

RAPPORT**Efterbehandlingsplan***Nunasvaara*

Framställd för:

Talga Graphene AB

Insänd av:

Golder Associates AB

P.O. Box 869

SE-971 26 Luleå Sweden

+46 920 730 30

1898018

2020-03-28



Distributionslista

Talga Graphene AB (1 ex)

Golder Associates AB (1 ex)

Innehållsförteckning

1.0	INLEDNING.....	1
2.0	SYFTE	1
3.0	PROJEKTBESKRIVNING	1
3.1	Fyndigheten.....	1
3.2	Brytningsmetod	2
3.3	Kombinerat sand- och gråbergsmagasin	6
3.4	Brytningsplan.....	14
3.5	Mallager.....	14
3.6	Vattenhantering	14
4.0	REDOVISNING AV EGENSKAPER HOS GRÅBERG OCH ANRIKNINGSSAND	16
5.0	RISKBEDÖMNING.....	16
6.0	EFTERBEHANDLING.....	16
6.1	Skyddsobjekt.....	17
6.2	Övergripande åtgärds mål.....	17
7.0	GENERELLA EFTERBEHANDLINGSMÅL	18
8.0	DETALJERADE EFTERBEHANDLINGSMÅL.....	18
9.0	ÅTGÄRDSUTREDNING	19
9.1	Alternativa åtgärder och tidigare erfarenheter	19
9.1.1	Potentiellt syrabildande utvinningsavfall	19
9.1.2	Principer för efterbehandlingsarbetet.....	19
10.0	ÅTGÄRDSBEHOV	21
10.1	Fysiska risker	21
10.2	Risker för miljö.....	21
11.0	ÅTGÄRDSVAL.....	21
11.1	Industriområde och malmupplag.....	21
11.2	Sand- och gråbergsmagasin samt dagbrott.....	22
11.2.1	Kvalificerad täckning av sand- och gråbergsmagasin	22
11.2.2	Efterbehandling av gråberg och anrikningssand som återfyllts i dagbrott.....	23
12.0	UPPFYLLANDE AV BAT/BREF	24

13.0 EFTERBEHANDLINGENS UTFÖRANDE.....	25
13.1 Kontroll av åtgärdernas genomförande.....	25
13.2 Funktionskontrollprogram.....	26
13.2.1 Kostnader för funktionskontrollprogram.....	26
13.2.2 Korrigering av åtgärder.....	26
14.0 KOSTNADSKALKYL.....	27
15.0 REFERENSER.....	1

TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1: Sammanställning av dagbrottens fysiska detaljer.	5
Tabell 2: Beräkning av volymer för efterbehandling av sand- och gråbergsmagasinet.	23
Tabell 3: Aktiviteter vid återfyllning av dagbrott.	24
Tabell 4: Sammanställning av kalkyl för efterbehandlingsåtgärder.	28

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1: Översiktlig lokalisering (vänster) samt presentation av projektområdet (höger).	2
Figur 2: Redovisning av upplag och magasin inom området.	3
Figur 3: Planerade dagbrott i Nunasvaara Södra.	4
Figur 4: Dagbrottets utformning.	5
Figur 5: Isometrisk bild över de slutbrutna dagbrotten.	6
Figur 6: Anlagd magasinbotten med uppsamlingssystem och startvall.	7
Figur 7: Successiv utbyggnad av magasinet år 2, 4 och 6.	8
Figur 8: Successiv utbyggnad av magasinet år 8, 10 samt efter genomförd efterbehandling.	9
Figur 9: Tvärprofil genom sand- och gråbergsmagasinet med de successiva höjningarna redovisade.	10
Figur 10: Uppsamlingssystem för lakvatten.	11
Figur 11: Uppsamlingssystem för lakvatten (röd streckad linje) samt avskärmning av opåverkat vatten (blå streckad linje).	12
Figur 12: Redovisning av planerade kontrollpunkter för grundvatten samt magasinets stabilitet.	13
Figur 13: Lokalisering av malmupplag (blå ring) inom industriområdet.	15

BILAGOR

BILAGA A

Uppfyllande av BAT/BREF

BILAGA B

Mobiliseringsberäkningsmodeller - Anrikningssand och gråberg samt dagbrottsjö

1.0 INLEDNING

Golder Associates AB (Golder) har på uppdrag av Talga Resources Ltd. (Talga) sammanställt en konceptuell efterbehandlingsplan för grafitprojektet Nunasvaara Södra. Den konceptuella efterbehandlingsplanen är baserad på den tekniska lönsamhetsstudien samt de baslinestudier som genomförts (mark, vatten etc.).

Upplägget på den konceptuella efterbehandlingsplanen är att gå igenom den planerade verksamheten, beskriva de planerade åtgärderna samt varför dessa specifika åtgärder har valts liksom hur de principiellt skall utformas och utföras.

Generella samt projektspecifika mål för efterbehandlingen har tagits fram och hur dessa skall följas upp liksom uppfyllas presenteras.

2.0 SYFTE

Syftet med denna plan är att redovisa en efterbehandling som uppfyller de krav som ställs på en efterbehandlingsplan för en gruvverksamhet. Jämförelse med EU:s (BAT/)BREF-dokument genomförs för att säkerställa att de valda åtgärderna är relevanta samt vanligt förekommande och att uppfyller de kriterier avseende BREF som denna verksamhet skall jämföras med.

