1 Miljöbalken allmänna hänsynsregler

När berg tas ut genom sprängning eller schaktning och återvinns i en anläggning på plats eller säljs som byggmaterial ska de allmänna hänsynsreglerna i andra kapitlet miljöbalken (SFS 1988:808) följas. Det innebär att den som utför åtgärderna ska visa att lagstiftningen följs och att man som verksamhetsutövare har tillräckliga kunskaper om hur miljön och människors hälsa påverkas och ska skyddas. Det innebär också att det finns en skyldighet att vidta åtgärder för att förebygga att åtgärden medför skada eller olägenhet för miljön.

2.2.2 Naturvårdsverket anmälan

Naturvårdsverket (2010) rekommenderar att verksamhetsutövaren anmäler ett avfall som planerar att återanvändas och som har värden som överskrider de angivna för mindre än ringa risk.

3 Sulfidutredning metodik

Kapitlet avser att beskriva analysmetoder, referensvärden och bedömningsgrunder som utgör grund för tolkning och bedömning av resultat. I utförd sulfidutredning har provtaget bergmaterial analyserats i två steg. I ett första steg analyseras totalsvavelhalt, i de fall totalhalten överstiger 0,1% analyseras proverna vidare med s.k. ABA analys, NAGpH-analys samt analys av metaller och halvmetaller.

3.1 Totalsvavel

Enligt 6 § i Förordning om utvinningsavfall (SFS 2013:319) anges att utvinningsfall bedöms som inert om totalsvavelhalt är <0,1% men att halten får vara upp till 1% om neutraliseringspotentialen är tre gånger så stor som syrabildningspotentialen (se kapitel 3.2).

Trafikverkets handbok för sulfidförande berg (2015, under revidering) beskriver hur man kan bedöma bergmaterial utifrån totalsvavelhalt enligt Tabell 1.

Tabell 1. Bedömningsmall med riktvärden för svavelhalt i bergmassor. Bearbetad efter Trafikverket (2015).

Totalsvavel %	Riktvärden
<0,01	Mycket låg halt
0,01-0,05	Låg halt
0,05-0,1	Något förhöjd halt
0,1-0,5	Förhöjd halt
>0,5	Hög halt

3.2 Acid-Base Accounting

Syftet med Acid Base Accounting (ABA) är att geokemiskt karaktärisera bergavfall och bergmassor. ABA-analysen ger en bild av mängden sulfider i förhållande till mängden buffrande mineral i bergmaterialet. ABA-analysen kvantifierar syrabildningspotentialen, Acid Potential (AP) och neutraliseringspotentialen, Neutralization Potential (NP). Därefter kan man karaktärisera resultatet med neutraliseringspotentialförhållandet, Neutralization Potential Ratio, (NPR), kvoten mellan NP/AP.

Tabell 2 redovisar klassificeringstabell för kvoten mellan den neutraliserande potentialen (NP) och den syrabildande potentialen (AP), Net Potential Ratio (NPR) enligt GARD Guide (2021). Prov med NPR <1 bedöms vara potentiellt syrabildande, prov med $1 < \text{NPR} < 3$ bedöms som osäkra och prov med NPR >3 bedöms som ej syrabildande. Även Naturvårdsverket (2010) anger att den neutraliserande kapaciteten bör vara tre gånger så stor som den syrabildande kapaciteten för att undvika försurning.

Tabell 2. Klassificeringstabell av NPR-värden enligt GARD Guide (2021).

NPR	Bedömning
>3	Ej syrabildande
1-3	Osäkerhetszon
<1	Potentiellt syrabildande

3.3 Analys NAGpH

Syftet med analysprogrammet är att undersöka nettoförsurningspotentialen. Metoden går ut på att oxidera provet med väteperoxid (H_2O_2) som snabbt oxiderar alla eventuella sulfider. Den genererade syran kommer att reagera med eventuella buffrande (neutraliserande) mineral i provet. Resulterande pH mäts. Därefter titreras provet med bas för att ta reda på hur mycket syra som producerades.

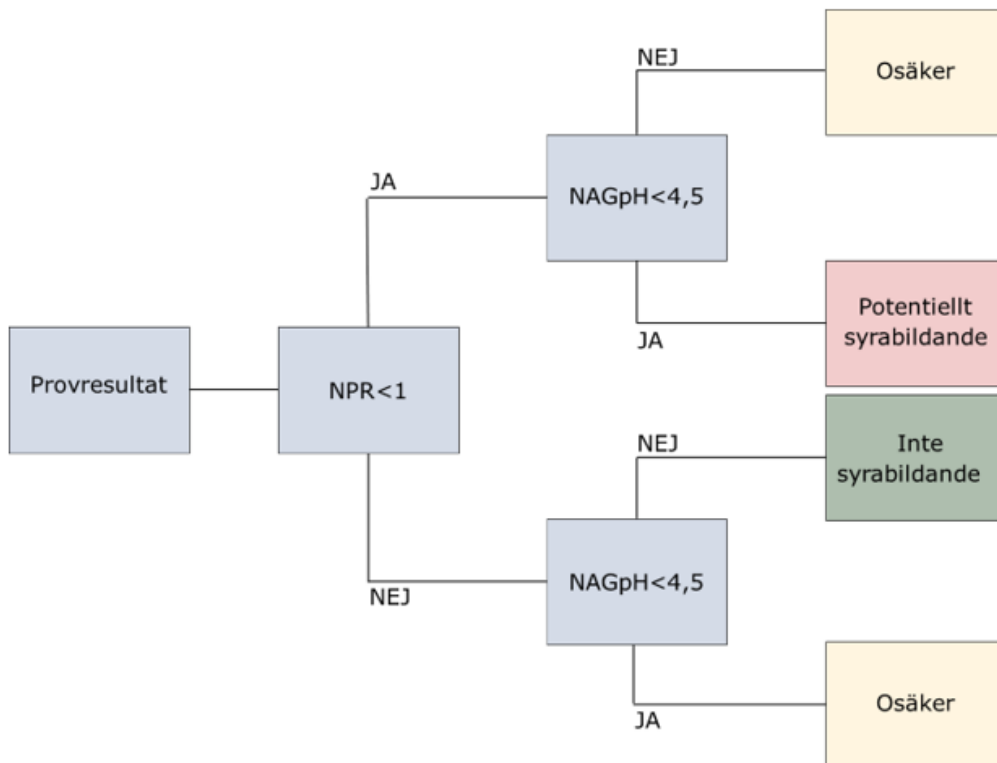
Det är viktigt att påpeka att detta inte är detsamma som ett vanligt laktest och det pH som rapporteras inte är detsamma som det pH naturligt lakvatten så som regn som silar genom materialet skulle få. NAG-testet är ett accelererat laktest under extrema förhållanden där det resulterande pH värdet även är påverkat av väteperoxiden.

