

Handläggare
Lena Lilja
Tel
010-505 69 81
E-post
Lena.lilja@afry.com

Datum
2022-05-10
Projekt ID
210258

Mottagare
Huddinge Samhällsfastigheter AB

PM Bergteknik Paradisbacken 33 Sulfidutredning 2022



AFRY 2022-05-10
Lena Lilja

Granskare
Irene Geuken

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	3
1.1	Sulfidutredning - Bildning av surt lakvatten	3
1.1.1	Acid Rock Drainage (ARD) och berganvändning	4
2	Sulfidutredning metodik	4
2.1	Totalsvavel	4
2.2	Acid-Base Accounting – ABA	4
2.3	Analys NAGpH	5
2.4	AMIRA ARD Test Handbok	5
2.5	Analys av metaller och grundämnen	6
3	Platsbesök och provtagning	8
3.1	Berggrundskartering	9
3.1.1	Mikroskopering av kaxprov	11
4	Resultat	13
4.1	Analysresultat totalsvavel	14
4.2	Analysresultat ABA	15
4.3	Analysresultat NAGpH	16
4.4	Analysresultat metaller/halvmetaller	17
5	Bergutredning bedömning	18
5.1	Bergmaterialets förmåga att bilda surt lakvatten	18
5.1.1	Andra bedömningsparametrar	18
5.2	Utlakning av metaller och halvmetaller	19
5.3	Vidare utredning och rekommendationer	20
5.3.1	Hanteringsplan bergschakt	20
5.3.2	Kontrollprogram	21
5.4	Sammanfattning	21
6	Referenser	22
7	Bilagor	23
7.1	Mikroskoperingsbilder	23
7.2	ALS Analysresultat	24

På uppdrag av Huddinge Samhällsfastigheter AB har AFRY utfört bergtekniska undersökningar i området Paradisbacken 33, Huddinge kommun inför detaljprojektering av planerad nybyggnation, ombyggnation och anläggningar inom området. Syftet har varit att utreda om de bergmassor som kommer att loss hållas inom projektet är sulfidförande och syrabildande.

The map shows Huddinge centrum, a residential and commercial area in Sweden. Key features include:

- Fullerstorget**: A central square area.
- Huddinge stationsplan**: The railway station platform.
- Sjödalsparken**: A large green park area.
- Huddinge centrum**: The central urban area, with a red circle highlighting a specific building complex.
- Sjödalen**: A residential area to the south.
- Solnårdalen**: A residential area to the southwest.
- Tomtebergsgården**: A residential area to the northeast.
- Ms**: A residential area to the northwest.

Figur 1. Översigtskarta med undersökningsområdet markerat i rött (Källa: © Lantmäteriet).

Vid bergarbete som schaktning, krossning och sprängning exponeras bergmaterial för en oxiderande miljö (syre och vatten). Om sulfidmineral förekommer (exempelvis pyrit (FeS_2), kopparkis (CuFeS_2) med flera) i tillräckligt hög koncentration kan surt lakvatten bildas då vittringen av dessa mineral innebär bildandet av svavelsyra (H_2SO_4). Surt lakvatten ökar även lösningsförmågan för grundämnen med ursprung från bergmaterialet vilket riskerar att förorena omgivningen. Den omgivande miljön kan då påverkas negativt av surt lakvatten. Förekommande karbonatmineralogi (och till viss del annan mineralogi) i bergmaterialet kan buffra den försurande reaktionen och därför minska den negativa effekten av eventuellt högt sulfidinnehåll (GARD guide, 2021).

1.1.1 Acid Rock Drainage (ARD) och berganvändning

Acid Rock Drainage eller ARD (GARD Guide, 2021) är processen där sulfidhaltiga bergmassor oxiderar och bildar surt lakvatten.

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 har även mängden material betydelse samt hur det förvaras/används. Detta då mer material innebär större andel sulfidmineral vid förekomst (främst pyrit), likaså dimensionerna (höjd och skrymdensitet) på objektet (ex. upplag, konstruktionsfyllnad) vilket resulterar i den totala mängden material tillgängligt 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 Sulfidutredning metodik

Kapitlet avser att beskriva analysmetoder, referensvärden och bedömningsgrunder vilka utgör grund för tolkning och bedömning av resultat. Som vägledning för sulfidbedömning i denna utredning har olika referensverk använts, i stora drag följer utredningen Stockholms stad Vägledning – Provtagning och klassificering av sulfidförande berg (2021).

2.1 Totalsvavel

För bedömning av hur mycket svavel ett bergmaterial ska innehålla för att anses som potentiellt syrabildande brukar 0,1% totalsvavelhalt anges som riktvärde. Riktvärdet anges i Stockholm stads Vägledning - Provtagning och klassificering av sulfidförande berg (2021). Andra regelverk som t.ex. Trafikverkets handbok för sulfidförande berg (2015, under revidering) anger samma gräns, 0,1% som förhöjd halt svavel, dock är deras handbok tillbakadragen och riktvärden kan komma att ändras.

Även i 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 2.2).

2.2 Acid-Base Accounting – ABA

ABA-analyserna är utförda av ALS Scandinavia AB enligt europeisk och svensk standard SS-EN 15875 från 2011. Mer information om analysmetoderna finns att hämta hos ALS Scandinavia AB.

Syftet med Acid Base Accounting (ABA) är att geokemiskt karaktärisera bergavfall och bergmassor. ABA-analysen mäter mängden totalsvavel/sulfider i förhållande till mängden buffrande mineral i bergmaterialet, med andra ord, 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, enligt:

$$NPR = \frac{NP}{AP}$$

Det är viktigt att känna till att i ABA-analysen får man främst fram den neutraliseringspotential som utgörs av karbonatinnehållet i provmaterialet. Eventuellt övriga förekommande mineral vilka skulle kunna buffra men som reagerar långsammare än karbonater (vilka i princip reagerar omedelbart) hinner oftast inte reagera under det korta förloppet när man bestämmer NP. Detta kan bidra till att ABA kan underskatta neutraliseringspotentialen beroende på mineralogi.

Tabell 1 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 $1 < NPR < 3$ 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 1. Klassificeringstabell av NPR-värden enligt GARD Guide (2021).

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

2.3 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 för att ta reda på hur mycket syra som producerades.

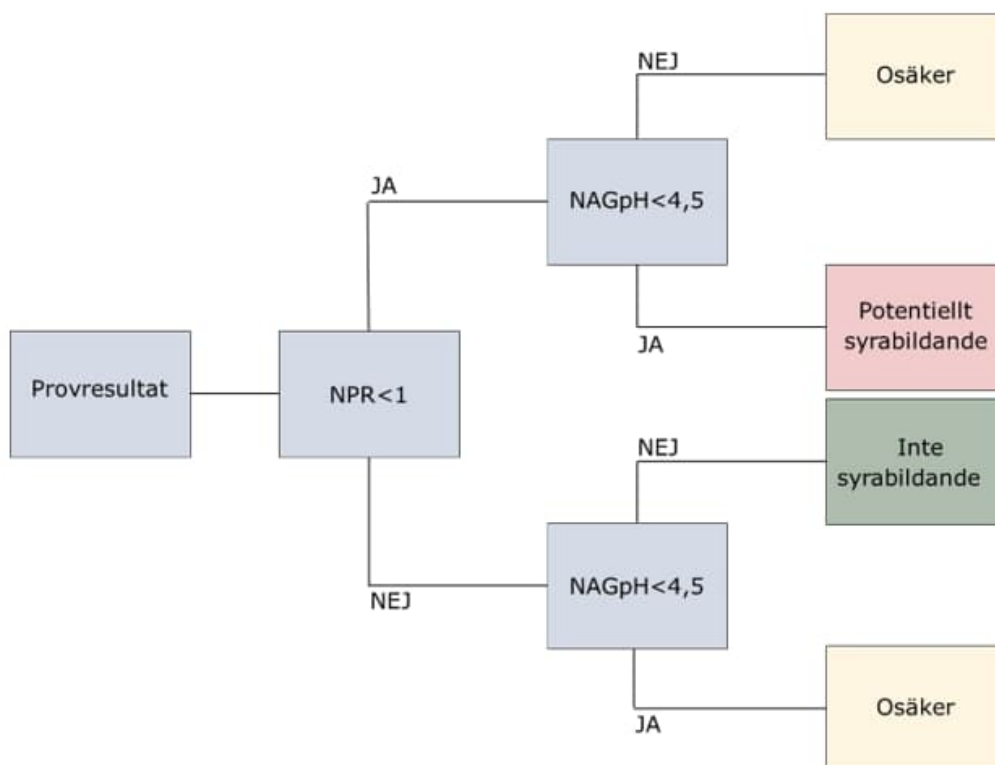
Det är viktigt att påpeka att detta inte är detsamma som ett vanligt laktest och det pH som rapporteras inte är detsamma som det pH naturligt lakvatten så som regn som silar genom materialet skulle få. NAG-testet är ett accelererat laktest under extrema förhållanden där det resulterande pH värdet även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

2.4 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 NAGpH, se Figur 2.



