

Sätra

Sulfidförande berg

Projektnummer 197220

Datum 2022-11-18

Uppdragsgivare Stockholm Avfall AB

Handläggare

Tonje Nygaard Sörensen

Granskad av

Susanna Wold

Innehållsförteckning

1	Syfte.....	2
2	Bakgrund	2
3	Område.....	2
4	Metod	3
5	Provtagning	3
6	Resultat.....	5
6.1	Total svavelhalt.....	5
6.2	ABA-test.....	6
6.3	NAGpH-test.....	7
7	Sammanfattning av analysresultat.....	9
8	Osäkerheter och risker	12
9	Bedömning och rekommendation.....	12
10	Bilagor.....	13
11	Källor.....	13

1 Syfte

Inför möjlig exploatering av ett skogsområde för nybyggnation av en återvinningscentral i Sättra har Sigma Civil Öst AB utfört provtagning av berg på delar av exploateringsområdet i syfte att etablera bergets syralakningspotential.

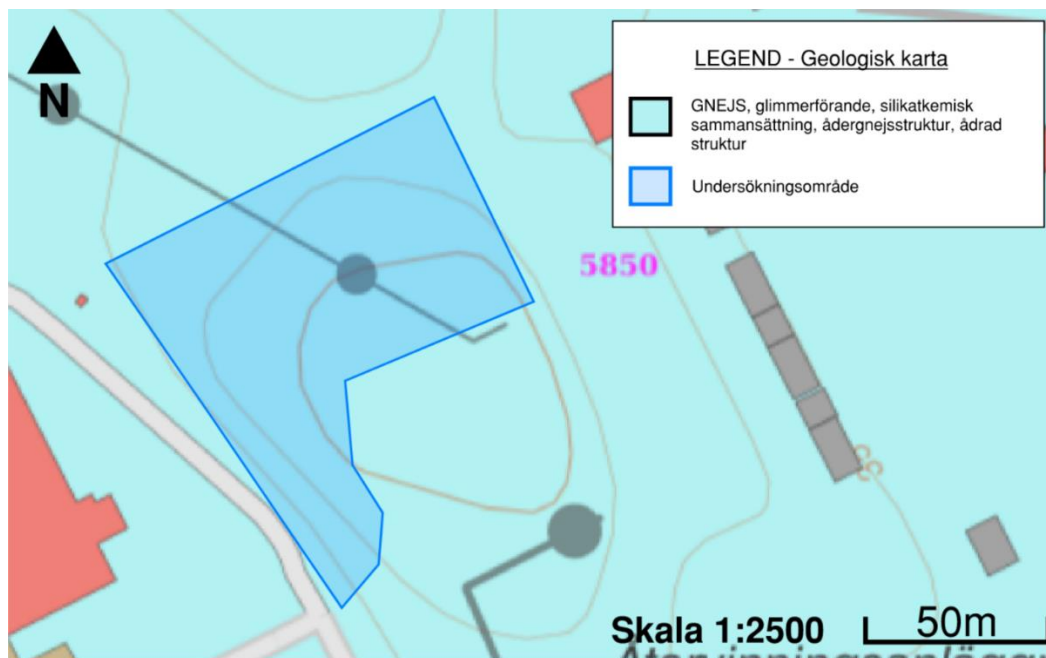
2 Bakgrund

Utifrån undersökningar utförda i Stockholmsområdet med fokus på sulfidförande berg (Holmström et al, 2021; Region Stockholm, 2022) framgår att gnejs av sedimentärt ursprung, vanligen refererat till som sedimentgnejs eller paragnejs, kan ha tillräckligt höga halter potentiellt syrebildande sulfider för att risk för urlakningsproblem ska uppstå efter berguttag. Även om potential för syrabildning vid exponering för luft och vatten finns för denna bergart så är det långt ifrån all sedimentgnejs som ger upphov till denna typ av problem och bergmassan måste därför utvärderas från fall till fall.