Det resulterade värdet från NAGpH analysen ska vara >4,5 för att bedömas som icke syrabildande (AMIRA, 2002 och GARD guide, 2021).

3.4 AMIRA ARD Test Handbok

AMIRA (Australian Mineral Industry Research Association) är en oberoende, numera global organisation med inriktning på gruvdrift och hållbarhet. De hanterar frågor kring ARD och har gett ut en handbok för bedömning av sur avrinning, (Protocol Booklet for Assessment of the Acid Forming Potential of Mine Waste Materials (2002), eller kortare ARD Test Handbook).

Handboken tillhandahåller ett flödesschema (för bedömning av huruvida ett bergprov utgör risk för surt lakvatten baserat på de standardiserade testerna ABA och NAG).



Figur 2. AMIRA flödesschema som visar screeningtester som används för att uppskatta försurning från bergmaterial (ARD), beslutsnoder och olika kategorier av försurande bergmaterial. Bearbetat från AMIRA (2002).

3.5 Analys av metaller och halvmetaller

Syftet med analysprogrammet är att kvantifiera utvalda metall- och halvmetallhalter i bergmaterialet.

Som referensvärden i denna PM används gränsvärden från Naturvårdverkets handbok (2010). Dock är denna handbok under revidering och kan komma ändras.

Naturvårdsverket (2010) beskriver halter från avfall som återvinns för anläggningsändamål som utgör en risk som är mindre än ringa (Tabell 3). Halter som överstiger referensvärden anser Naturvårdsverket vara antingen anmälningspliktiga eller tillståndspliktiga.

Enligt Naturvårdsverket (2010) krävs kunskap om både halt och utlakning för att kunna bedöma väsentliga risker enligt modellen för beräkning av nivåer. Att utgå enbart från halten i bergmaterialet medför att föroreningsrisken för yt- och grundvatten inte bedöms.

Tabell 3. Naturvårdverkets referensvärden för nivåer för mindre än ringa risk (Naturvårdsverket, 2010). Samtliga värden i ppm.

Ämne	Nivåer för mindre än ringa risk
As	10
Cd	0,2
Cr	40
Cu	40
Ni	0,1
Pb	20
Zn	120
Hg	0,1

3.6 Statistisk bedömning

För att bedöma materialets förurningskapacitet och halten metaller/halvmetaller kan medelvärden eller andra statistiska metoder användas enligt Naturvårdsverket vägledning "Beskrivande statistik och presentation" (2021).

För att resultaten ska behandlas på rätt sätt har olika statistiska analysmetoder således applicerats. Först görs en bedömning om de tagna proven tillhör en eller flera provpopulationer, dvs om det finns en eller flera bergarter i området. Varje bergart behandlas som en enskild provpopulation. Om det finns tydliga områden med distinkt annorlunda analysresultat kan proverna delas upp i olika populationer och varje population behandlas statistiskt var för sig.

För geokemisk analys metaller/halvmetaller beräknas ett medel- och medianvärde.

4 Sulfidutredning resultat

4.1 Provtagning

Berggrunden inom projekteringsområdet där sprängning och/eller schakt planeras har provtagits med hjälp av Jb-sondering (borrkax) och ytprovtagning av berg, totalt 9 prover (Tabell 4). Fältundersökning och laboratorieundersökning redovisas i Markteknisk undersökningsrapport (MUR) Hemsystem 1.

I samband med provtagning utfördes även bergkartering.

Tabell 4. Sammanställning provtagning berg.

Prov ID	Metod	Provtagningsdjup (m)	Beskrivning
21A001	Jb-sondering	1,5-4	Mörkgrått borrkax
21A009	Jb-sondering	2-5	Ljusgrått finfördelat borrkax
21A010	Jb-sondering	3,9-7,1	Inslag av svart/mörkt bitar (ej synliga sulfider)
21A003	Jb-sondering	1,7-5	Ljusgrått finfördelat borrkax
21A007	Jb-sondering	2-4,8	Ljusgrått finfördelat borrkax
21A004	Jb-sondering	2,4-4,9	Mörkgrått borrkax
21B001	Ytberg	Bergöveryta	Mörk gnejs
21B002	Ytberg	Bergöveryta	Mörk gnejs, skiffriighet
21B003	Ytberg	Bergöveryta	Mörk gnejs, skiffriighet

4.2 Bergkartering

Inom projektområdet visar SGUs berggrundskarta att berggrunden består av sedimentgnejs, se Figur 3.



Figur 3. Urklipp från SGU:s berggrundskarta skala 1:5000, ungefärligt projektområde inringat i rött.

Utförd bergkartering visar att befintlig bergskärning i norra delen av området består av skiffrig sedimentgnejs. Skärningen är ställvis mycket vittrad, se Figur 4. I södra delen av området är berg i dagen delvis täckt med vegetation. Synligt berg består av gnejs, se Figur 5, som bitvis är fältspatsrik och med inslag av granit samt en diabasgång.