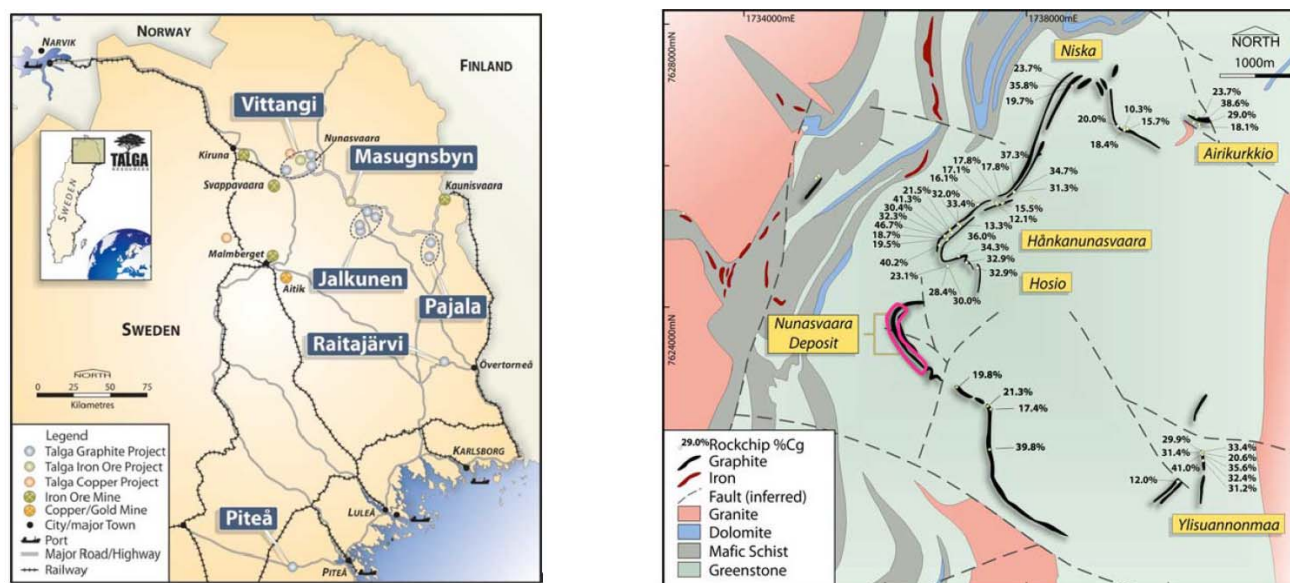
Syftet med efterbehandlingen är att de uppställda generella samt specifika åtgärds målen skall uppfyllas efter genomförd efterbehandling och inom den kontrollperiod som föreslås (30 år).

3.0 PROJEKTBSKRIVNING

Vittangiprojektet ligger i Norrbottens län, omkring 50 km öster om Kiruna stad och 20 km öster om Svappavaara. Projektet nås via motorväg E10 från Luleå till Svappavara, via den lokala uppgraderade motorvägen E45 och därefter längs skogsvägar som ansluter till projektområdet. Inom projektområdet ligger Nunasvaara grafitfyndighet, som består av Norra och Södra mineraliseringen. Nunasvaara Södra är den fyndighet som först planeras att brytas och som beskrivs i denna efterbehandlingsplan.

3.1 Fyndigheten

Nunasvaara Södra är en högkvalitativ grafitfyndighet som ligger på den södra delen av Nunasvaaramineraliseringen och utgör en del av Talgas större Vittangiprojekt. Terrängen runt Nunasvaarafyndigheten är i allmänhet platt och vegeterad mestadels med mogen tall- och björkskog. Fyndigheten i sig ligger på toppen av ett tydligt höjdparti i form av en kulle/ås (Hosiorinta) med sjön Hosiojärvi ca 500 m österut. Området Nunasvaara ligger mellan Torne älv och Vittangi älv, som båda ingår i Natura 2000-området Torne och Kalix älvsystem.



Figur 1: Översiktlig lokalisering (vänster) samt presentation av projektområdet (höger).

Fyndigheten Nunasvaara Södra är lokaliserad i de centrala delarna av Talgas Vittangiprojekt (Figur 1).

Avsikten är att Nunasvaara Södra bryta upp till 120 000 ton grafitmalm per år vilket skulle generera ett grafitkoncentrat samt omkring 8 000 ton högkvalitativa grafitblock. Merparten av produktionen kommer att vara grafitkoncentrat.

3.2 Brytningsmetod

Själva losstagningen av malmen kommer att utföras med konventionella brytningsmetoder i form av dagbrottsbrytning med borrhning, sprängning där malm- samt gråbergshantering sker med grävare, dumper och/eller lastbil.

Borrhning och sprängning sker med 5 meters pallhöjd. Brytningen kommer att ske successivt i totalt sex dagbrott (Figur 3). Brytningsplanen är att starta med dagbrott 1 och 2 vilka över tid kommer att bilda ett gemensamt dagbrott då omtag gjort att de förenas. Utökningar av dagbrottet utgör därefter dagbrottsdel 3 och 4.