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).

2.5 Analys av metaller och grundämnen

Analysen syftar till att kvantifiera metaller och utvalda andra grundämnen i bergmaterialet.

Som referensvärden i denna PM används gränsvärden från Naturvårdverkets handbok (2010). Dock är denna handbok under revidering och kan komma att ändras. Naturvårdsverket (2010) beskriver halter från avfall som återvinns för anläggningsändamål som utgör en risk som är mindre än ringa (Tabell 2). 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.

Referensvärden för känslig markanvändning (KM) och mindre känslig markanvändning (MKM) (Naturvårdsverket, 2016) har tagits med eftersom de flesta entreprenörer som tar emot bergmassor använder dessa riktvärden som krav.

Tabell 2. Naturvårdverkets referensvärden för nivåer för mindre än ringa risk (Naturvårdsverket, 2010) samt Naturvårdsverkets gränsvärden för KM och MKM (Naturvårdsverket, 2016). Samtliga värden i ppm.

Ämne	Nivåer för mindre än ringa risk	KM	MKM
As (Arsenik)	10	10	25
Ba (Barium)	-	200	300
Cd (Kadmium)	0,2	0,8	12
Co (Kobolt)	-	15	35
Cr (Krom)	40	80	150
Cu (Koppar)	40	80	200
Hg (Kvicksilver)	0,1	0,25	2,5
Mo (Molybden)	-	40	100
Ni (Nickel)	35	40	120
Pb (Bly)	20	50	400
Sb (Antimon)	-	12	30
V (Vanadin)	-	100	200
Zn (Zink)	120	250	500

3 Platsbesök och provtagning

Berggrunden inom projekteringsområdet där schakt och sprängning planeras har provtagits av AFRY under mars 2022 med Jb-sondering (borrkax).

I samband med Jb-sondering har även översiktlig bergkartering genomförts av Lena Lilja (geolog, AFRY) (se avsnitt 3.1). Jb-sondering (kaxprover) utfördes av Ronny Kratz (geotekniker, AFRY) och Anton Herke (geotekniker, AFRY).

Totalt togs 7 kaxprov med Jb-sondering inför analys av elementsammansättning, ABA-analyser och NAGpH (Figur 3 och Tabell 3).



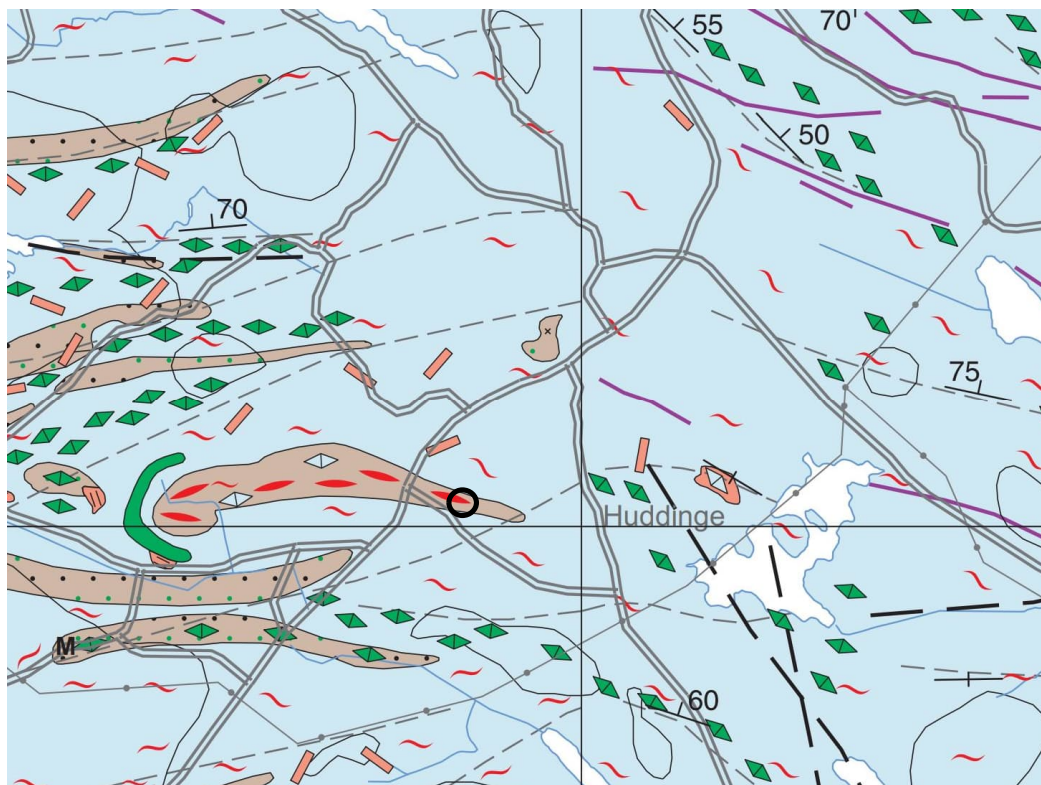
Figur 3. Positioner för provpunkterna för Jb-sondering (kaxprovtagning).

Tabell 3. Sammanställning av kaxprovtagning berg.

Prov ID	Provtagning Metod	Provtagning djup, m	Analyser	Utförare
22A016	Jb-sond.	1,7 - 4,1	Totalsvavel, ABA, NAGpH, bulkanalys	ALS
22A017	Jb-sond.	2,0 - 5,0	Totalsvavel, ABA, NAGpH, bulkanalys	ALS
22A018	Jb-sond.	2,2 - 5,2	Totalsvavel, ABA, NAGpH, bulkanalys	ALS
22A019	Jb-sond.	1,6 - 3,6	Totalsvavel, ABA, NAGpH, bulkanalys	ALS
22A020	Jb-sond.	1,9 - 3,5	Totalsvavel, ABA, NAGpH, bulkanalys	ALS
22A021	Jb-sond.	1,7 - 3,6	Totalsvavel, ABA, NAGpH, bulkanalys	ALS
22A022	Jb-sond.	1,8 - 4,15	Totalsvavel, ABA, NAGpH, bulkanalys	ALS