Figur 4. Bergskärning i områdets norra del, ställvis mycket vittrad.



Figur 5. Berg i dagen i områdets södra del med inslag av granit.

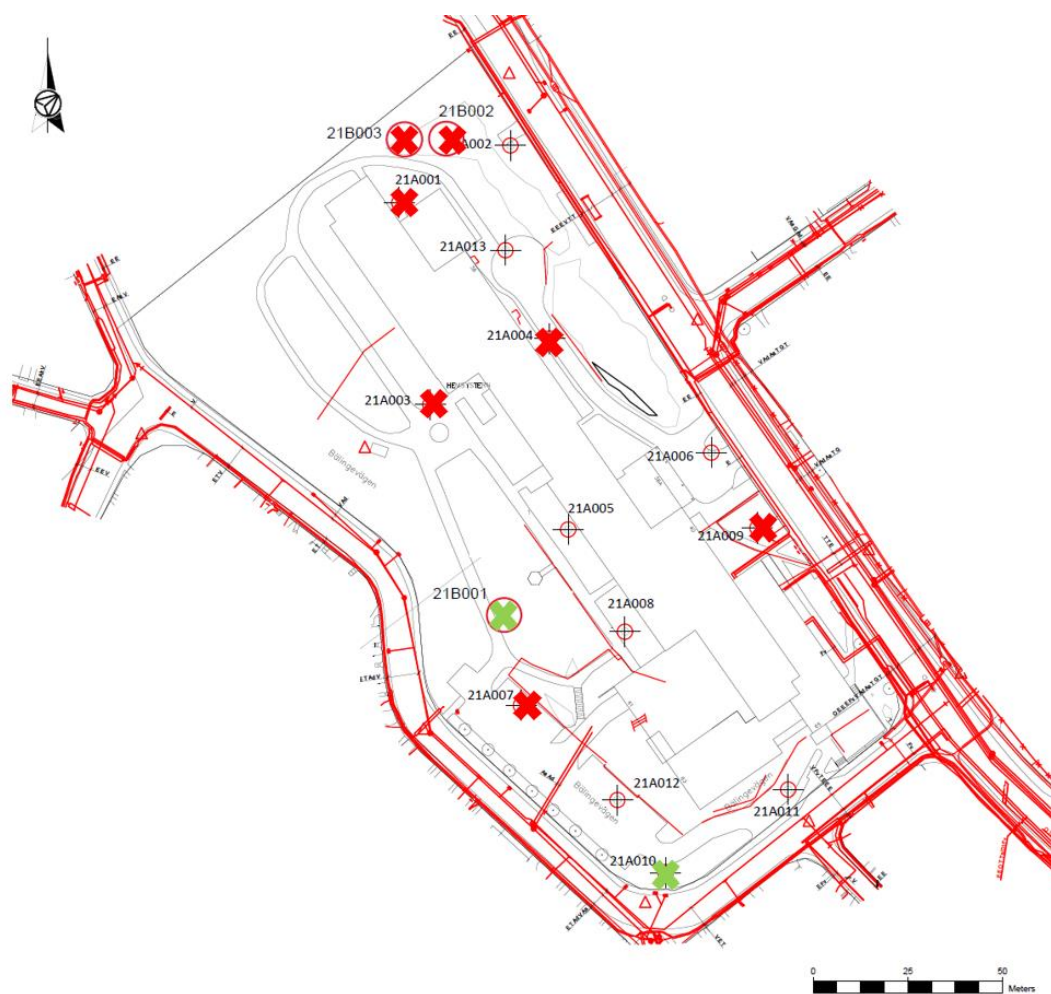
4.3 Analysresultat totalsvavelhalt

Totalt har 9 prov analyserats med avseende på totalsvavelhalt, 6 prov från Jb-sondering (borrkax) och 3 prov från ytprovtagning av berg. Resultat av utförda analyser redovisas i Bilaga 1, sammanställning av resultaten presenteras i Tabell 5 tillsammans med jämförelsevärden från Trafikverket (2015).

Av de 9 proven har 7 prov förhöjd till höjd halt totalsvavel utifrån jämförelse med Trafikverkets handbok för sulfidförande berg (2015, under revidering), se Figur 6. Prov 21A010 och 21B001 hamnar under riktvärdet totalsvavelhalt <0,1%. Prov 21A007 hamnar precis på riktvärdet 0,1 %.

Tabell 5. Sammanställning av totalsvavelhalt med jämförelsevärden från Trafikverket (2015).

Prov ID	Totalsvavel %	Riktvärden
21A001	0,29	Förhöjd halt
21A009	0,39	Förhöjd halt
21A010	0,07	Något förhöjd halt
21A003	0,2	Förhöjd halt
21A007	0,1	Förhöjd halt
21A004	0,42	Förhöjd halt
21B001	0,02	Låg halt
21B002	0,22	Förhöjd halt
21B003	0,71	Hög halt



Figur 6. Lokalisering av provtagna punkter, rött kryss indikerar förhöjd till höjd halt totalsvavel och grönt kryss visar prov med lägre halt utifrån jämförelsevärden från Trafikverket (2015). Urklipp från geoteknisk ritning.

4.4 Analysresultat ABA

Resultat från totalsvavelhaltsanalys visar att 7 av 9 prov har förhöjd till höjd halt totalsvavel (Tabell 5), dessa 7 har analyserats med ABA-analys. Resultat av utförda analyser redovisas i Bilaga 1, sammanställning av resultaten presenteras i Tabell 6 tillsammans med jämförelsevärden från Trafikverket (2015), GARD Guide (2021) och AMIRA (2002).

Utifrån bedömning att neutraliseringspotentialförhållandet (NPR) ska vara >3 för att vara ej syrabildande hamnar ett prov, 21A007, högre. Fyra prov ligger inom osäkerhetszonen för att vara syrabildande (NPR 1-3). Två prov, 21A009 och 21B003 visar på potentiellt syrabildande (NPR <1).