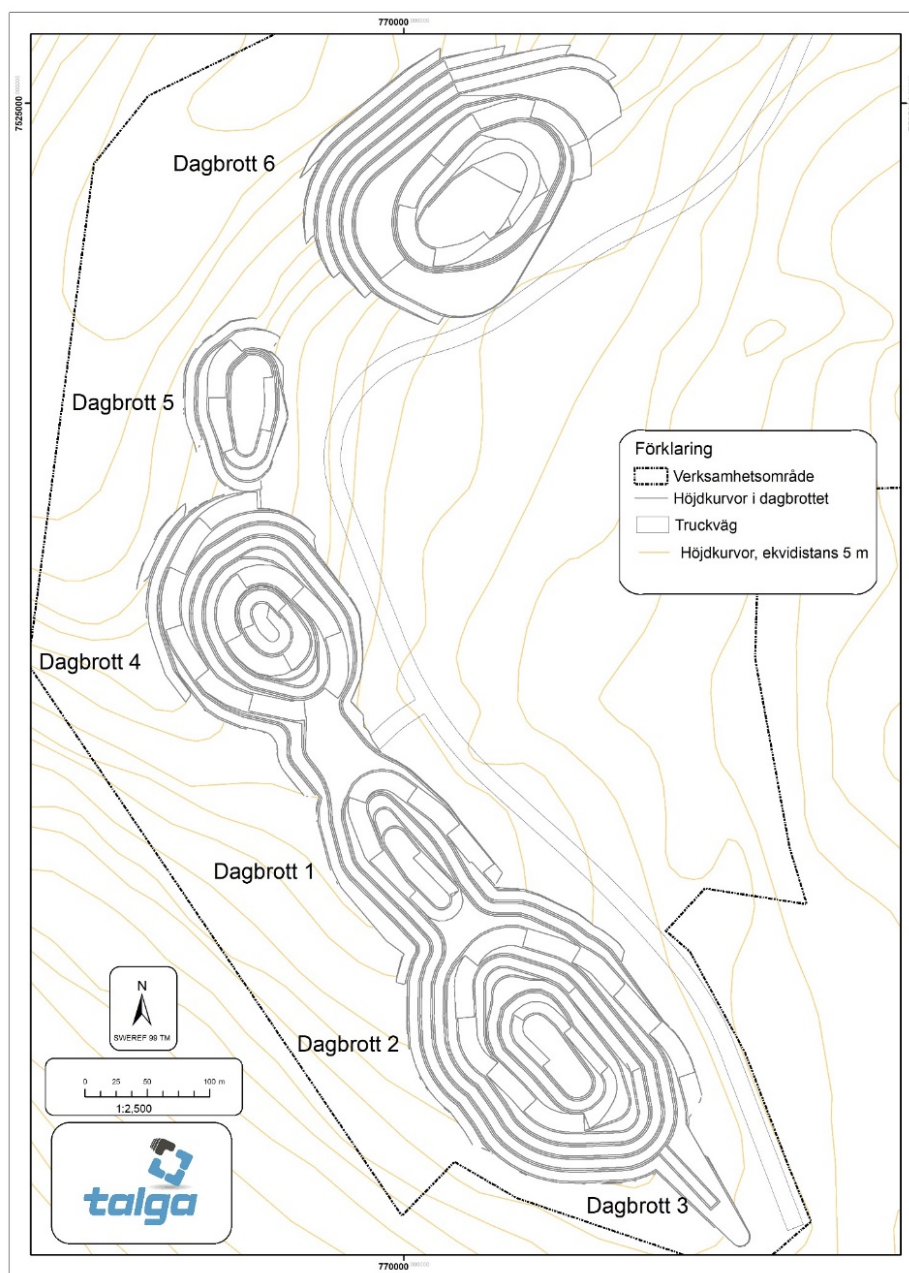
Avbanade massor som ytjord och morän kommer att placeras i upplag öster om dagbrotten (Figur 2). Ytjord med organiskt material kommer att läggas i mindre upplag medan mineraljord läggs på högre upplag inför användning i samband med efterbehandlingsåtgärder.



Document Name: TB-F45-Sv Waste Map

Figur 2: Redovisning av upplag och magasin inom området.

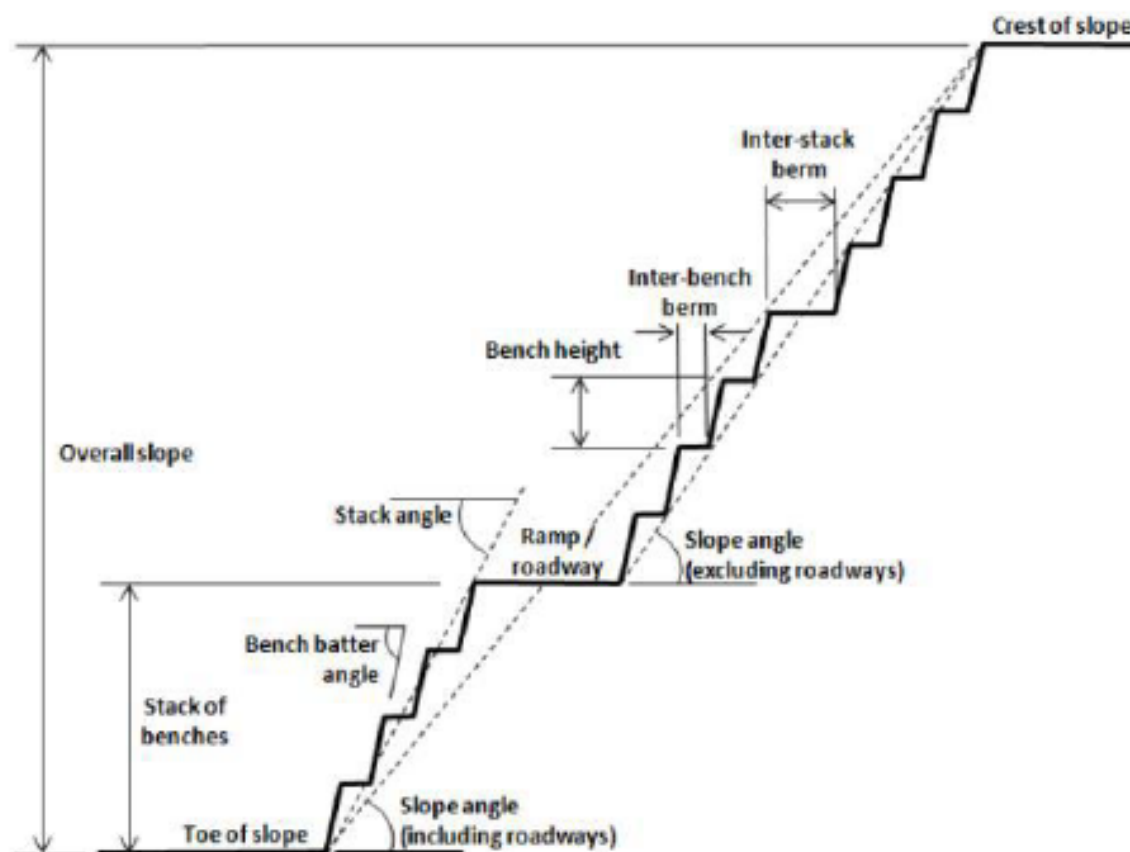
I samband med att verksamheten avslutas i dagbrott 1–4 kommer dagbrott 5 och 6 att brytas (Figur 3). Se även separat kapitel om brytningsplan (kapitel 0).