3 Område

Det aktuella området innefattar en ca 18 meter hög bergknalle, småkuperad och svårframkomlig med många träd av varierande storlek. Tillstånd från kommunen finns att ta ner träd upp till 10 centimeter i diameter i brösthöjd. Två luftledningar (högspänning) korsar området.

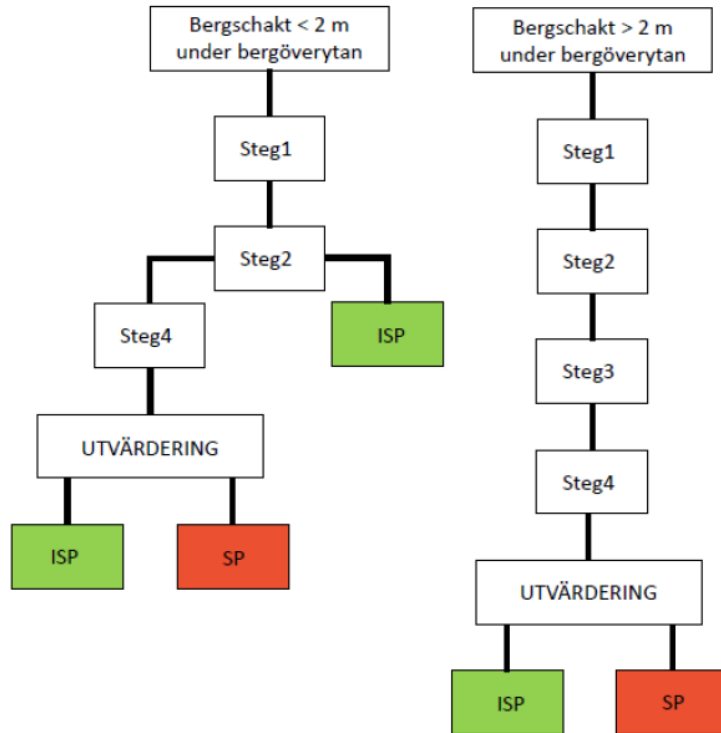
Enligt Sveriges Geologiska Undersöknings (SGU) berggrundskarta består berggrunden av gnejs av sedimentärt ursprung med ådergnejsstruktur och ådrad struktur (Figur 3-1). Detta stämmer även överens med karteringar utförda i närheten i Sättra som del av E4 Förbifart Stockholm (Holmström et al, 2021).



Figur 3-1. Geologisk berggrundskarta, SGU

4 Metod

I syfte att uppskatta syrabildningspotentialen har Stockholms Stads vägledning för provtagning och klassificering (Stockholm Stad, 2021) tillämpats för bergschakt som är mer än 2 m höga (se Figur 4-1).



Figur 4-1. Flödesschema för provtagning och klassificering av potentiellt sulfidförande berg. ISP: icke-syraproducerande material. SP: syraproducerande material. Figur från Stockholm Stad (2021).

Steg 1: Genomgång av befintligt material.

Steg 2: Översiktlig kartering och provtagning.

Steg 3: Borrundersökning (inklusive provtagning).

Steg 4: Kemisk analys.

Beskrivning av utvärderingssteget är uppdelat per analysmetod under rubriken Resultat i denna rapport.

5 Provtagning

Provtagning av berget genomfördes genom insamling av borrhax (bergkross som erhålls från borrhning) med en borrhbandvagn. Alla provpunkter är inmätta med GPS. Enstaka mindre träd fälldes för att komma fram med borrhbandvagnen.