3.1 Berggrundskartering

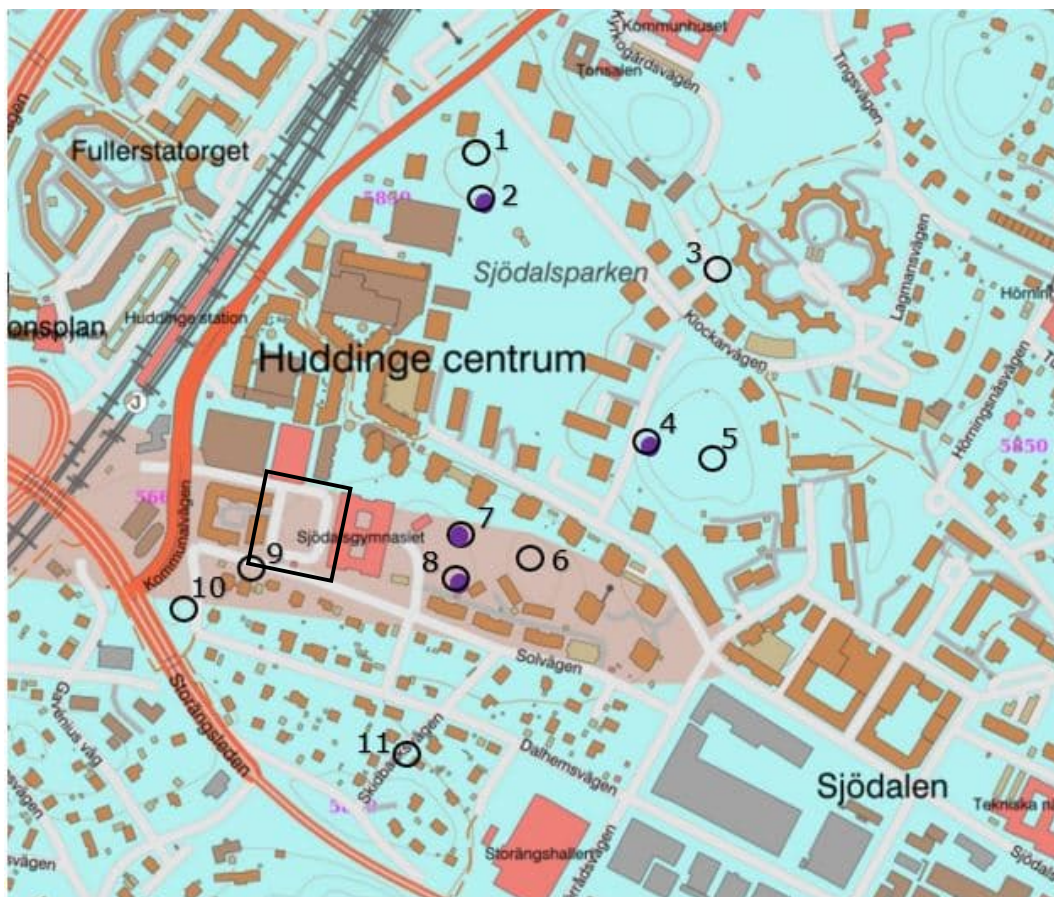
Från SGU:s översiktliga berggrundskarta (2001) i Figur 4 ses att det aktuella området utgörs av två huvudbergarter; metagråvacka (sedimentgnejs av ursprungligen leriga och sandiga sediment) och granodiorit/granit. Metagråvackan dominerar området i stort, men just över projekteringsområdet utbildar granodioriten/graniten en långsträckt kropp som löper från nordväst svagt mot sydost. Väster om granodioriten/graniten finns inslag av mafiska bergarter (metabasit) och brottstycken (xenoliter) av dessa sprider mot öster i metagråvackan (gröna diamanter).



Figur 4. Urklipp från SGU:s kartblad serie BA60 berggrundskartan 10I för Stockholm (2001) som visar berggrunden omkring projekteringsområdet (svart cirkel). Ljusblått område = metagråvacka (sedimentgnejs). Brunt område = granodiorit/granit. Gröna områden = metabasit. Röda symboler = ådergnejsomvandlat, starkt migmatiserat. Rektanglar = granit, aplit och pegmatit, gångar. Diamanter = brottstycken (xenoliter).

Då berg i dagen inte fanns över parkeringsytan har hållar i det omkringliggande området karterats (se Figur 5).

I enlighet med berggrundskartan från SGU så dominerades området av metagråvacka i håll. Granodioriten/graniten kunde inom det karterade området endast befästas i observationspunkten 8. Punkterna 6, 7, 9 samt 10 har alla karterats som metagråvacka där den övergripande berggrundskartan förutspått granodiorit/granit. Sammantaget tyder detta på att den övergripande geologiska kartan från SGU mest troligt inte stämmer för projekteringsområdet och att metagråvacka kan utgöra en betydande del under parkeringsytan.



Figur 5. Urklipp från SGU:s kartvisare (2022) som visar berggrunden inom projekteringsområdet (svart ram) samt observationspunkter av berg i dagen/håll. Turkost område = metagråvacka (sedimentgnejs). Brunt område = granodiorit/granit. ● = uttag av referensprov.

Metagråvackan (sedimentgnejsen) i det undersökta området var finkornig med migmatitiska/pegmatitiska inslag vilka var grovkorniga. Bergarten hade en tydligt bandad struktur, ofta med centimeter- till decimetertjocka band av mörk glimmer som vittrat rostigt. Färgen var gråsvart. Sulfider observerades inte i bergarten men kunde inte uteslutas tillsammans med rostig glimmer.

Granodiorit/graniten var grovkornig och uppvisade en relativt stark bandning i håll men var inte skivig. Ingen tydlig rost eller synliga sulfider noterades för bergarten.

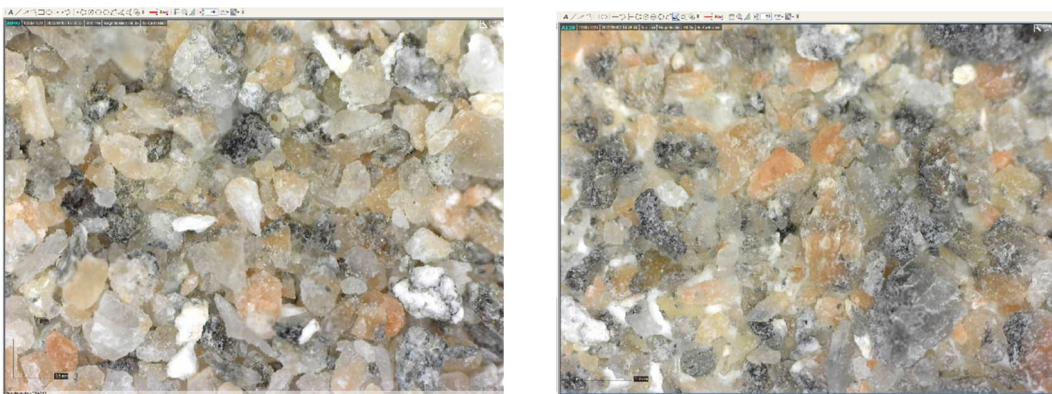


Figur 6. Foton från platsbesök med karterade bergarter. T.v.: bergslänt med bandad metagråvacka. T.h.: grovkornig granodiorit / granit i referensprov.

3.1.1 Mikroskopering av kaxprov

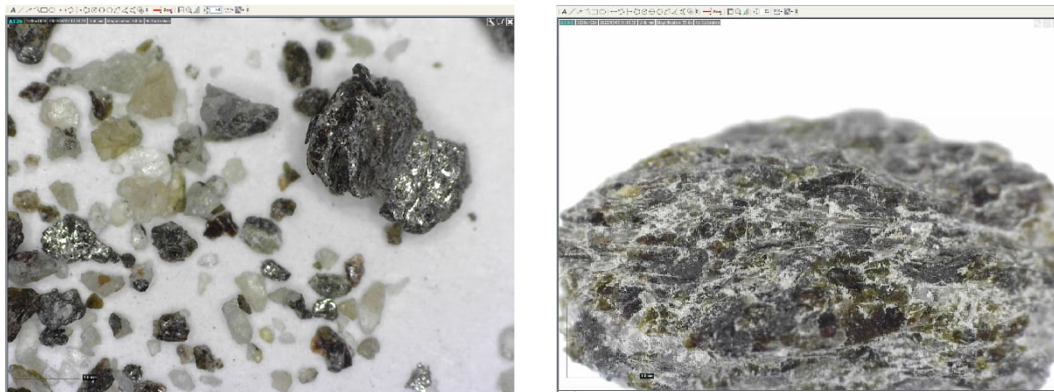
För att få en bättre uppfattning om provernas mineralogi har referensmaterial till kaxproverna studerats med optisk mikroskopering (Dino-Lite Edge POL). En sammanställning av samtliga prov finns i avsnitt 7.1.

Proverna innehöll framför allt kvarts, rödrosa fältspat samt glimmer och hade liknande utseenden sinsemellan (se Figur 7).