Figur 3: Planerade dagbrott i Nunasvaara Södra.

Under de första tio åren av brytningen kommer gråberg att transporteras till ett kombinerat sand- och gråbergsmagasin öster om dagbrotten. För den därefter följande brytningen kommer gråberg och anrikningssand att återfyllas i det då utbrutna dagbrottet 1-2 samt 3 vilka då har gått ihop till ett gemensamt dagbrott. Efter avslutad brytning kommer grundvattenytan att återställas och en stor del av det återfyllda utvinningsavfallet kommer att hamna under vattenmättade förhållanden. I dagbrott 4-6 kommer ingen återfyllning att ske varför dessa kommer att bilda dagbrottssjöar då grundvattennivån har återställts efter avslutad brytning.

Dagbrotten kommer att utformas med en pallhöjd på 10 m och en övergripande släntlutning på ca 40° (Figur 4). En bild på de avslutade dagbrotten innan återfyllning redovisas i Figur 5.

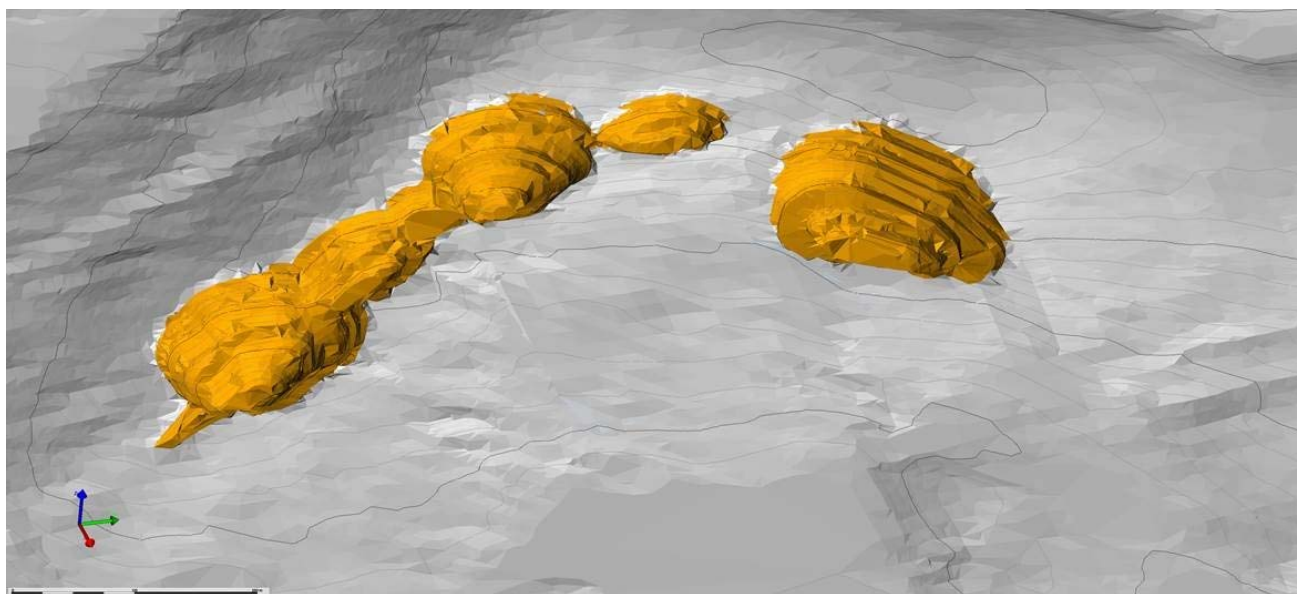


Figur 4: Dagbrottets utformning.

Dagbrottens fysiska detaljer samt deras slutliga utformning redovisas i Tabell 1 samt Figur 5.

Tabell 1: Sammanställning av dagbrottens fysiska detaljer.

Parameter	Enhet	Etapp 1	Etapp 2	Etapp 3	Etapp 4	Etapp 5	Etapp 6
Längd	m	216	250	100	230	140	290
Bredd	m	110	190	45	160	90	210
Lägsta nivå	m öh	280	250	300	280	320	280
Djup	m	45	80	15	70	45	70
Area	ha	1,70	3,73	0,31	2,78	0,95	4,20