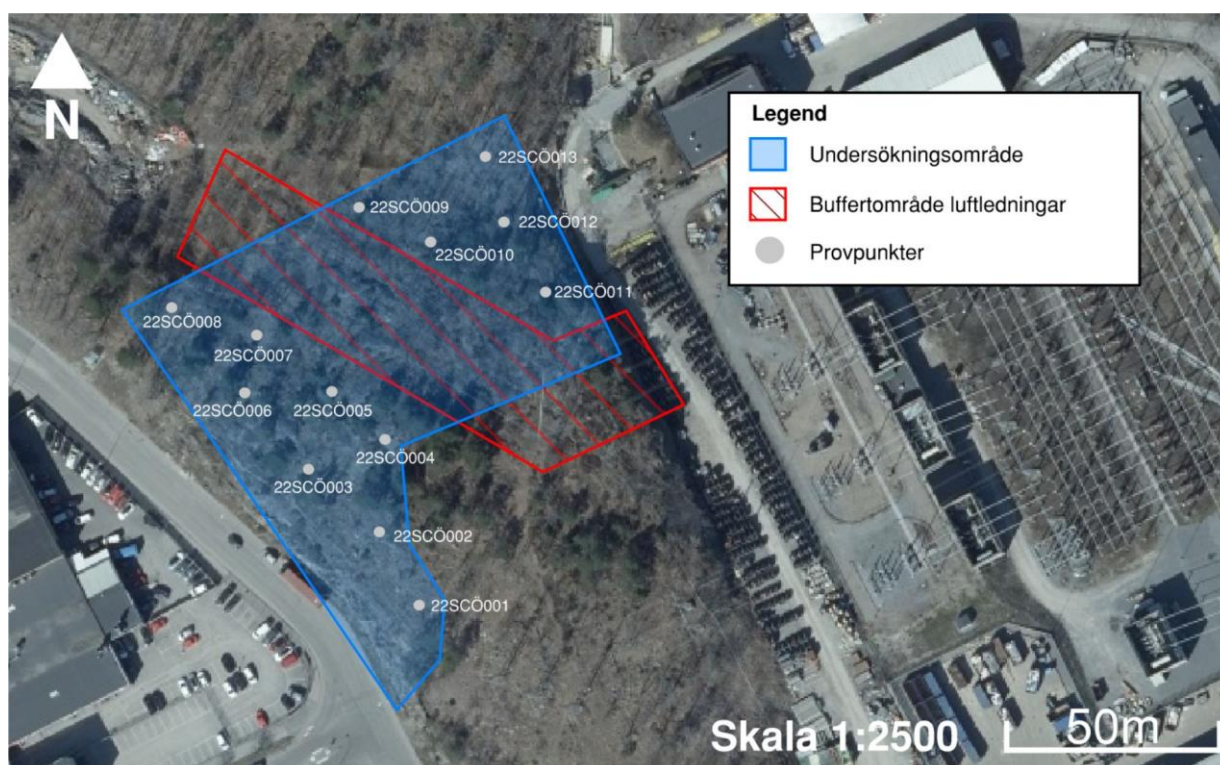
Höjden på luftledningarna gjorde att provtagning inte kunde utföras under ledningarna. Två borrhplaner hade tagit fram, en (1) som kunde tillämpas om prover gick att ta under högspänningsledning och en (2) som kunde tillämpas om prover ej gick att ta under ledningarna. Mätning från markytan och upp till ledningarna utfördes vid flera ställen innan slutgiltigt beslut om att använda borrhplan 2 togs.

På grund av dålig framkomlighet flyttades en del av provpunkterna några meter från ursprunglig borrhplan. Prov 22SCÖ007 gick ej att komma till med borrhbandvagnen, varför manuellt ytprov togs.

Figur 5-1 och visar provtagningspunkter för sulfidförande berg och i Tabell 5-1 redovisas provtagningsdjup. Alla prover togs som samlingsprov mellan provtagningsdjupen som står i tabellen.

Även om sedimentgnejs på lokal nivå kan påvisa viss geokemisk heterogenitet bedöms proverna vara representativa för bergmassan i stort då samlingsprover från ungefär en halvmeter borrarat berg tagits. Ingen variation i bergart noterades i fält men eventuella förändringar på djupet har inte undersökts.

Det observerades järnutfällning på bergytan vid största delen av området. Provmaterialet lämnades in till laboratoriet för analys av försurningspotential.



Figur 5-1. Provtagningspunkter sulfid, borrhplan 2.