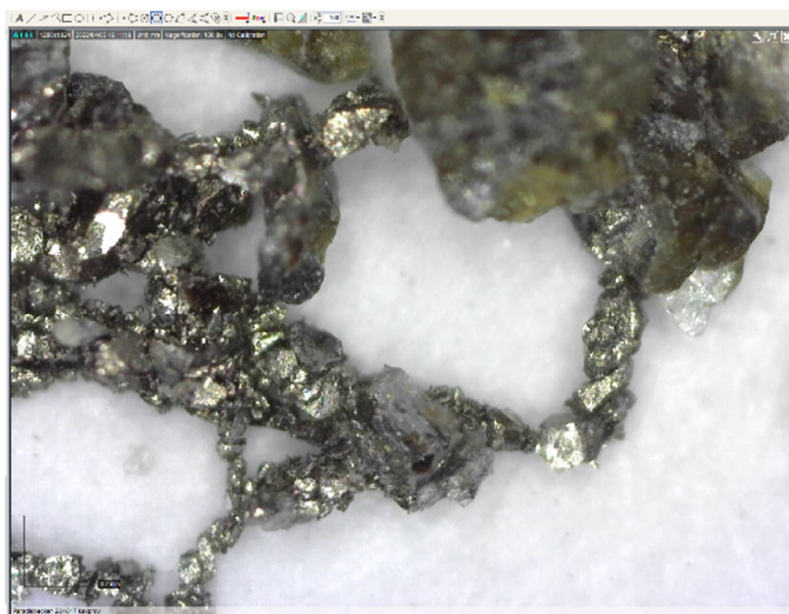
Figur 7. Mikroskoperingsbilder av kaxprov. T.v.: prov 22A019 vid 60x förstoring. T.h.: prov 22A022 vid 50x förstoring.

Provet 22A017 var tydligt mörkare än övriga prover och uppvisade en mot övriga prov avvikande mineralogi med inslag av troliga amfiboler och mörkare fältspater.



Figur 8. Mikroskoperingsbilder av kaxprovet 22A017. T.v.: Kvarts, mörk glimmer och något fältspat. 50x förstoring. T.h.: isolerat korn av trolig amfibol. 55x förstoring.

Vid mikroskoperingen sågs även finkornig magnetit tillsammans med pyrit i provet, vilka kunde plockas ut och identifieras med magnet. Även provet 22A016 innehöll visst magnetiskt material, men utan att pyrit kunde identifieras.



Figur 9. Mikroskoperingsbild av kaxprovet 22A017. Isolerade korn med finkornig magnetit och pyrit. 180x förstoring.

4 Resultat

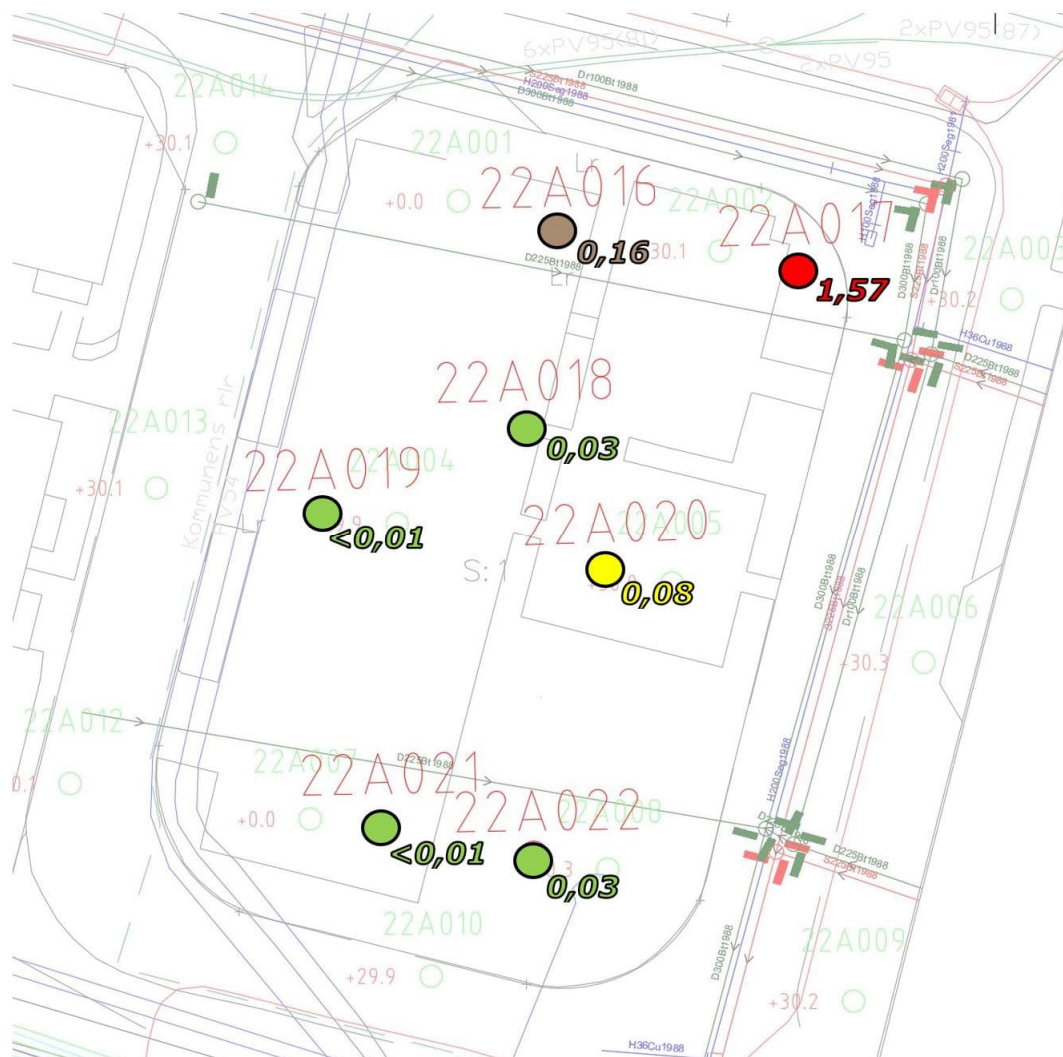
Totalt har 7 prov analyserats med avseende på totalsvavelhalt, ABA, NAGpH samt grundämnen (för metodbeskrivning, se avsnitt 2). Resultat av utförda analyser redovisas i sin helhet i avsnitt 7 (Bilagor) och en sammanställning av resultaten presenteras i Tabell 4 tillsammans med bedömning om materialets försurningspotential utifrån AMIRA (2002) och GARD Guide (2021).

Tabell 4. Sammanställning analysresultat totalsvavel, ABA-analyser och NAGpH samt bedömning utifrån AMIRA (2002) och GARD Guide (2021).

Prov ID	Analysresultat				Bedömning	
	Svavel S _{tot} %	NP tCaCO ₃ /Kt	AP tCaCO ₃ /Kt	NPR	NAGpH	AMIRA (2002) GARD Guide (2021)
22A016	0,16	5	4,1	1,23	3,8	Osäker
22A017	1,57	4	47,5	0,08	2,8	Potentiellt syrabildande
22A018	0,03	13	0,6	20,8	6,4	Inte syrabildande
22A019	<0,01	13	<0,3	88,67	6,8	Inte syrabildande
22A020	0,08	15	2,2	6,63	6	Inte syrabildande
22A021	<0,01	5	<0,3	35,33	6,2	Inte syrabildande
22A022	0,03	7	0,6	11,2	6,2	Inte syrabildande

4.1 Analysresultat totalsvavel

5 av de 7 proverna har totalsvavelhalt under 0,1% vilket brukar anges som ett riktvärde t.ex. av Stockholms Stad (2021) men också av Trafikverket (2015, under revidering) (se avsnitt 2.1). 4 av dessa 7 prover har en totalsvavelhalt under 0,05% vilket anses som en låg halt (Trafikverket, under revidering, 2015). 1 prov har något förhöjd halt på 0,08% (22A020). De 2 proverna 22A016 och 22A017 har totalsvavelhalter på 0,16 respektive 1,57%, dvs förhöjd respektive hög totalsvavelhalt (Tabell 4, Figur 10).