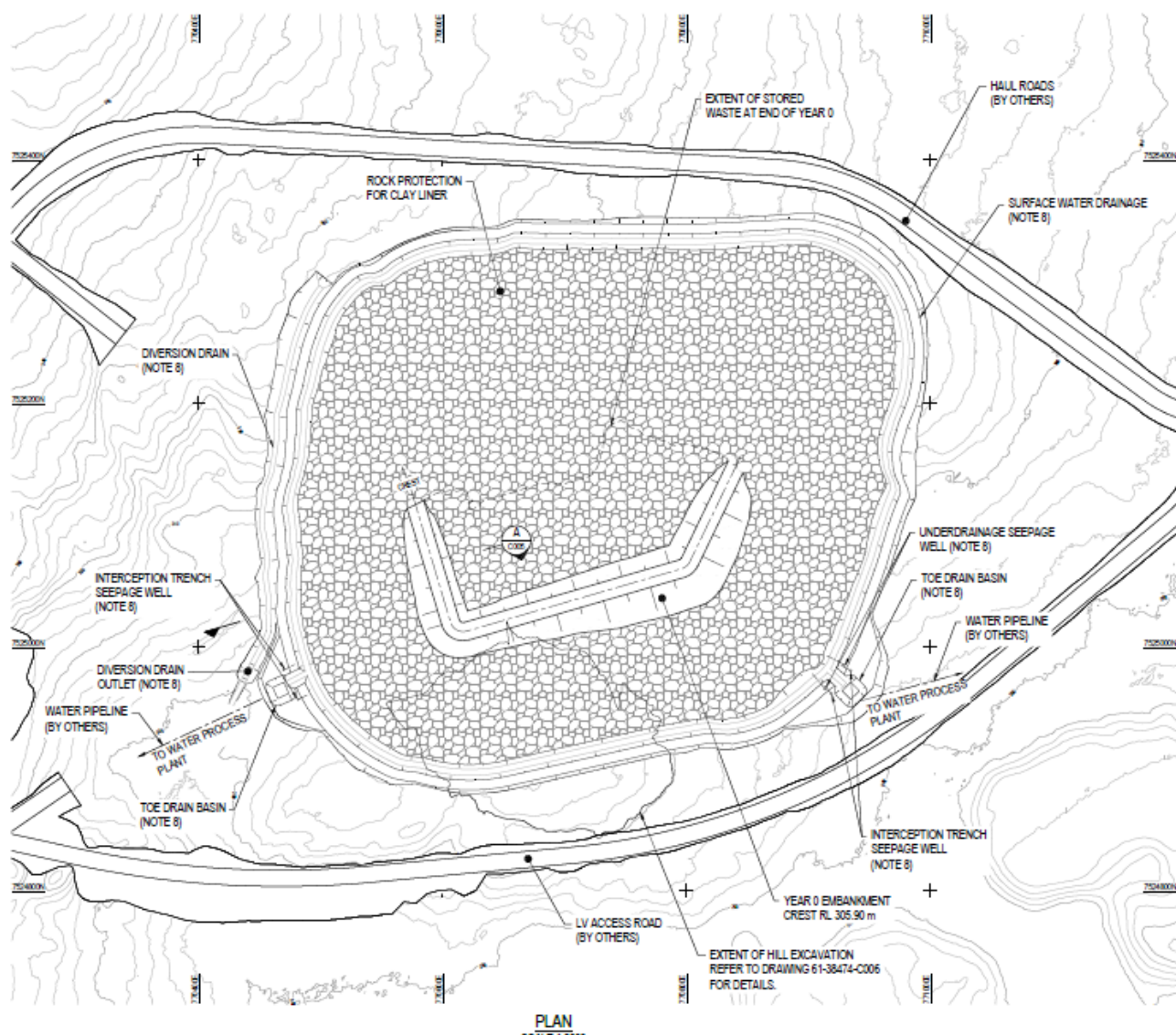
Figur 5: Isometrisk bild över de slutbrutna dagbrotten.

3.3 Kombinerat sand- och gråbergsmagasin

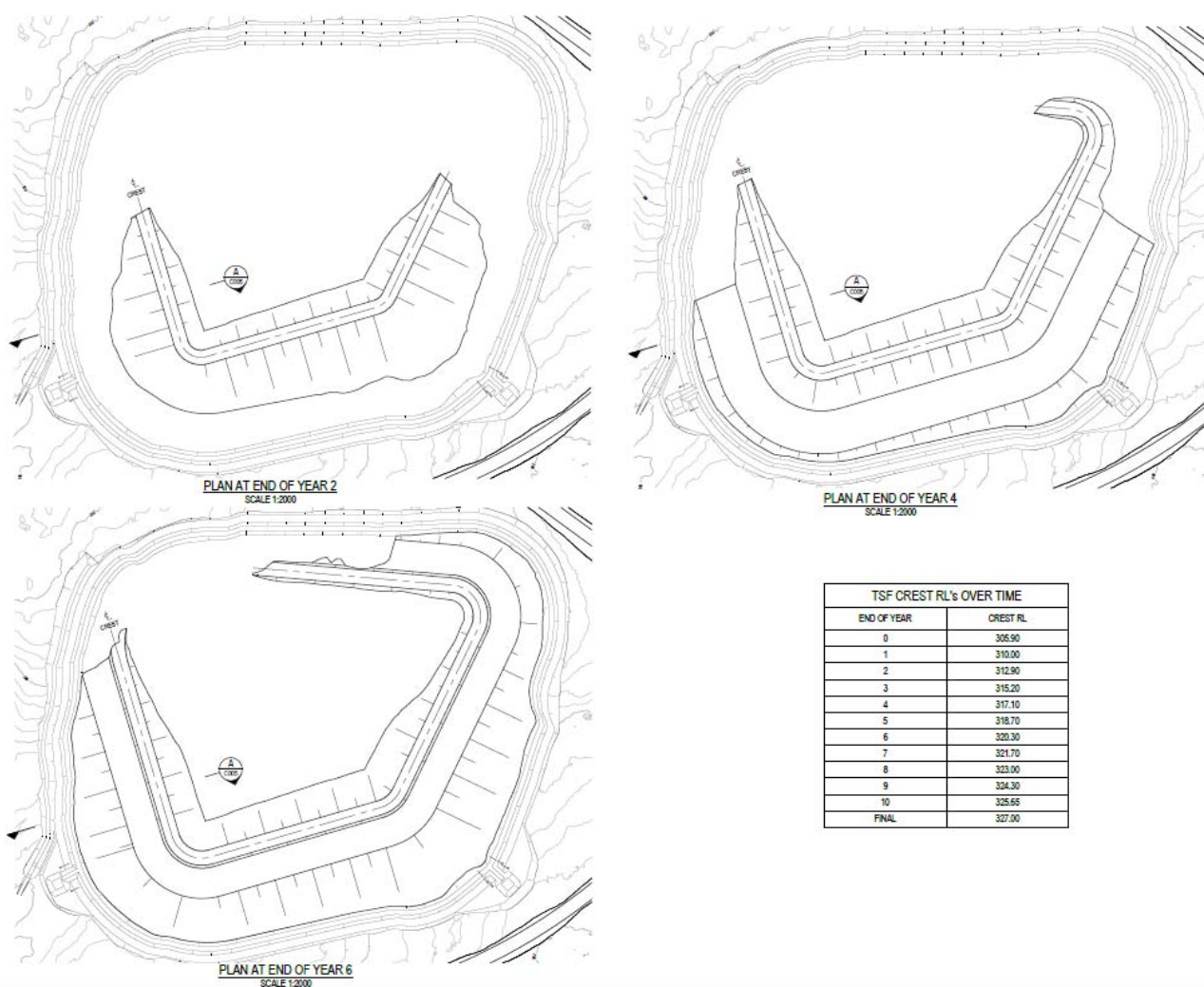
Det kombinerade sand- och gråbergsmagasinet för de tio första årens brytning kommer att anläggas öster om dagbrotten och väster om anrikningsverket. Magasinet kommer att byggas med tät botten som innehåller ett system för uppsamling av lakvatten liksom bortledning av opåverkat vatten. Hela bottenytan kommer att byggas i en etapp. Bottentätningen består av 1 m bentonitblandad morän som skyddas av 1 m krossat berg. Centralt i upplaget anläggs en vall och inom denna placeras avvattnad anrikningssand. Anrikningssanden är vattenmättad, har en porositet på omkring 0,35 och en mycket låg hydraulisk konduktivitet (omkring 10^{-9} m/s). Detta innebär att lakvattenbildningen i botten av anrikningssanden kommer att vara mycket låg. I samband med regn och snösmältning kommer merparten av vattentransporten att ske som ytavrinning. Den höga vattenmättnaden ger även att den potentiella vittringen bedöms som mycket liten.