Tabell 5-1: Provtagningsdjup för provtagningspunkter.

Provtagningspunkt	Provtagningsdjup (m)	Kommentarer
22SCÖ001 1m	0,5-1,0	
22SCÖ002 2,7m	2,5-2,7	
22SCÖ003 1m	0,5-1,0	
22SCÖ004 7,8m	7,5-7,8	
22SCÖ005 5m	4,5-5,0	
22SCÖ005 15m	14,5-15,0	
22SCÖ006 1m	0,5-1,0	
22SCÖ007 ytprov	Ytprov	Synlig järnutfällning
22SCÖ008 1m	0,5-1,0	
22SCÖ009 1m	0,5-1,0	
22SCÖ010 3m	2,5-3,0	
22SCÖ011 1m	0,5-1,0	
22SCÖ011 5m	4,5-5,0	
22SCÖ012 8m	7,5-8,0	
22SCÖ012 15m	14,5-15,0	
22SCÖ013 3m	2,5-3,0	

6 Resultat

Undersökning för att bestämma om berget kan återanvändas som fyllnadsmaterial, eller om annan hantering blir tillämplig, har gjorts genom testning av bergets förurningspotential. Proverna analyserades för ABA- och NAGpH-test av ALS Scandinavia AB. Som del av analysen utfördes en mätning av den totala halten svavel i proverna.

6.1 Total svavelhalt

Mottagningsstationer har olika krav för mottagning av entreprenadberg utan restriktioner. Stockholm Stad kom i augusti 2021 ut med en ny vägledning för provtagning och klassificering av sulfidförande berg (Stockholm Stad, 2021). Enligt vägledningen kan följande indelningar användas:

Svavelhalt < 1000 mg/kg	Bedöms som icke-syraproducerande (ISP), ingen vidare undersökning behövs.
Svavelhalt > 1000 mg/kg	Bedöms som potentiell syraproducerande (PSP), gå vidare med ABA-test.

Resultaten av total svavelhalt analysen (Tabell 6-1) visar att fjorton av proverna har för hög förurningspotential enligt vägledningen. I enlighet med försiktighetsprincipen har kompletterande ABA- och NAGpH-tester utförts för alla prover med svavelhalter över 1000 mg/kg.

Tabell 6-1: Analysresultat för total svavelhalt. Gröna mätvärden indikerar inget behov av fortsatt provtagning. Gulmarkerade mätvärden indikerar behov av fortsatt provtagning.

Provtagningspunkt	Svavel (mg/kg)	Mätosäkerhet
22SCÖ001 1m	1 150	± 158
22SCÖ002 2,7m	1 530	± 209
22SCÖ003 1m	1 380	± 190
22SCÖ004 7,8m	12 500	± 1 700
22SCÖ005 5m	5 180	± 704
22SCÖ005 15m	2 060	± 282
22SCÖ006 1m	1 250	± 171
22SCÖ007 ytprov	< 100	-----
22SCÖ008 1m	6 620	± 901
22SCÖ009 1m	6 500	± 884
22SCÖ010 3m	2 750	± 375
22SCÖ011 1m	954	± 132
22SCÖ011 5m	18 700	± 2 540
22SCÖ012 8m	2 890	± 393
22SCÖ012 15m	2 470	± 337
22SCÖ013 3m	5 920	± 806

6.2 ABA-test

I en ABA-test ("Acid Base Accounting") tittar man på kvoten mellan buffrande (NP, "Neutralisation Potential") och syrab (AP, "Acid Potential") berg. Denna kvot kallas NPR ("Neutralisation Potential Ratio") och beräknas enligt NP/AP . Skillnaden mellan NP och AP kan även beräknas enligt $NP - AP$ och benämns "Net Neutralisation Potential", NNP.

NP motsvarar mängd buffrande mineral, så som kalcit och andra karbonater. AP motsvarar syraförande mineral och för analysen gäller antagandet att allt svavel förekommer i form av pyrit, FeS_2 . Vidare antas att Fe^{2+} oxideras fullständigt till Fe^{3+} .