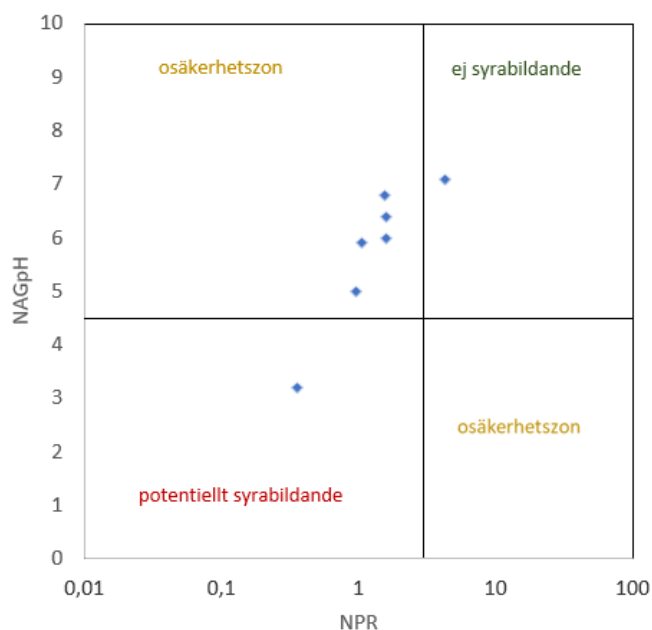
Tabell 6. Sammanställning resultat ABA och NAGpH analyser med jämförelsevärden från Trafikverket (2015), GARD guide (2021) och AMIRA (2002).

Prov ID	Analysresultat			Bedömning		
	Totalsvavel %	NPR	NAGpH	Totalsvavel % (Trafikverket)	NPR (GARD Guide)	NAGpH >4,5
21A001	0,29	1,06	5,9	Förhöjd halt	Osäkerhetszon	Ok
21A009	0,39	0,95	5	Förhöjd halt	Potentiellt syrabildande	Ok
21A003	0,2	1,56	6,8	Förhöjd halt	Osäkerhetszon	Ok
21A007	0,1	4,27	7,1	Förhöjd halt	Ej syrabildande	Ok
21A004	0,42	1,58	6	Förhöjd halt	Osäkerhetszon	Ok
21B002	0,22	1,6	6,4	Förhöjd halt	Osäkerhetszon	Ok
21B003	0,71	0,36	3,2	Hög halt	Potentiellt syrabildande	Nej

4.5 Analysresultat NAGpH

Resultat från totalsvavelhaltanalys visar att 7 av 9 prov har förhöjd till höjd halt totalsvavel (Tabell 5), dessa 7 har analyserats med NAGpH-analys. Resultat av utförda analyser redovisas i Bilaga 1, sammanställning av resultaten presenteras i Tabell 6 tillsammans med jämförelsevärden från Trafikverket (2015) och GARD Guide (2021).

Utifrån bedömning att NAGpH ska vara >4,5 för att bedömas som icke syrabildande (AMIRA, 2002 och GARD guide, 2021) bedöms alla prov förutom 21B003 som icke syrabildande. NAGpH presenteras ofta i relation till NPR, vilket presenteras i Figur 7 där figuren delas in i fyra kvadranter som skilja av riktvärden för ej syrabildande: NAGpH>4,5 och NPR>3. Ett prov, 21B003 hamnar inom kvadranten för potentiellt syrabildande. Ett prov, 21A007 hamnar inom kvadranten för ej syrabildande. Övriga inom osäkerhetszonen.



Figur 7. Kombinerade resultat från NAGpH och NPR, med riktvärden 4,5 och 3, vilket ger fyra fält av: ej syrabildande, potentiellt syrabildande samt osäkerhetszoner.

4.6 Analysresultat metaller och halvmetaller

Resultat från totalsvavelhalts analys visade på att 7 av 9 prov hade förhöjd till höjd halt totalsvavel (Tabell 5), dessa 7 har analyserats på metaller och halvmetaller. Resultat av utförda analyser redovisas i Bilaga 1, sammanställning av resultaten presenteras i Tabell 7 tillsammans med jämförelsevärden från Naturvårdsverket (2010).

Fler prov har högre värden än jämförelsevärden från Naturvårdsverket även utifrån medel- och medianvärden.

Tabell 7. Sammanställning av totalhalter av utvalda metaller och halvmetaller tillsammans med medelvärde, median samt Naturvårdsverkets referensvärden för nivåer för mindre än ringa risk (Naturvårdsverket, 2010).

Prov ID	Analysresultat (ppm)						
	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
21A001	<0.2	0,2	79	35,2	42,3	24,3	120
21A009	<0.2	0,24	71	36,7	47,3	25,6	131
21A003	<0.2	0,25	59	21,9	31,7	18,3	97
21A007	0,7	0,14	25	12,2	17,5	44,9	58
21A004	<0.2	0,35	135	33	50	14,6	133
21B002	<0.2	0,14	37	47,7	12,5	32,6	27
21B003	<0.2	0,15	97	117,5	44,2	28,8	188
Medelvärde	0,7	0,2	71,9	43,5	35,1	27,0	107,7
Median	0,7	0,2	71,0	35,2	42,3	25,6	120,0
NVV-Å	10	0,2	40	40	35	20	120

5 Sulfidutredning bedömning

5.1 Bergmaterialet förmåga att bilda surt lakvatten

Utifrån utförd bergkartering och SGU:s berggrundskarta bedöms berget utgöras av en och samma bergart, sedimentgnejs. För sulfidundersökningen behandlas området som en provpopulation med homogen bergmassa av samma bergart i huvudsak (se kapitel 3.6).