Utökningen av magasinet på den anlagda bottenytan kommer att ske kontinuerligt och redovisas i Figur 7 och Figur 8. Om verksamheten avslutas i förtid kommer magasinet att kunna efterbehandlas enligt samma metod som för ett fullt utbyggt magasin. En viss justering av släntvinklar kommer dock att behöva utföras.

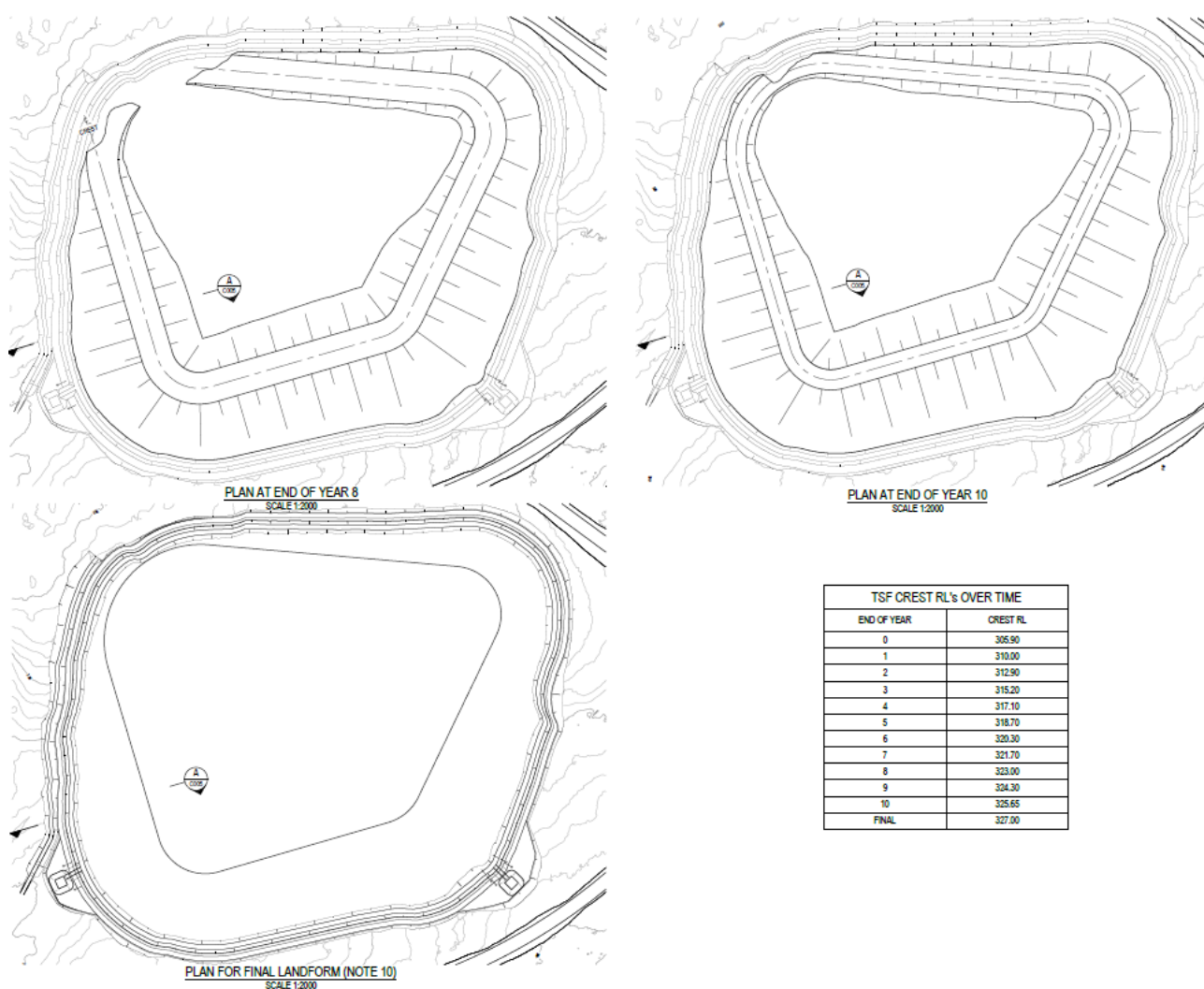
Den totala mängd utvinningsavfall som sand- och gråbergsmagasinet har designats för är 2,5 Mton och den har en volym på $0,9 \text{ (M)m}^3$ då en svällfaktor på 30 % inkluderats i beräkningarna. Magasinets höjd är ca 35 m med en släntvinkel på 35° . Vallen är 10 m hög och 5 m bred på toppen. En tvärprofil över magasinet som även redovisar de höjningar som kommer att utföras redovisas i Figur 9.