Enligt Stockholm Stad gäller följande:

NPR större än 3	Bergmaterialet bedöms icke-syraproducerande (IPS), ingen vidare undersökning.
NPR mellan 1 och 3	Bergmaterialet bedöms som potentiellt syraproducerande (PSP), gå vidare med NAGpH-test.
NPR mindre än 1	Bergmaterialet bedöms med stor sannolikhet som potentiellt syraproducerande (PSP), gå vidare med NAGpH-test.

Tabell 6-2 visar resultat från ABA-testen (se även Bilaga 1).

Tabell 6-2: Analysresultat från ABA-test. Gulmarkerade mätvärden indikerar potentiellt syraproducerande prov. Rödmarkerade mätvärden indikerar med stor sannolikhet syraproducerande prov. Inga prov bedöms som icke-syraproducerande enligt ABA-testet.

Provtagningspunkt	Värde Enhet	NP mg/kg	AP mg/kg	NPR Kvot	NNP mg/kg
22SCÖ001 1m		3,60	3,59	1,00	< 0,10
22SCÖ002 2,7m		4,35	4,78	0,91	- 0,43
22SCÖ003 1m		12,0	4,31	2,78	7,69
22SCÖ004 7,8m		8,75	39,1	0,22	- 30,4
22SCÖ005 5m		5,85	16,2	0,36	- 10,4
22SCÖ005 15m		11,4	6,44	1,77	4,96
22SCÖ006 1m		6,78	3,91	1,73	2,87
22SCÖ008 1m		5,82	20,7	0,28	- 14,9
22SCÖ009 1m		2,30	20,3	0,11	- 18,0
22SCÖ010 3m		6,24	8,59	0,73	- 2,35
22SCÖ011 5m		5,30	58,4	< 0,10	- 53,1
22SCÖ012 8m		6,50	9,03	0,72	- 2,53
22SCÖ012 15m		5,08	7,72	0,66	- 2,64
22SCÖ013 3m		4,62	18,5	0,25	- 13,9

Kvoten för prov "22SCÖ001 1m", "22SCÖ003 1m", "22SCÖ005 15m" och "22SCÖ006 1m" är mellan 1 och 3 och berget bedöms därmed som potentiellt syraproducerande.

Kvoten för prov "22SCÖ002 2.7m", "22SCÖ004 7.8m", "22SCÖ005 5m", "22SCÖ008 1m", "22SCÖ009 1m", "22SCÖ010 3m", "22SCÖ011 5m", "22SCÖ012 8m", "22SCÖ012 15m" och "22SCÖ013 3m" är mindre än 1 och berget bedöms därmed med stor sannolikhet som potentiellt syraproducerande.

6.3 NAGpH-test

I ABA-testen analyseras syraproducerande mineral och buffrande karbonater, men det kan finnas andra mineraler som kan neutralisera syrabildningen. I NAGpH-test ("Net Acid Generation pH") analyseras både syrabildande mineral samt de flesta buffrande mineral, vilket kan ge en uppfattning om syrabildningskapacitet som ligger närmare verkligheten än resultaten från ABA-test.

I NAGpH-test forceras oxidationen av eventuella ingående sulfidmineral genom tillsatts av oxidationsmedlet väteperoxid (15% H_2O_2) till provmaterialet. Denna analys utförs på samma provmaterial som använts för ABA-test. Både syraproducerande och syraneutraliserande reaktioner sker samtidigt, och pH-värdet i lösningen återspeglar ett direkt mått på mängden producerad syra, dock under påskyndade former.

Enligt Stockholm Stad gäller följande:

NAGpH högre än 4,5	Bergmaterialet bedöms icke-syraproducerande (IPS)
NAGpH lägre än 4,5	Bergmaterialet bedöms som syraproducerande (SP)

Tabell 6-3 visar resultatet från NAGpH-testen.

Tabell 6-3: Analysresultat NAGpH-test. Gröna mätvärden indikerar icke-syrabildande prov. Röda mätvärden indikerar syraproducerande prov.