Resultat från analyserna antyder att förhöjda totalsvavelhalter och metallhalter förekommer inom områdets norra del, se Figur 6. Båda proverna med lägst totalsvavelhalt är lokaliserat inom områdets södra del (prov 21A010 och 21B001). Ser man till bergmassan som helhet har provtaget berg ett medelvärde för totalsvavelhalt på 0,28%, vilket räknas som förhöjd halt (Trafikverket, 2015 under revidering) och även överstiger riktvärdet 0,1% sulfidsvavel i Förordning om utvinningsavfall (SFS, 2013:319) vilket skulle innebära att materialet inte räknas som inert.

Enligt bedömningen utifrån förmåga att bilda surt lakvatten utifrån ABA- och NAGpH-analyser enligt AMRIAS flödesschema (Figur 2) skulle de flesta prov (7 av 9) klassificeras som inte syrabildande. Ett prov (21A009) skulle klassas som osäker och ett prov (21B003) som potentiellt syrabildande.

Sammantaget är risken för att bergmaterialet inom området ska generera surt lakvatten relativt låg men då ett prov bedömts som osäkert och ett prov som potentiellt syrabildande, kan förekommande åtgärder för att undvika att sulfider frigörs upprättas vid utförandeskedet (se avsnitt 7).

5.1.1 Andra bedömningsparametrar

Utöver utförda analyser avseende bergmaterialets förmåga att bilda surt lakvatten finns även andra parametrar som kan vägas in i bedömning av huruvida sur avrinning kan komma att bildas.

Till exempel storlek på bergschakt, där en mindre mängd berg också kommer att ge en mindre total mängd potentiell syra. Detta diskuteras i Trafikverkets handbok (2015, under revidering) där <10 000t anses liten mängd, 10 000–500 000t anses måttlig, och >500 000t anses vara stor mängd berg.

Även storleksfraktionen av materialet kan vägas in då en större fraktion har en mindre relativ yta och därmed är exponeringen av sulfidmineralen betydligt mindre vid större fraktioner jämfört med mindre.

Dessa parametrar diskuteras inte vidare i denna PM men kan vara förmildrande omständigheter när beslut om eventuella åtgärder diskuteras.

5.2 Utlakning av metaller och halvmetaller

Att vissa provresultat överskrider värdena för mindre än ringa risk, NVV-Å, innebär att det finns en rekommendation från Naturvårdsverket (2010) att anmäla materialet till kommun eller länsstyrelse beroende på om värdena anses *ringa* eller *inte endast ringa* samt på storleken på anläggningen.

Analyserna av metaller och halvmetaller är totalhalter, dvs en total upplösning av materialet. Dessa kan inte jämföras med resultat från laktester. Analyserade ämnen kommer alltså att till stor del vara bundna i silikatmineral (eftersom bergmaterial som återanvänds normalt inte löses upp eller används i finfraktioner) och inte i mer lättvittrade sulfidmineral. Dock bidrar sur avrinning till upplösning även av silikatmineral till viss del.

Jämfört med referensvärdena från Naturvårdsverket (2010) överskrider flera provhalterna för mindre än ringa risk angivna i Naturvårdsverkets handbok för återvinning av avfall i anläggningsarbeten (2010) både för enskilda uppmätta värden, medel- och medianvärden (se avsnitt 4.6).

Då andra källor inte finns att referera till används i denna PM, som nämnts ovan, gränsvärdena från Naturvårdsverkets handbok för återvinning av avfall i anläggningsarbeten (2010) endast som referensvärden.

Grundämnena som analyserats är, som påpekats ovan, i berggrunden naturligt förekommande metaller och halvmetaller bundna i olika mineral. T.ex. är kadmium vanligt i mineralet zinkblände och koppar förekommer i mineralet kopparkis. Generellt finns inga typvärden för dessa ämnen i svenskt berg av någon bergart, eller för de bergarter som förekommer inom projektområdet, men halterna som redovisas ovan (under Resultat) kan sannolikt ses som en avspegling av en normal förekomst i bergarterna som förekommer inom området.

Enligt bedömningen enligt AMIRA handboken klassificerades största delen av provtaget material som inte syrabildande, vilket skulle innebära att förmågan att generera surt lakvatten är låg. I en sådan miljö är risken liten att metaller kan mobiliseras och föras ut i lakvatten.

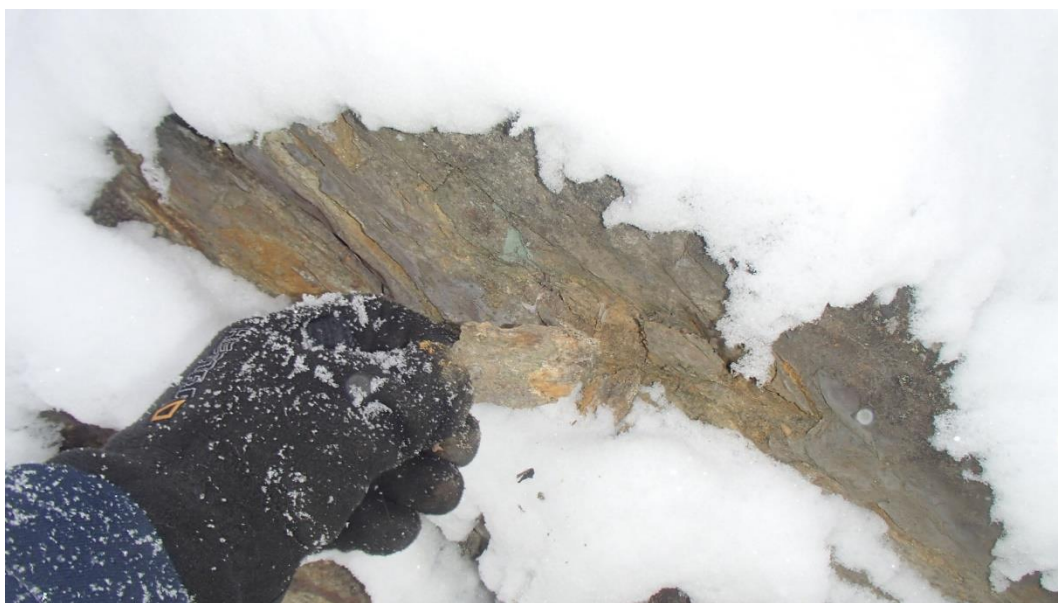
6 Bergtekniskt stöd

AFRY utförde ett platsbesök 2021-01-28, där befintliga bergslänter omkring befintlig byggnad bedömdes. Bergmassan bedöms vara en storblockig sedimentär gnejs (Figur 8), vilket stämmer med SGUs berggrundskarta (se avsnitt 4.2).