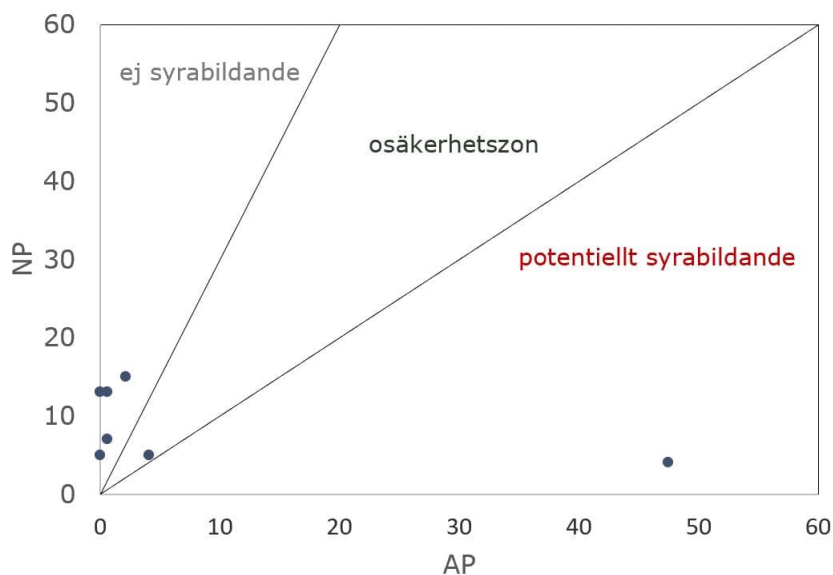
Figur 10. Översiktskarta med placering av provpunkter och svavelhalt (röd text indikerar prover med höga totalsvavelhalter, över ca 0,5% totalsvavel, brun text indikerar prov mellan 0,1–0,5% svavel, guldgul text indikerar prov mellan 0,05–0,1% svavel och grön text indikerar prov med <0,05% svavel).

4.2 Analysresultat ABA

Analysresultat redovisas i sin helhet i avsnitt 7 (Bilagor) och en sammanställning av resultaten presenteras i Tabell 4.

Av de 7 proverna har 5 en neutraliseringspotentialkvot (NPR) som överstiger 3 vilket innebär att de har tre gånger mer neutraliseringspotential (NP) än syrabildande potential (AP) och räknas inte som syrabildande. Ett prov har en NPR som är mellan 1 och 3 vilket innebär att den neutraliserande potentialen överstiger den syrabildande potentialen men räknas som osäkert. Prov 22A017 har en NPR på 0,08, dvs under 1, vilket innebär att det räknas som potentiellt syrabildande (se avsnitt 2.4, Figur 2).

Figuren nedan visar analysresultat plottat i ett AP/NP diagram där neutraliseringspotentialen visas enligt klassificeringsintervall för NPR-värden (GARD Guide, 2021).



Figur 11. Resultaten från ABA-analysen plottade i ett NP/AP diagram (Efter GARD Guide, 2021) som grafiskt representerar om provet har en neutraliseringspotential (NPR) mindre än 1 dvs, potentiellt syrabildande, en NPR mellan 1–3 som motsvarar en osäkerhetszon eller en NPR som överstiger 3 och därmed inte är syrabildande.

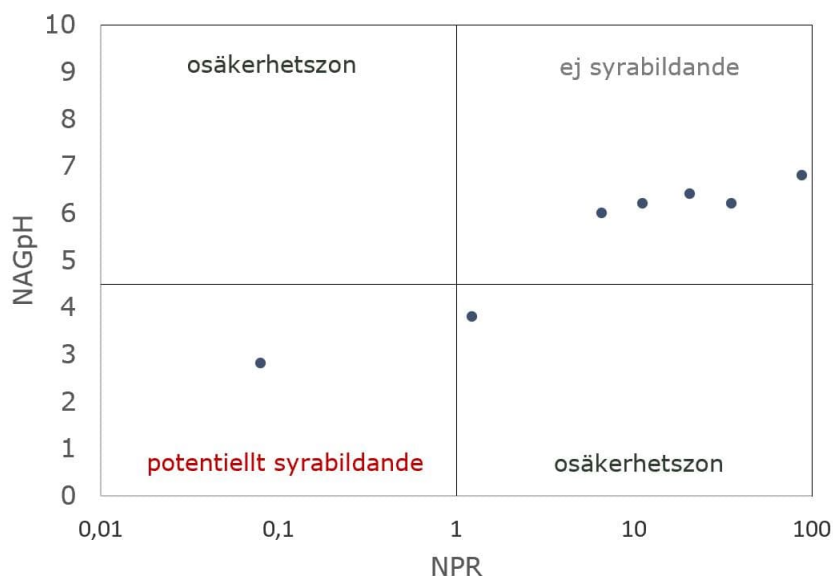
4.3 Analysresultat NAGpH

Analysresultaten redovisas i sin helhet i avsnitt 7 (Bilagor) och en sammanställning av resultaten presenteras i Tabell 4 tillsammans med jämförelsevärden (GARD Guide, 2021, och AMIRA, 2002).

NAGpH-testerna visar att 5 av 7 prover har ett NAGpH större än 4,5 vilket innebär att de ej skulle vara syrabildande enligt AMIRA (avsnitt 2.4, Figur 2). 2 av proverna (22A016 och 22A017) har lägre NAGpH på 3,8 respektive 2,8. Dessa prov hade därtill också de högsta totalsvavelhalterna på 0,16% respektive 1,57%.

I nedan Figur 12 är de 7 proverna plottade i NPR/NAGpH-diagram, där figuren delas in i fyra kvadranter som skiljs av riktvärden för ej syrabildande: NAGpH > 4,5 och NPR > 1.

De 5 prov som plottar i den ej syrabildande kvadranten har NAGpH som överstiger 6. Provet 22A016 som faller inom osäkerhetszonen har NPR som överstiger 1 men NAGpH på 3,8. Provet 22017 har både lågt NPR på 0,08 samt lågt NAGpH på 2,8.



Figur 12. Kombinerat resultat från NAGpH och NPR, med riktvärdena 4,5 och 1, vilket ger fyra fält av: ej syrabildande, potentiellt syrabildande samt osäkerhetszoner. De två proven i det potentiellt syrabildande fältet är 22A016 och 22A017 (Efter GARD Guide, 2021).

4.4 Analysresultat metaller/halvmetaller

Analysresultat redovisas i sin helhet i avsnitt 7 (Bilagor) och en sammanställning av resultaten presenteras i Tabell 5.

I botten av Tabell 5 finns jämförelsevärden för nivåer för mindre än ringa risk från Naturvårdsverket (2010), referensvärden för känslig markanvändning (KM) och mindre känslig markanvändning (MKM), (Naturvårdsverket, 2016) samt ett medel- och medianvärde för varje metall/halvmetall.

Samtliga prov överstiger värdet för mindre än ringa risk med avseende på bly (Pb), samt referensvärdet för KM och MKM gällande barium (Ba).

Provet 22A017 är det prov som i flest fall överstiger nivåerna för referensvärdena. Provet 22A016 överstiger nivåerna för referensvärdena med avseende på kadmium (Cd), krom (Cr) och zink (Zn) förutom de två element som nämnts i stycket ovan.

Tabell 5. Sammanställning av totalhalter av utvalda metaller och halvmetaller med referensvärden för mindre än ringa risk (Naturvårdsverket, 2010) samt referensvärden för känslig markanvändning (KM) och mindre känslig markanvändning (MKM), (Naturvårdsverket, 2016).

Analysresultat												
Prov ID	As ppm	Ba ppm	Cd ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Mo ppm	Ni ppm	Pb ppm	Sb ppm	V ppm	Zn ppm
22A016	0,9	1020	0,6	5	41	12	2	17	52	<0.05	48	133
22A017	1	490	0,3	16	80	81	13	94	24	<0.05	217	203
22A018	0,2	1550	0,2	8	17	5	1	9	29	<0.05	41	104
22A019	0,5	1530	0,1	6	14	2	0	6	26	<0.05	33	76
22A020	0,3	2360	0,1	7	16	8	1	9	43	<0.05	43	78
22A021	0,2	1390	0,1	3	8	1	1	3	38	<0.05	13	40
22A022	0,9	1030	0,2	4	10	1	0	3	38	<0.05	22	89
Median	0,5	1390	0,2	6	16	5	1	9	38	-	41	89
Medel	0,6	1339	0,2	7	27	16	3	20	36	-	60	103
Referensvärden												
Kategori	As ppm	Ba ppm	Cd ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Mo ppm	Ni ppm	Pb ppm	Sb ppm	V ppm	Zn ppm
MRR	10	-	0,2	-	40	40	-	35	20	-	-	120
KM	10	200	0,8	15	80	80	40	40	50	12	100	250
MKM	25	300	15	35	150	200	100	120	400	30	200	500

5 Bergutredning bedömning

5.1 Bergmaterialets förmåga att bilda surt lakvatten

Utifrån utförd bergkartering och SGU:s berggrundskarta dominerar berggrunden i det karterade området av metagråvacka (sedimentgnejs) med inslag av granodiorit/granit, där den senare bergarten endast befästs i en observationspunkt.