Provtagningspunkt	NAGpH
22SCÖ001 1m	3,8
22SCÖ002 2,7m	4,6
22SCÖ003 1m	5,1
22SCÖ004 7,8m	2,7
22SCÖ005 5m	3,1
22SCÖ005 15m	4,6
22SCÖ006 1m	4,8
22SCÖ008 1m	3,2
22SCÖ009 1m	3,1
22SCÖ010 3m	4,2
22SCÖ011 5m	2,5
22SCÖ012 8m	4,4
22SCÖ012 15m	3,8
22SCÖ013 3m	3,0

Resultaten visar att prov "22SCÖ002 2.7m", "22SCÖ003 1m", "22SCÖ005 15m" och "22SCÖ006 1m" har en NAGpH större än 4,5 och berget bedöms därmed som icke-syraproducerande.

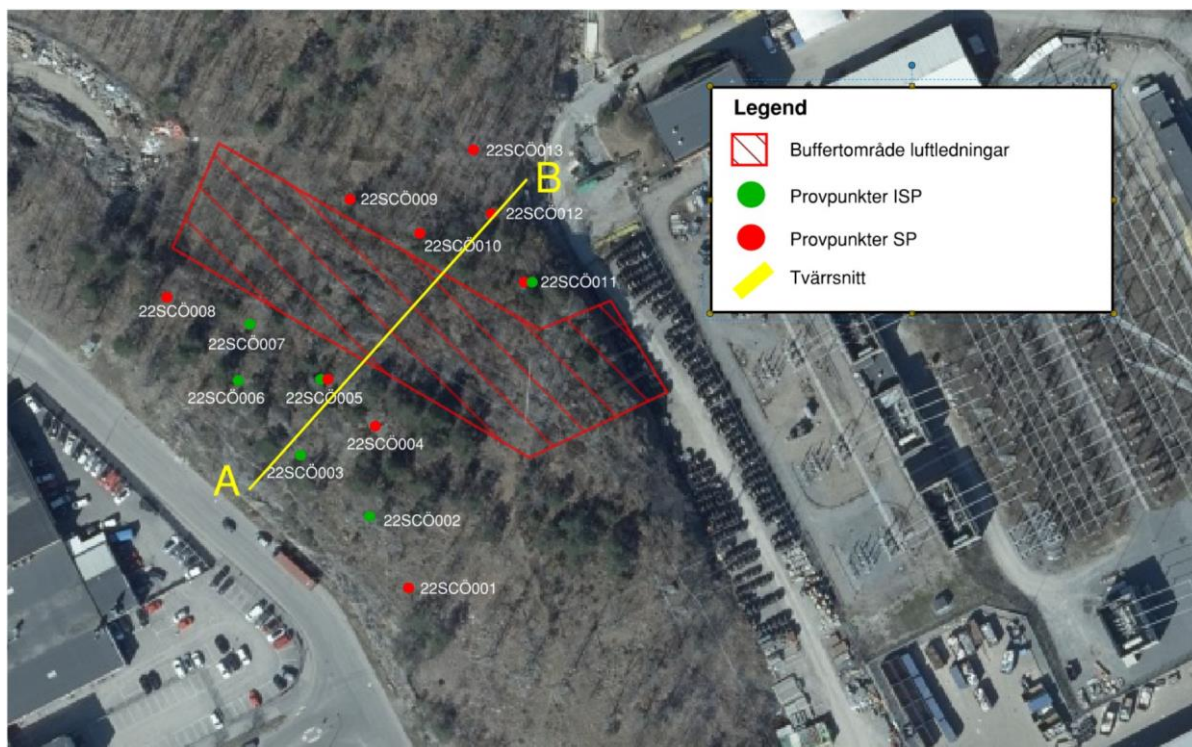
Resultaten visar att prov "22SCÖ001 1m", "22SCÖ004 7.8m", "22SCÖ005 5m", "22SCÖ008 1m", "22SCÖ009 1m", "22SCÖ010 3m", "22SCÖ011 5m", "22SCÖ012 8m", "22SCÖ012 15m" och "22SCÖ013 3m" har en NAGpH mindre än 4,5 och berget bedöms därmed som syraproducerande.