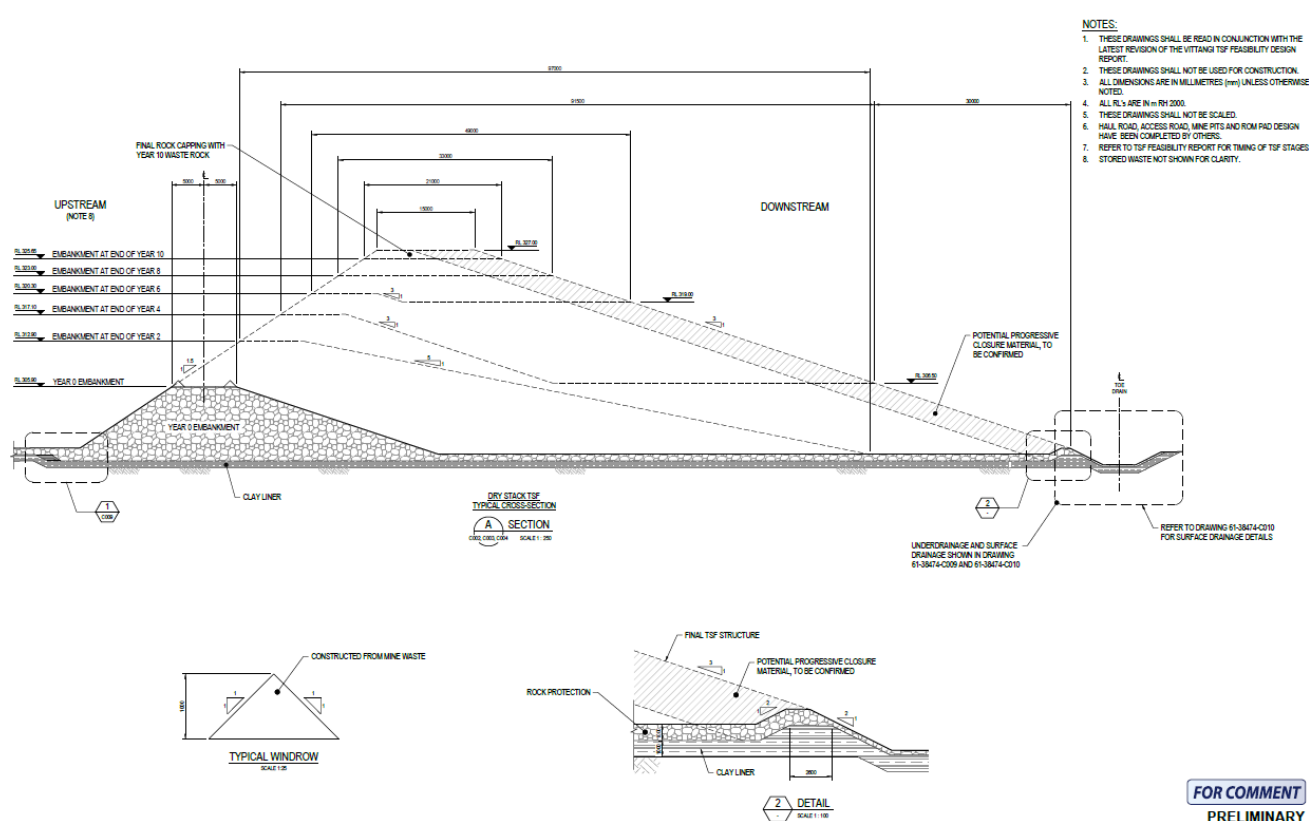
Figur 6: Anlagd magasinbotten med uppsamlingssystem och startvall.



Figur 7: Successiv utbyggnad av magasinet år 2, 4 och 6.