De befintliga bergslänterna är låga, med en maximal höjd av ca 2 m. Ingen förstärkning finns i slänterna. I en av slänterna finns ett brant stående slag som är kraftigt vittrat, där bitar av berget kan tas loss med bara händerna, i skivor parallella med slaget, se Figur 9. Bortsett från detta slag är berget hårt och förefaller vara normalt för Stockholmsregionen.



Figur 8. Befintlig slänt, höjd ca 2 m.



Figur 9. Kraftigt vittrat slag i slänten vid byggnadens nordvästra kortsida.

6.1 Bergtekniska aspekter

I projekteringen av den nya byggnaden bör ett antal bergtekniska frågor beaktas. Syftet med detta avsnitt är att lyfta dessa frågor. Frågorna får lösas i projekteringskedet. Som utgångspunkt har i huvudsak Stockholms stad teknisk handbok för byggande, drift och underhåll på offentligt mark (2015) används som vägledning.

- Befintlig bergbottens läge
- Optimering av grundläggningsnivåer
- Krav på slänter m.h.t. verksamheten
- Anpassning av slänter till verksamheten

I detta skede undersöks inte förekomsten av eventuella närliggande konstruktioner som kan vara vibrationskänsliga. Om projektet innebär bergschakt med sprängning kommer dock en riskanalys för vibrationsalstrande arbeten krävas.

6.1.1 Befintlig bergbottens läge

Den befintliga byggnaden antas vara grundlagd på en sprängbotten, helt eller delvis. I skrivande stund har inte relationshandlingar från byggtiden gått igenom. Erfarenheten är att (verkliga) nivåer på sprängbotten ofta inte visas på relationshandlingar för hus byggda under tidsperioden (1960-tal).

Inför/under projekteringen av den nya byggnaden bör sprängbottens nivå undersökas. Detta bör senast utföras i samband med rivning av den befintliga byggnaden, om möjligt görs det tidigare. Ifall nivån på sprängbotten inte är känd finns risken att verklig nivå avviker från antagen nivå. Beroende på utformningen av den nya byggnadens grundläggning kan det leda till merkostnader under byggtiden.

6.1.2 Optimering av grundläggningsnivåer

Efter att den befintliga botten nivå har undersökts kan den nya byggnadens grundläggningsnivå anpassas till befintliga nivåer. Generellt kan sägas att grundläggningen blir mindre kostsam om det går att undvika bergschakt. Bergschakt som utförs väldigt ytligt är dock mindre kostnadseffektivt. Runt schaktdjup omkring 0,5-1 m uppnås ingen ytterligare besparing av att minska schaktdjupet.

Ett möjligt alternativ är att ha samma grundläggningsnivå för den nya byggnaden som för den gamla/befintliga byggnaden för att minska behovet av bergschakt.

6.1.3 Krav på slänter m.h.t. verksamheten

Den framtida verksamheten innebär att barn i skol- och/eller förskoleåldern kommer att leka i området. Därför behöver vissa bergtekniska frågor besvaras i projekteringskedet som är unika för denna typ av verksamhet. Frågorna är:

- Hur höga kommer bergslänterna bli i området (räknad från projekterad markyta)?
- Finns det en maximal slänthöjd, över vilken slänter inte ska gå att klättra på?
- Ska eventuell bergförstärkning anpassas för att tillåta eller försvåra klättring på bergslänter?

För en slänt där klättring inte är tillåtet rekommenderas en förstärkning/ytskikt bestående av oarmerad sprutbetong. Bultskallar ska inte sticka ut i en sådan slänt. En vertikal slänt rekommenderas i detta fall (eventuellt kan slänten utföras med ett litet överhäng, om den lokala geologin tillåter en sådan lutning).

För en slänt där klättring är tillåtet rekommenderas att bergkonturen utgör ytan, utan sprutbetong. Bultskallar får sticka ut, dock ska bultskallar inte ha åtkomliga stålkomponenter där fingrar kan fastna (såsom vissa bultbrickor). Slänten kan luta ca 10:1 (positiv lutning, sett från släntfoten), eller utföras vertikalt.

Med hänsyn till framtida verksamhet behöver slänterna vara sådana att barn inte skadar sig på slänterna. Krav som kan ställas på slänterna kan innefatta:

- I de fall slänter behöver förstärkas, används inte fiberarmerad sprutbetong, såvida inte denna förses med ett täcksikt med oarmerad sprutbetong.
- Slänter ska besiktas och godkännas av bergsakkunnig efter skrotning, för att undvika ofullständigt skrotade slänter.
- Ifall slänter planeras utföras vertikalt (för att förhindra klättring, se avsnitt 6.1.3), bör bergsakkunnig kopplas in för att bedöma om vertikala slänter är lämpligt med hänsyn till den lokala geologin och blockigheten.
- Släntförstärkning kan anpassas efter lokal geologi på plats av beställarens bergsakkunnige.

7 Vidare utredning

Bergets försurningspotential och kemiska sammansättning kan variera inom relativt korta sträckor, dvs förekomst av sulfider är mycket heterogena även om merparten av analyserade prover visar på att ej vara syrabildande finns alltid möjligheten att sulfider kan förekomma. Merparten av karterat berg är av en bergartstyp som för Stockholm är känd för att vara sulfidförande, sedimentgnejs.