I den övre /norra delen av projekteringsområdet som provtagits är svavelhalterna förhöjda till höga (0,16 respektive 1,57%, se även Figur 10) och analyserna som gjorts för att bedöma förurningsförmågan (ABA- och NAGpH-analyser) tyder på att det finns en risk att detta bergmaterial är syrabildande (Tabell 4).

Då det inte funnits blottad bergyta att undersöka kunde endast resultat från mikroskoperingen användas för att undersöka om det gick att särskilja bergproverna åt för att eventuellt kunna härleda dem till de olika bergartsenheter som definierats för närområdet.

Mikroskoperingen visade att proverna hade ett liknande utseende sinsemellan och att det troligen handlar om samma bergart, vilket bedöms som metagråvacka. Provet 22A017 uppvisade en avvikande mineralogi mot övriga prov. Förekomsten av troliga amfiboler, mörk fältspat samt finkornig magnetit skulle kunna vara på grund inslag av mafiska brottstycken (xenoliter), vilka regionalt finns karterade i området (se Figur 4). Provet innehöll synlig pyrit. Provet 22A016, vilket också uppvisade förhöjda totalsvavelhalter, var svagt magnetiskt likt prov 22A017 men visade i övrigt liknande karaktäristika som proven med metagråvacka, vilket skulle kunna indikera en blandad källa.

Sammantaget visar de undersökningar som genomförts i denna studie att försiktighetsprinciper bör tas för den övre/norra delen av projekteringsområdet där det föreligger risk att bergmaterialet är syrabildande och en avvikande mineralogi med befästs genom mikroskopering. Föreslagna åtgärder beskrivs vidare i kommande avsnitt 5.3.

5.1.1 Andra bedömningsparametrar

Utöver utförda analyser avseende bergmaterialets förmåga att bilda surt lakvatten finns även andra parametrar vilka 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, KM och MKM, 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 beroende på storleken på anläggningen.

Analyserna av metaller och halvmetaller är totalhalter, dvs en total upplösning av materialet. Dessa kan inte jämföras med resultat från lakteter. 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 prov halterna 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 4.4).

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.

Referensvärden för känslig markanvändning (KM) och mindre känslig markanvändning (MKM) (Naturvårdsverket, 2016) har, som nämnts ovan, tagits med eftersom de flesta entreprenörer som tar emot bergmassor använder dessa riktvärden som krav.

Grundämnena som analyserats är, som påpekats ovan, i berggrunden naturligt förekommande metaller och halvmetaller bundna i olika mineral. Till exempel kan barium förekomma i sedimentära bergarter som är rika på mineralerna kalifältspat och glimmer i vilka det ersätter kalium. Dock är mobiliteten i barium låg då de ofta faller ut som sulfat eller karbonat och då är olösliga i vatten (SGU, 2014). Vidare 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 avspeglning av en normal förekomst i bergarterna som förekommer inom området.

Kring de två proven 22A016 och 22A017 som uppvisar förhöjd eller hög totalsvavelhalt, över 0,1%, föreligger en osäkerhet respektive potentiell risk för syrabildande bergmaterial (se Tabell 4) och det har i avsnitt 5.1 framhållits att försiktighetsåtgärder är lämpliga för denna del av projekteringsområdet. Detta innebär att vidare utredningar och rekommendation som följer i nedan avsnitt 5.3 även ska omfatta analys av metaller och halvmetaller för att förhindra urlakning av dessa.

5.3 Vidare utredning och rekommendationer

Att ha identifierat risken att en del av bergmassorna inom projektet är sulfidförande (men att det finns vissa osäkerheter) i detta skede är viktigt och till stor hjälp inför utförandeskedet, för att kunna förbereda och hantera bergmassorna på lämpligast sätt.

Det mest effektiva sättet att förhindra att sulfidförande bergmassor frigörs är att anpassa schaktdjup så att potentiellt sulfidförande berg hålls intakt. Om det ej går, utan bergsprängning behöver utföras bör hanteringsplan med skyddsåtgärder och kontrollprogram upprättas.

Speciella åtgärder kan vidtas för att säkerställa att surt lakvatten inte bildas vid användning av bergmaterialet. Av särskild vikt vid eventuellt användande av bergmaterialet är att undvika att krossa ned till finfraktioner, undvika att lägga upp massor i närheten av känsliga recipienter. Alternativt kan finfraktioner behandlas med buffrande material. Tabell 6 visar exempel på skyddsåtgärder vid olika försurningsförhållanden.

Tabell 6. Exempel på skyddsåtgärder vid olika försurningsförhållanden.

Kategori	Behov av skyddsåtgärder
1. Ej försurande	Kan användas utan skyddsåtgärder oavsett miljöns känslighet.
2. Måttligt försurande	Kan kräva skyddsåtgärder om massor placeras nära känslig miljö. Alternativt kan de behandlas med kalklösning.
3. Försurande	Kräver skyddsåtgärder. Finfraktioner av massorna förs till deponi alternativt behandlas med kalklösning.

5.3.1 Hanteringsplan bergschakt

En hanteringsplan för bergschakt för att förekomma och undvika att sulfider frigörs skulle kunna omfatta:

- I byggskedet i samband med avtäckning berg utföra en kartering innan sprängning för att verifiera bergarter och eventuell koppling till sulfidförande bergarter. Kartering utförs av bergsakkunnig.
- Provtagning av losshållet berg med hjälp av en handhållen XRF-mätare som användas för att screena alt. totalsvavelanalys för att sortera bergmassorna och därigenom kunna friklassa bergmassor med lägre svavelhalt.
- Undvika krossning och användning av finfraktion, för att minimera den specifika ytan som kan utsättas för oxidation vilket gör att vittringsprocesserna accelererar.
- Finfraktioner av bergmassor som efter screening klassas om sulfidhaltiga bör fraktas bort och läggas på deponi.
- Undvik att lägga upp massor i närheten av 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.

5.3.2 Kontrollprogram

Under förvaringstiden på upplagsplatser kan sulfidhaltiga bergmassor oxidera och det kan därför vara nödvändigt att ha ett kontrollprogram. Kontrollprogrammet upprättas på inrådan av tillsynsmyndigheten i länet där anläggningsarbetet utförs, i samråd med denna myndighet. Kontrollprogrammet kan till exempel innebära att grundvattenprovtagningar, ytvattenprovtagningar och lakvattenprovtagningar utförs ett par gånger per år.

- Proverna bör analyseras med avseende på till exempel pH, redoxpotential, konduktivitet, alkalinitet, metaller och svavelhalt (Trafikverket 2015, under revidering).
- Vid kraftiga regn/höga vattenflöden bör extra provtagningstillfällen läggas till kontrollprogrammets schema. Kraftiga regn/höga vattenflöden utgör en större ursköljningseffekt av materialet och kan bidra till förhöjda värden.
- Särskilda upplag för bergmassorna ordnas där botten är tät och dagvatten kan samlas upp (en sådant upplag behöver anmälas enligt miljöbalken till berörd kommun).

Ett exempel på kontrollprogram (Trafikverkets 2015, under revidering) avseende olika recipienter kan innebära:

- Grundvattenprovtagning, 2 ggr (vår och höst)
- Ytvattenprovtagning, 2 ggr (vår och höst)
- Lakvattenprovtagning, 2 ggr (vår och höst)

5.4 Sammanfattning

De tester som gjorts för att utvärdera bergprovernans försurningsförmåga tyder på att risken att bergmaterialet inom den nedre delen av projekteringsområdet är syrabildande bör ses som låg. Risken för att metaller och halvmetaller kan komma att frigöras och föras ut med lakvattnet ses därför också som låg för denna del.