7 Sammanfattning av analysresultat

I Tabell 7-1 redovisas en summering av analysresultaten i enlighet med Stockholm Stads vägledning (2021). Sammanfattningsvis påvisar lite mer än hälften av provpunkter syrabildande potential. När det kommer till den spatiala fördelningen kan det konstateras att majoriteten av provpunkterna som bedöms som icke-syraproducerande återfinns i de sydvästra delarna av undersökningsområdet (Tabell 7-1). Vidare ligger majoriteten av de icke-syraproducerande provpunkterna grunt, med undantag för provpunkt 22SCÖ005 15m, den djupaste provpunkten (mätt från markytan) (Figur 7-2). Vilken geologisk förekomst som styr denna fördelning är i skrivandets stund inte känt.

Tabell 7-1. Sammanfattning av provpunkternas syraproducerande potential enligt Stockholm Stad (2021).

Provpunkt	Syraproducerande?	Kommentar
22SCÖ001 1m	Ja, NAGpH lägre än 4,5	Bergmaterialet bedöms som syraproducerande.
22SCÖ002 2,7m	Nej, NAGpH högre än 4,5	Bergmaterialet bedöms som icke-syraproducerande.
22SCÖ003 1m	Nej, NAGpH högre än 4,5	Bergmaterialet bedöms som icke-syraproducerande.
22SCÖ004 7,8m	Ja, NAGpH lägre än 4,5	Bergmaterialet bedöms som syraproducerande.
22SCÖ005 5m	Ja, NAGpH lägre än 4,5	Bergmaterialet bedöms som syraproducerande.
22SCÖ005 15m	Nej, NAGpH högre än 4,5	Bergmaterialet bedöms som icke-syraproducerande.
22SCÖ006 1m	Nej, NAGpH högre än 4,5	Bergmaterialet bedöms som icke-syraproducerande.
22SCÖ007 ytprov	Nej, svavelhalt <1000 mg/kg	Bergmaterialet bedöms som icke-syraproducerande.
22SCÖ008 1m	Ja, NAGpH lägre än 4,5	Bergmaterialet bedöms som syraproducerande.
22SCÖ009 1m	Ja, NAGpH lägre än 4,5	Bergmaterialet bedöms som syraproducerande.
22SCÖ010 3m	Ja, NAGpH lägre än 4,5	Bergmaterialet bedöms som syraproducerande.
22SCÖ011 1m	Nej, svavelhalt <1000 mg/kg	Bergmaterialet bedöms som icke-syraproducerande.
22SCÖ011 5m	Ja, NAGpH lägre än 4,5	Bergmaterialet bedöms som syraproducerande.
22SCÖ012 8m	Ja, NAGpH lägre än 4,5	Bergmaterialet bedöms som syraproducerande.
22SCÖ012 15m	Ja, NAGpH lägre än 4,5	Bergmaterialet bedöms som syraproducerande.
22SCÖ013 3m	Ja, NAGpH lägre än 4,5	Bergmaterialet bedöms som syraproducerande.



Figur 7-1. Planvy över undersökningsområdet med provpunkter färgkodade baserat på syraproducerande potential (se Tabell 7-1). Ett tvärsnitt (gult streck) visar var den profil som presenteras i figur 7-2 skär området.



Figur 7-2. Tvärsnitt över undersökningsområdet med provtagningsdjup, mätt från marköverytan. Grön markering indikerar att provpunkten ej anses syraproducerande medan röd markering indikerar risk för syraproducerande berg (Tabell 7-1).