Inför vidare projektering av respektive område rekommenderas:

SISAB (norra delen)

För att förekomma och undvika att sulfider frigörs kan skyddsåtgärder och kontrollprogram upprättas vid utförandeskedet. Exempel på åtgärder kan vara:

- Upprättande av hanteringsplan och kontrollprogram för losstaget berg. T.ex. kan handhållen XRF-mätare användas för att screena losshållet berg. Undvika krossning för att minimera den specifika ytan som kan utsättas för oxidation vilket gör att vittringsprocesserna accelererar.
- Finfraktioner av sulfidhaltigt bergmassor bör fraktas bort och läggas på deponi.
- Undvik att lägga upp massor i närheten till känsliga recipienter så som ytvattenflöde och/eller i närheten av vattendrag eller vattenskyddsområde.
- Massor med måttlig försurningspotential och större fraktioner kan anläggas på låg nivå i konstruktionen (exempelvis som fyllnadsmaterial under frostisoleringslager) för att minimera massornas kontakt med vatten och syre.

Om upplagsplatser anläggs kan sulfidhaltiga bergmassor oxidera och det kan därför vara nödvändigt att ha ett kontrollprogram som upprättas på inrådan av tillsynsmyndighet (Trafikverket, 2015).

MICASA (södra delen)

För att förekomma och undvika att sulfider frigörs kan skyddsåtgärder och kontrollprogram upprättas vid utförandeskedet. Exempel på åtgärder kan vara:

- Upprättande av hanteringsplan och kontrollprogram för losstaget berg. T.ex. kan handhållen XRF-mätare användas för att screena losshållet berg. Undvika krossning för att minimera den specifika ytan som kan utsättas för oxidation vilket gör att vittringsprocesserna accelererar.
- Finfraktioner av sulfidhaltigt bergmassor bör fraktas bort och läggas på deponi.

- Undvik att lägga upp massor i närheten till känsliga recipienter så som ytvattenflöde och/eller i närheten av vattendrag eller vattenskyddsområde.
- Massor med måttlig försurningspotential och större fraktioner kan anläggas på låg nivå i konstruktionen (exempelvis som fyllnadsmaterial under frostisoleringslager) för att minimera massornas kontakt med vatten och syre.

Om upplagsplatser anläggs kan sulfidhaltiga bergmassor oxidera och det kan därför vara nödvändigt att ha ett kontrollprogram som upprättas på inrådan av tillsynsmyndighet (Trafikverket, 2015).

8 Referenser

AMIRA, 2002. ARD test handbook. Project P387A Prediction and kinetic control of acid mine drainage. Ian Wark Research Institute, Environmental Geochemistry International Pty Ltd.

International network for acid prevention (INAP), 2021, GARD Guide. Tillgänglig:
http://www.gardguide.com/index.php?title=Main_Page

Naturvårdsverket, 2010. Återvinning av avfall i anläggningsarbeten. Handbok 2010:1. *Under revidering.*

Naturvårdsverket, 2021. Beskrivande statistik och presentation.

Miljöövervakningsenheten, Naturvårdsverket. Tillgänglig:

<https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/miljoovervakning/handledning/beskr-statistik-present.pdf>

SFS 1988:808. Miljöbalk. Stockholm: Miljödepartementet.

SFS 2013:319. Förordning om utvinningsavfall. Stockholm: Miljödepartementet.

Svenska Institutet för Standarder, 2011. Karaktärisering av avfall – Statisk test för bestämning av syrabildnings- och neutraliseringspotential i sulfidhaltigt avfall. (SS-EN 15875:2011).

Stockholm stad, 2015. Teknisk handbok. Stockholm: Trafikkontoret. Tillgänglig:
<https://tillstand.stockholm/globalassets/foretag-och-organisationer/tillstand-och-regler/tillstand-regler-och-tillsyn/mark--och-gatuarbeten/teknisk-handbok-for-byggande-drift-och-underhall-pa-offentlig-mark/th-2015-samlingsdokument.pdf>

Trafikverket, 2015. Trafikverkets handbok för hantering av sulfidförande bergarter. Rapport 2015:057. *Under revidering.*

PI21033352 - Finalized

CLIENT : ERNIFA - ÅF Infrastructure AB

of Samples : 9

DATE RECEIVED : 2021-02-11 DATE FINALIZED : 2021-02-17

PROJECT : Hemsystem 1

CERTIFICATE COMMENTS : Samples were received on 11-Feb-2021 and the SSF/Request on 11-Feb-2021.

PO NUMBER : 795662

SAMPLE DESCRIPTION	CRU-QC Pass2mm %	PUL-QC Pass75um %	S-IR08 S %
21A001			88 0,29
21A009			0,39
21A010			0,07
21A003			0,2
21A007			0,1
21A004			0,42
21B001	80,4	89,3	0,02
21B002			0,22
21B003			0,71

PI21039150 - Finalized
 CLIENT : ERNIFA - ÅF Infrastructure AB
 # of Samples : 7
 DATE RECEIVED : 2021-02-18 DATE FINALIZED :
 PROJECT : Hensystem 1
 CERTIFICATE COMMENTS :
 PO NUMBER : 795662

ME-MS61:REEs may not be totally soluble in this method. OA-VOL08EU:OA-VOL08EU Units: tCaCO3/1Kt = tCaCO3/1000t ore