Förhöjd eller hög totalsvavelhalt, över 0,1%, samt en föreliggande risk att bergmaterial är syrabildande har konstaterats i den övre delen av projekteringsområdet (proverna 22A016 samt 22A017, se Tabell 4 och Figur 10) där en avvikande mineralogi också påvisats genom mikroskopering. Kring dessa punkter bör en försiktighet iakttas och en möjlig hanteringsplan för att förhindra sur avrinning och därigenom även ökad mobilitet av metaller och halvmetaller från bergmaterial kan utformas enligt följande:

- I samband med avtäckning berg utföra en kartering av bergsakkunnig innan sprängning.
- Provtagning av losshållet berg med hjälp av en handhållen XRF-mätare.
- Undvika krossning och användning av finfraktion.
- Om finfraktioner av bergmassor inte kan undvikas bör de fina fraktionerna provtas och om risk för sur avrinning finns bör de fraktas bort och läggas på deponi eller behandlas med buffrande material. Behandling med buffrande material kan utföras inom projektområdet och bör utföras av sakkunniga.
- Undvik att lägga upp massor i närheten av känsliga recipienter.

Storleken på schakten spelar en avgörande roll då en liten mängd material inte kan generera en stor mängd sur avrinning och vid små mängder material blir åtgärderna heller inte omfattande.

6 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.

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

Huddinge kommun, 2022. Stödguide sulfidförande bergarter och sulfidjordar. *Förhandsgranskning*.

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

Naturvårdsverket, 2016. Tabell Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark. Publicerad juni 2016. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/fororenade-omraden/berakning-riktvarden/generella-riktvarden-20160707.pdf>

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

SGU, 2011. MinBas II. Slutrapport. Materialkaraktisering Positive List för restmaterial – Del 2. Rapport nr 3.2a-3.

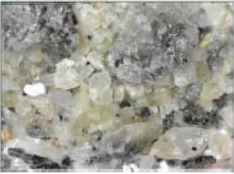
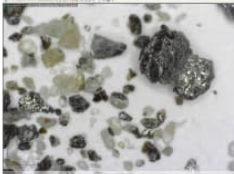
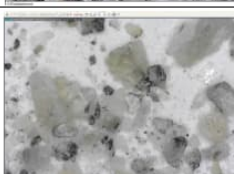
SGU, 2014. Geokemisk atlas över Sverige. ISBN 978-91-7403-258-1.

Stockholm stad, 2021. *Vägledning, Provtagning och klassificering av sulfidförande berg. Exploateringskontoret, Stockholms Stad.*

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

7 Bilagor

7.1 Mikroskoperingsbilder

ProvID	Ref bild	Förstoring	Observation	Bedömd bergart
22A016		50	Kvartskorn, fältspat, något glimmer. Magnetiskt över vissa korn i påsen.	Blandad källa
22A017		50	Vita och glasiga kvartskorn. Gul- orangea korn troligen fältspater. Amfibol och mörk glimmer. Amfibol: 	Mafiskt
22A017		180	Magnetiskt, separerades från övrigt kax med magnet genom att dra under ett papper som kaxet låg på. Magnetit och pyrit.	Mafiskt
22A018		50	Kvartskorn, glimmer, något rosa fältspater.	Metagråvacka
22A019		60	Kvartskorn, fältspat, något glimmer.	Metagråvacka
22A020		50	Kvartskorn, fältspat, något glimmer.	Metagråvacka
22A021		50	Vita/gråa kvartskorn, glasglansigt korn är nog också kvarts. Muskovit.	Metagråvacka
22A022		50	Kvartskorn, fältspat, något glimmer.	Metagråvacka

7.2 ALS Analysresultat



ALS Scandinavia AB
 Hammarvagen 22
 SE-943 36, Öjebyn
 www.alsglobal.com/geochemistry

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 1737. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

To: ÅF-INFRASTRUCTURE AB
 FAKTURAÄVDDELNINGEN
 FRÖSUNDALEDEN 2E
 169 99 STOCKHOLM

Page: 1
 Total # Pages: 2 (A - E)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 25-APR-2022
 Account: ERNIFA

CERTIFICATE PI22081456

Project: Paradisbacken 210258
 P.O. No.: Lena Lilja wnw466s
 This report is for 7 samples of Crushed Rock submitted to our lab in Pitea, Sweden on 1-APR-2022.
 The following have access to data associated with this certificate:
 IRENE GEUKEN LENA LILJA

SAMPLE PREPARATION

ALS CODE	DESCRIPTION
WEI-21	Received Sample Weight
LOG-22	Sample login - Rcd w/o BarCode
CRU-31	Fine crushing - 70% <2mm
SPL-22Y	Split Sample - Boyd Rotary Splitter
PUL-31	Pulverize up to 250g 85% <75 um
CRU-QC	Crushing QC Test
PUL-QC	Pulverizing QC Test

ANALYTICAL PROCEDURES

ALS CODE	DESCRIPTION	INSTRUMENT
S-CAL19	Sulphide Sulphur (Calculated)	LECO
C-IR07	Total Carbon (IR Spectroscopy)	LECO
C-IR06	Non-Carbonate C by HCl Leach, IR Spec	LECO
C-CAL04	Inorganic Carbon	LECO
OA-VOL08EU	AP & NP of Sulphidic Waste	
OA-VOL11	Static Net Acid Generation	
ME-MS61	48 element four acid ICP-MS	
S-IR08	Total Sulphur (IR Spectroscopy)	LECO
S-ICP19	Sulphate Sulphur / By ICP-AES	ICP-AES

This is the Final Report and supersedes any preliminary report with this certificate number. Results apply to samples as submitted. All pages of this report have been checked and approved for release.
 ***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****
 Comments: Samples were received on 1-Apr-2022 and the SSF/Request on 30-Mar-2022.

Signature:



Andrey Tairov, Technical Manager, Ireland



ALS Scandinavia AB
 Hammarvagen 22
 SE-943 36, Öjebyn
 www.alsglobal.com/geochemistry

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 1737. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

To: ÅF-INFRASTRUCTURE AB
 FAKTURAÄVDDELNINGEN
 FRÖSUNDALEDEN 2E
 169 99 STOCKHOLM

Page: 2 - A
 Total # Pages: 2 (A - E)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 25-APR-2022
 Account: ERNIFA

CERTIFICATE OF ANALYSIS PI22081456

Project: Paradisbacken 210258

Sample Description	Method Analyte Units LOD	WEI-21 Recvd Wt. kg	CRU-QC Pass2mm %	PUL-QC Pass175um %	S-IR08 S %	S-ICP19 S %	S-CAL19 S %	C-IR07 C %	C-IR06 C organic %	C-CAL04 C inorga %	OA-VOL08EU NP tCaCO3/1kt	OA-VOL08EU AP tCaCO3/1kt	OA-VOL08EU NRP tCaCO3/1kt	OA-VOL08EU NNP tCaCO3/1kt	OA-VOL11 NAGpH4.5 kg H2SO4/t	OA-VOL11 NAGpH7.0 kg H2SO4/t
22A016		5.14	92.2	90.0	0.16	0.03	0.13	0.04	0.06	<0.01	5	4.1	1.23	1	0.78	4.31
22A017		5.63		89.3	1.57	0.05	1.52	1.46	1.36	0.10	4	47.5	0.08	-44	22.9	33.1
22A018		4.94			0.03	0.01	0.02	0.03	0.03	<0.01	13	0.6	20.80	12	<0.01	1.37
22A019		4.73			<0.01	0.01	<0.01	0.07	0.06	0.01	13	<0.3	88.67	13	<0.01	0.59
22A020		4.16			0.08	0.01	0.07	0.05	0.04	0.01	15	2.2	6.63	12	<0.01	1.76
22A021		3.64			<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.02	<0.01	5	<0.3	35.33	5	<0.01	2.74
22A022		5.03			0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	7	0.6	11.20	6	<0.01	2.55

Comments: Samples were received on 1-Apr-2022 and the SSF/Request on 30-Mar-2022.