8 Osäkerheter och risker

De prover som analyserats bedöms vara representativa för det berg som ska loss hållas för framtida exploatering och de varierande provresultaten anses spegla bergartens naturliga variation i sulfidförekomster. Då den rumsliga variationen i sulfidhalt inte är känd utöver de enskilda provpunkterna är det dock möjligt att provtagningen, som för alla borrade prover utförts mer eller mindre vertikalt, inte på ett korrekt vis motsvarar bergets faktiska variation. Denna avvikelse kan exempelvis uppstå om sulfiderna i första hand förekommer på sprickplan som löper parallellt med provtagningsbörningen. Mer noggrann geologisk kartering och möjligen kompletterande provtagning skulle behövas för att åtgärda denna osäkerhet.

Det snabba oxidationsförloppet under NAGpH-testen återspeglar inte naturliga förhållanden utan är en påskyndad process som syftar till att indikera lägsta möjliga pH. Långsammare buffringsreaktioner, exempelvis nedbrytning av silikater, fångas inte alltid upp av denna metod, vilket medför att lägre pH-nivåer än vad som faktiskt skulle uppnås vid naturlig lakning erhålls av detta test.

Prover tagna på grunda nivåer i berget kan ha blivit påverkade av naturlig vittring och på så sätt redan producerat en viss mängd syra. Om en sådan process har verkat i området kan man förvänta sig lägre halter svavel men då ABA och NAGpH är beroende på förekomsten av mineral som i sin tur också kan påverkas av vittring är effekten på dessa mätvärden mer oklar. Vid mer omfattande vittring kan ytliga prover i varje fall skilja sig från djupare beläget berg även om ursprungsbergmassan varit homogen ur en sulfidsynpunkt. Om sulfiderna i första hand finns som sprickfyllnad i öppna strukturer kan en sådan vittringsrelaterad process penetrera djupare än om sulfiderna finns spridda i bergmassan. Det är dock oklart hur djupt en sådan process kan ha påverkat bergmassan i fråga och vad slutresultatet då blivit.

9 Bedömning och rekommendation

Baserat på provresultaten kan det konstateras att hög risk för syraproducerande bergmassa föreligger i området men att en variation i potential finns. Då denna variation bedöms vara kopplad till den naturliga variationen i bergarten skulle en detaljerad, geologisk kartering och möjlig kompletterande provtagning ge en tydligare bild och möjliggöra en klassificering och uppdelning av bergmassan.

Stockholms Stads vägledning förordar att exploatör i första hand försöker minska risken för att potentiellt syrabildande bergmassa exponeras för luft och vatten genom, exempelvis, begränsat berguttag. Detta tillvägagångssätt är dock ej förenligt med tänkt berguttag då syrabildande potential bedöms finnas inom området som är planerat att tas ut. Om denna bergmassa ändå ska tas ut rekommenderar Stockholm Stad (2021) att en hanteringsplan och tillhörande kontrollprogram tas fram för hantering av bergmassorna, en plan som bland annat inkluderar klassificering av bergmassan likt vad som föreslås i stycket ovan men även uppläggning av bergmassor och återanvändningsändamål.

I syfte att minimera eventuella tillkommande kostnader och miljörisker under utförandeskede rekommenderas därför att kompletterande undersökningar i form av detaljkartering och provtagning utförs och att en hanteringsplan baserat på resultaten upprättas. Vidare föreslår granskande part att

potentiella användningsområden och/eller avsättningsplatser i närheten av undersökningsområdet utreds av exploatör i syfte att förekomma utmaningar under utförandeskede.

10 Bilagor

Bilaga 1 – Analysresultat - ALS Scandinavia AB

Bilaga 2 – Sammanställning analysresultat

11 Källor

<https://apps.sgu.se/kartvisare/>

Holmström, T., Wikstrand, B., Hallberg, M. och Nylén, F. (2021). *Bokslut – Sulfidhaltiga bergmassor inom E4 Förbifart Stockholm*. TrV 2021/135027.

Region Stockholm (2022). *Underlag till bedömningsgrunder för berg innehållande sulfider*. FUT 2022-0040.

Stockholms stad (2021). *Vägledning – provtagning och klassificering av sulfidförande berg*. Dnr: E2020-04235.