SAMPLE DESCRIPTION	S-IR08 S %	S-ICP19 S %	S-CAL19 S %	C-IR07 C %	C-IR06 C %	C-CAL04 C inorganic %	OA-VOL08EU NP tCaCO3/1Kt	OA-VOL08EU AP tCaCO3/1Kt	OA-VOL08EU NPR Unity	OA-VOL08EU NNP tCaCO3/1Kt	OA-VOL11 NAGpH4.5 kg H2SO4/t	OA-VOL11 NAGpH7.0 kg H2SO4/t	OA-VOL11 pH
21A001	0,28	0,03	0,25	0,18	0,18	<0.01	8	7,8	1,06	0	<0.01	0,78	5,9
21A009	0,37	0,04	0,33	0,19	0,19	<0.01	10	10,3	0,95	-1	<0.01	1,37	5
21A003	0,18	0,02	0,16	0,18	0,16	0,02	8	5	1,56	3	<0.01	0,2	6,8
21A007	0,08	0,02	0,06	0,03	0,01	0,02	8	1,9	4,27	6	<0.01	<0.01	7,1
21A004	0,4	0,07	0,33	0,2	0,15	0,05	16	10,3	1,58	6	<0.01	0,59	6
21B002	0,21	0,13	0,08	0,33	0,3	0,03	4	2,5	1,6	2	<0.01	0,78	6,4
21B003	0,71	0,26	0,45	0,41	0,39	0,02	5	14,1	0,36	-9	4,12	6,27	3,2

SAMPLE DESCRIPTION	ME-MS61 Ag ppm	ME-MS61 Al %	ME-MS61 As ppm	ME-MS61 Ba ppm	ME-MS61 Be ppm	ME-MS61 Bi ppm	ME-MS61 Ca %	ME-MS61 Cd ppm	ME-MS61 Ce ppm	ME-MS61 Co ppm	ME-MS61 Cr ppm	ME-MS61 Cs ppm	ME-MS61 Cu ppm
21A001	0,07	7,57	<0.2	760	1,74	0,06	0,5	0,2	87,3	14	79	3,44	35,2
21A009	0,1	6,57	<0.2	630	2,63	0,08	0,62	0,24	85,1	14,4	71	3,6	36,7
21A003	0,09	6,48	<0.2	430	1,66	0,08	1,22	0,25	82,4	9,4	59	3,22	21,9
21A007	0,05	7,91	0,7	1220	0,55	0,04	0,97	0,14	171	5,9	25	2,4	12,2
21A004	0,09	7,29	<0.2	450	2,39	0,35	2,55	0,35	71,2	23,9	135	6,16	33
21B002	0,12	7,86	<0.2	1680	0,76	0,12	0,12	0,14	55,8	3,5	37	1,72	47,7
21B003	0,19	8,71	<0.2	900	2,99	0,1	0,23	0,15	101,5	12,9	97	3,81	117,5

SAMPLE DESCRIPTION	ME-MS61 Fe %	ME-MS61 Ga ppm	ME-MS61 Ge ppm	ME-MS61 Hf ppm	ME-MS61 In ppm	ME-MS61 K %	ME-MS61 La ppm	ME-MS61 Li ppm	ME-MS61 Mg %	ME-MS61 Mn ppm	ME-MS61 Mo ppm	ME-MS61 Na ppm	ME-MS61 Nb ppm
21A001	4,29	22,1	0,26	4,7	0,051	3,56	42,5	36,1	1,24	390	1,85	1,02	14,1
21A009	4,01	22,9	0,3	4,9	0,052	3,33	39,3	36,9	1,08	353	2,5	1,26	15,6
21A003	3,2	18,8	0,27	5,3	0,042	2,35	40,2	28,2	0,92	444	2,05	1,16	13
21A007	1,86	18,9	0,3	3,5	0,026	4,91	82,8	14	0,51	138	1,75	1,93	9,8
21A004	5,39	20,9	0,19	4,9	0,061	2,41	33,3	27,4	2	669	2,17	0,9	18,1
21B002	1,66	17,75	0,2	1,1	0,067	5,1	27,9	10,6	0,28	75	5,52	0,81	3,5
21B003	5,66	27,3	0,21	4,3	0,06	3,96	49,5	45,4	1,62	303	3,52	0,78	15,6

SAMPLE DESCRIPTION	ME-MS61 Ni ppm	ME-MS61 P ppm	ME-MS61 Pb ppm	ME-MS61 Rb ppm	ME-MS61 Re ppm	ME-MS61 S %	ME-MS61 Sb ppm	ME-MS61 Sc ppm	ME-MS61 Se ppm	ME-MS61 Sn ppm	ME-MS61 Sr ppm	ME-MS61 Ta ppm	ME-MS61 Te ppm
21A001	42,3	290	24,3	174,5	<0.002	0,28	0,07	14	1	1	145	0,85	0,05
21A009	47,3	330	25,6	166	0,002	0,36	0,06	14,2	1	1	152	1,06	0,05
21A003	31,7	340	18,3	126	0,002	0,2	0,07	11,9	1	1,4	175	0,89	<0.05
21A007	17,5	580	44,9	124,5	<0.002	0,1	0,05	6,3	1	1,7	395	0,74	<0.05
21A004	50	960	14,6	147	0,002	0,41	0,07	17,5	1	2,6	216	1,27	<0.05
21B002	12,5	650	32,6	111,5	0,003	0,23	0,05	2,2	1	3,8	171	0,31	0,05
21B003	44,2	310	28,8	185	0,002	0,7	<0.05	14,6	4	0,9	117	0,9	0,11

SAMPLE DESCRIPTION	ME-MS61 Th ppm	ME-MS61 Ti %	ME-MS61 Tl ppm	ME-MS61 U ppm	ME-MS61 V ppm	ME-MS61 W ppm	ME-MS61 Y ppm	ME-MS61 Zn ppm	ME-MS61 Zr ppm
21A001	15,95	0,356	1,11	3,1	89	2,3	14,9	120	155,5
21A009	17,2	0,339	1,27	3,9	86	4,3	12,3	131	154
21A003	16,35	0,294	0,91	3,8	75	2,6	15	97	179
21A007	38,8	0,205	1,08	6,9	52	1,9	17,5	58	117
21A004	10,7	0,567	1,04	2,9	123	4,3	19,5	133	170,5
21B002	10,7	0,069	0,89	2,6	42	6,1	6,3	27	37,3
21B003	19,35	0,384	1,3	3,8	130	0,2	12,9	188	136