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Scandinavia AB
Hammarvagen 22
SE-943 36, Öjebyn
www.alsglobal.com/geochemistry

To: ÅF-INFRASTRUCTURE AB
FAKTURAAVDELNINGEN
FRÖSUNDALEDEN 2E
169 99 STOCKHOLM

Page: 2 - B
Total # Pages: 2 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 25-APR-2022
Account: ERNIFA

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 17371. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

Project: Paradisbacken 210258

CERTIFICATE OF ANALYSIS PI22081456

Sample Description	Method Analyte Units LOD	OA-VOL11	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61
		pH	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	Se
		Unity	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%
22A016		3.8	0.26	7.12	0.9	1020	0.61	0.32	0.81	0.63	122.5	5.2	41	1.66	12.0	2.64
22A017		2.8	0.24	7.94	1.0	490	3.92	0.19	0.68	0.33	87.2	15.8	80	3.41	81.4	4.68
22A018		6.4	0.10	7.70	0.2	1550	1.38	0.05	1.86	0.24	99.8	7.7	17	2.18	5.4	2.75
22A019		6.8	0.03	7.96	0.5	1530	0.94	0.09	1.50	0.09	113.0	5.7	14	1.50	2.4	2.26
22A020		6.0	0.15	8.05	0.3	2360	1.44	0.04	1.78	0.11	81.7	7.3	16	1.72	7.8	2.73
22A021		6.2	0.02	7.28	0.2	1390	0.57	0.12	0.80	0.05	146.0	2.8	8	1.34	1.2	1.33
22A022		6.2	0.03	7.21	0.9	1030	1.42	0.04	0.56	0.19	112.5	4.2	10	1.24	0.8	1.90

Comments: Samples were received on 1-Apr-2022 and the SSF/Request on 30-Mar-2022.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****



ALS Scandinavia AB
Hammarvagen 22
SE-943 36, Öjebyn
www.alsglobal.com/geochemistry

To: ÅF-INFRASTRUCTURE AB
FAKTURAAVDELNINGEN
FRÖSUNDALEDEN 2E
169 99 STOCKHOLM

Page: 2 - C
Total # Pages: 2 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 25-APR-2022
Account: ERNIFA

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 17371. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

Project: Paradisbacken 210258

CERTIFICATE OF ANALYSIS PI22081456

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61	ME-MS61
		Ga	Ge	Hf	In	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb
		ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm
22A016		16.85	0.23	5.6	0.040	3.66	61.8	20.8	0.65	336	2.29	1.89	10.6	17.0	340	51.8
22A017		23.8	0.22	4.0	0.051	2.78	43.7	46.5	1.20	220	13.30	1.26	9.2	93.6	240	23.9
22A018		23.7	0.20	4.1	0.038	3.21	50.5	28.5	0.80	273	0.59	2.29	15.3	9.1	1480	29.4
22A019		20.8	0.21	4.9	0.028	3.56	60.7	25.4	0.67	246	0.46	2.64	10.3	5.6	1270	25.9
22A020		21.7	0.23	2.8	0.019	3.56	40.6	24.0	0.79	348	0.62	2.43	8.6	8.5	1610	42.6
22A021		18.05	0.28	4.0	0.016	3.63	76.5	18.4	0.39	122	0.70	2.10	9.7	2.6	280	38.3
22A022		20.2	0.23	4.6	0.022	3.56	57.7	20.2	0.44	180	0.41	2.61	14.9	3.4	710	37.9

Comments: Samples were received on 1-Apr-2022 and the SSF/Request on 30-Mar-2022.

**** See Appendix Page for comments regarding this certificate ****

ALS Scandinavia AB
Hammarvagen 22
SE-943 36, Öjebyn
www.alsglobal.com/geochemistryTo: ÅF-INFRASTRUCTURE AB
FAKTURAAVDDELNINGEN
FRÖSUNDALEDEN 2E
169 99 STOCKHOLMPage: 2 - D
Total # Pages: 2 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 25-APR-2022
Account: ERNIFA

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 1737. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

Project: Paradisbacken 210258

CERTIFICATE OF ANALYSIS PI22081456

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-M561	ME-M561	ME-M561	ME-M561	ME-M561	ME-M561	ME-M561	ME-M561	ME-M561	ME-M561	ME-M561	ME-M561	ME-M561	ME-M561	ME-M561
		Rb ppm 0.1	Re ppm 0.002	S % 0.01	Sb ppm 0.05	Sc ppm 0.1	Se ppm 1	Sn ppm 0.2	Sr ppm 0.2	Ta ppm 0.05	Te ppm 0.05	Th ppm 0.01	Ti % 0.005	Tl ppm 0.02	U ppm 0.1	V ppm 1
22A016		140.0	<0.002	0.18	<0.05	14.6	1	1.2	241	0.55	0.10	28.1	0.259	0.95	5.1	48
22A017		139.0	0.007	1.58	<0.05	13.6	4	0.7	164.0	0.86	0.08	17.45	0.277	1.10	4.1	217
22A018		133.5	<0.002	0.04	<0.05	7.5	1	2.5	646	0.60	<0.05	9.52	0.376	0.88	1.6	41
22A019		131.0	<0.002	0.02	<0.05	5.8	1	2.4	891	0.47	<0.05	9.79	0.250	0.83	1.1	33
22A020		122.0	<0.002	0.10	<0.05	5.9	1	3.1	1180	0.63	<0.05	5.52	0.296	0.98	1.2	43
22A021		145.5	<0.002	0.01	<0.05	3.9	1	1.2	399	0.53	<0.05	30.1	0.167	0.98	3.2	13
22A022		191.5	<0.002	0.05	<0.05	5.2	1	1.5	418	0.84	<0.05	30.0	0.216	1.16	4.1	22

Comments: Samples were received on 1-Apr-2022 and the SSF/Request on 30-Mar-2022.

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****

ALS Scandinavia AB
Hammarvagen 22
SE-943 36, Öjebyn
www.alsglobal.com/geochemistryTo: ÅF-INFRASTRUCTURE AB
FAKTURAAVDDELNINGEN
FRÖSUNDALEDEN 2E
169 99 STOCKHOLMPage: 2 - E
Total # Pages: 2 (A - E)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 25-APR-2022
Account: ERNIFA

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 1737. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

Project: Paradisbacken 210258

CERTIFICATE OF ANALYSIS PI22081456

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-M561	ME-M561	ME-M561	ME-M561
		W ppm 0.1	Y ppm 0.1	Zn ppm 2	Zr ppm 0.5
22A016		2.5	16.0	133	202
22A017		1.5	13.5	203	147.5
22A018		1.8	15.4	104	173.5
22A019		1.4	9.0	76	201
22A020		1.8	14.8	78	114.0
22A021		1.8	8.9	40	152.5
22A022		1.0	19.2	89	177.5

Comments: Samples were received on 1-Apr-2022 and the SSF/Request on 30-Mar-2022.

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Scandinavia AB
Hammarvagen 22
SE-943 36, Ojebyn
www.alsglobal.com/geochemistry

To: ÄF-INFRASTRUCTURE AB
FAKTURAAVDELNINGEN
FROSUNDALEDEN 2E
169 99 STOCKHOLM

Page: Appendix 1
Total # Appendix Pages: 1
Finalized Date: 25-APR-2022
Account: ERNIFA

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 173T. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

Project: Paradisbacken 210258

CERTIFICATE OF ANALYSIS PI22081456

CERTIFICATE COMMENTS	
	ANALYTICAL COMMENTS Applies to Method: REEs may not be totally soluble in this method. ME-MS61 Applies to Method: OA-VOL08EU Units: tCaCO₃/1Kt = tCaCO₃/1000t ore OA-VOL08EU ACCREDITATION COMMENTS Applies to Method: The methods immediately below this line are ISO 17025:2017 Accredited. INAB Registration No: 173T C-IR07 ME-MS61 S-IR08  LABORATORY ADDRESSES Applies to Method: Processed at ALS Pitea located at Hammarvagen 22, SE-943 36, Ojebyn, Sweden. CRU-31 CRU-QC LOG-22 PUL-QC SPL-22Y WEI-21 PUL-31 Applies to Method: Processed at ALS Loughrea located at Dublin Road, Loughrea, Co. Galway, Ireland. C-CAL04 C-IR06 C-IR07 ME-MS61 OA-VOL08EU OA-VOL11 S-CAL19 S-ICP19 S-IR08