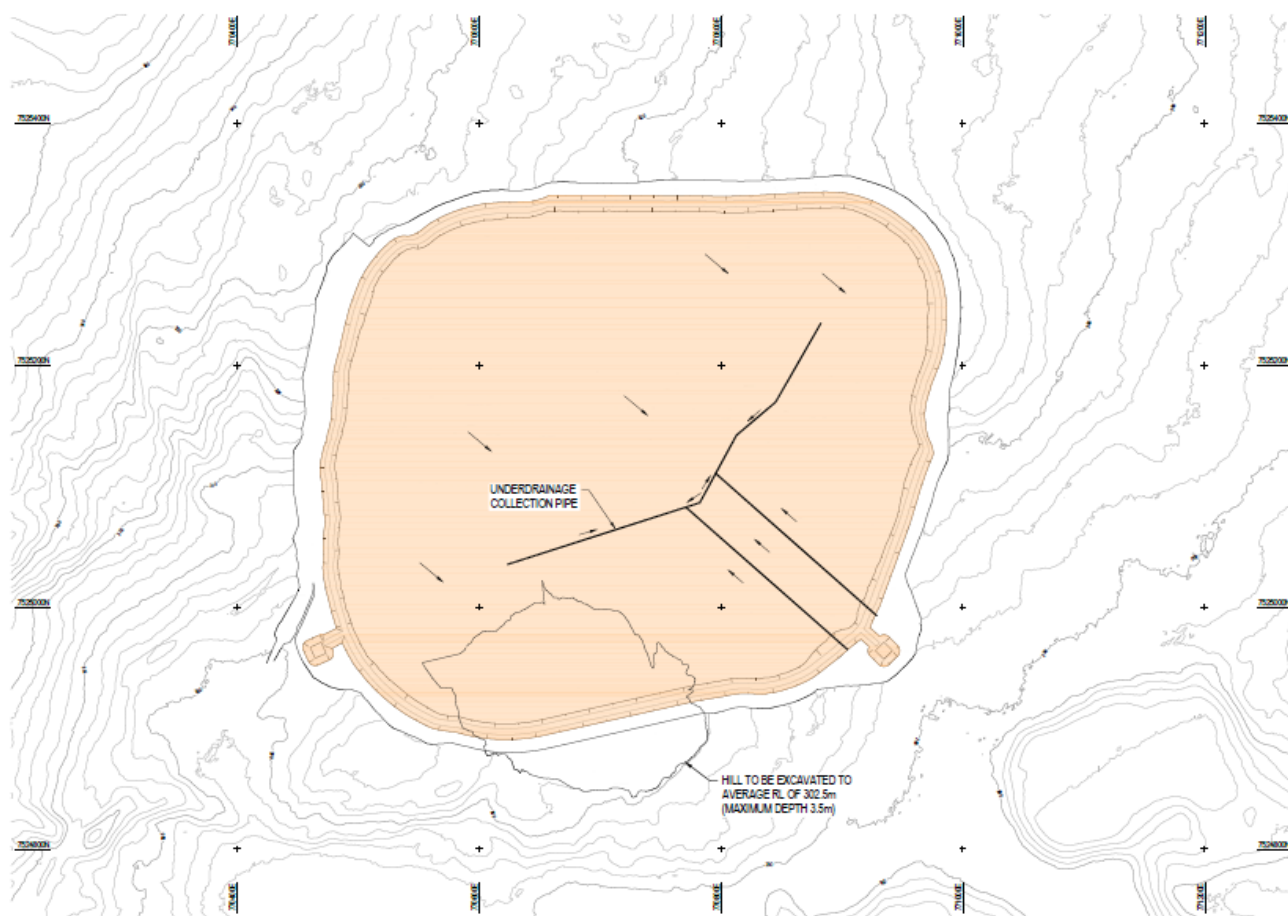


Figur 8: Successiv utbyggnad av magasinet år 8, 10 samt efter genomförd efterbehandling.

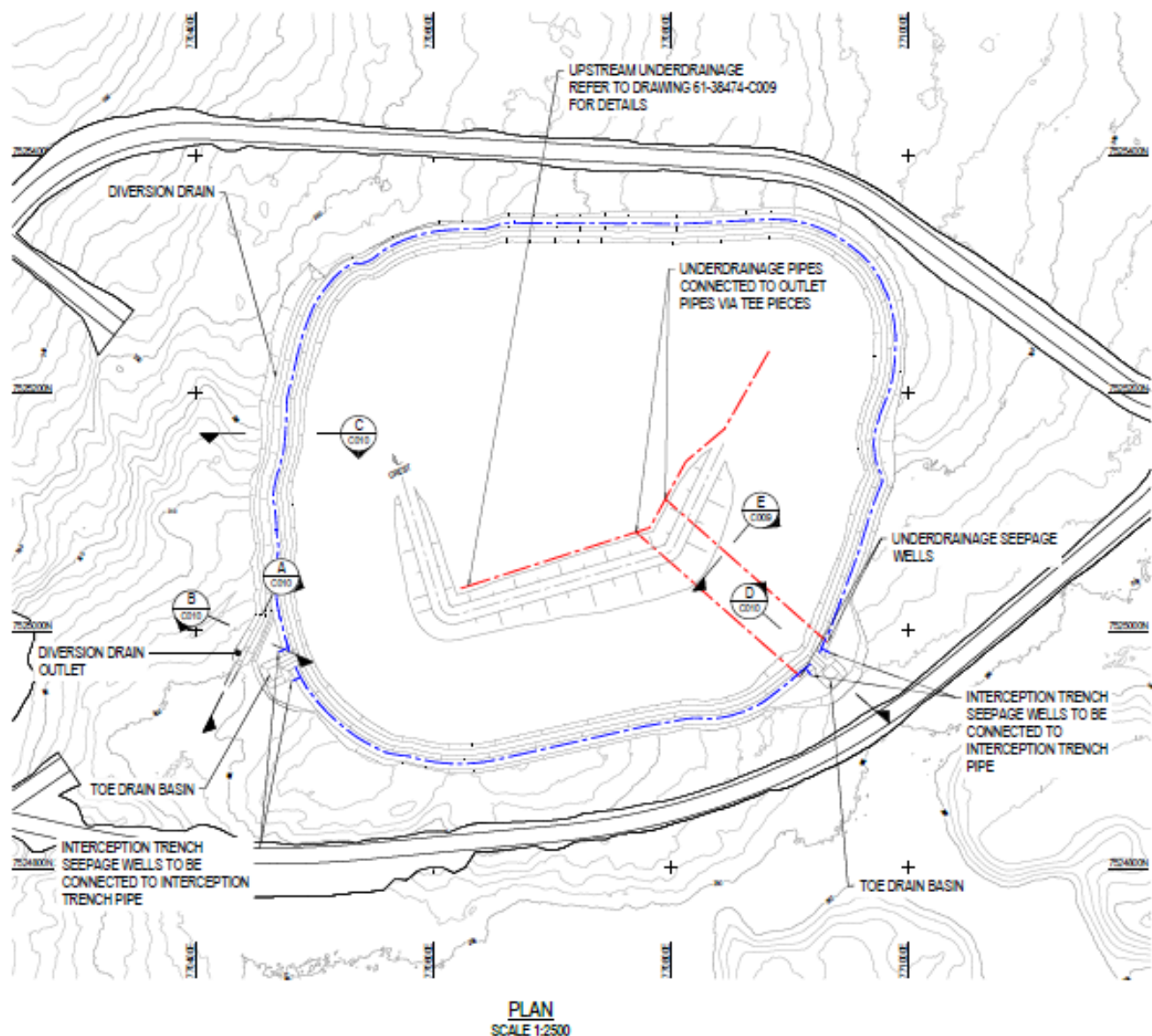


Figur 9: Tvärprofil genom sand- och gräbergsmagasinet med de succesiva höjningarna redovisade.

För uppsamling av bildat lakvatten i botten av magasinet kommer en gradient på bottenytan att finnas som leder lakvatten in till magasinets centrala delar. Lakvattnet avrinner därifrån via rörledningar till en uppsamlingsbrunn på utsidan varifrån det kan pumpas under driftstiden till vattenreningsanläggning. Principiellt redovisas utformningen i Figur 10 samt Figur 11. Avledningssystemet för opåverkat vatten visas i Figur 11.

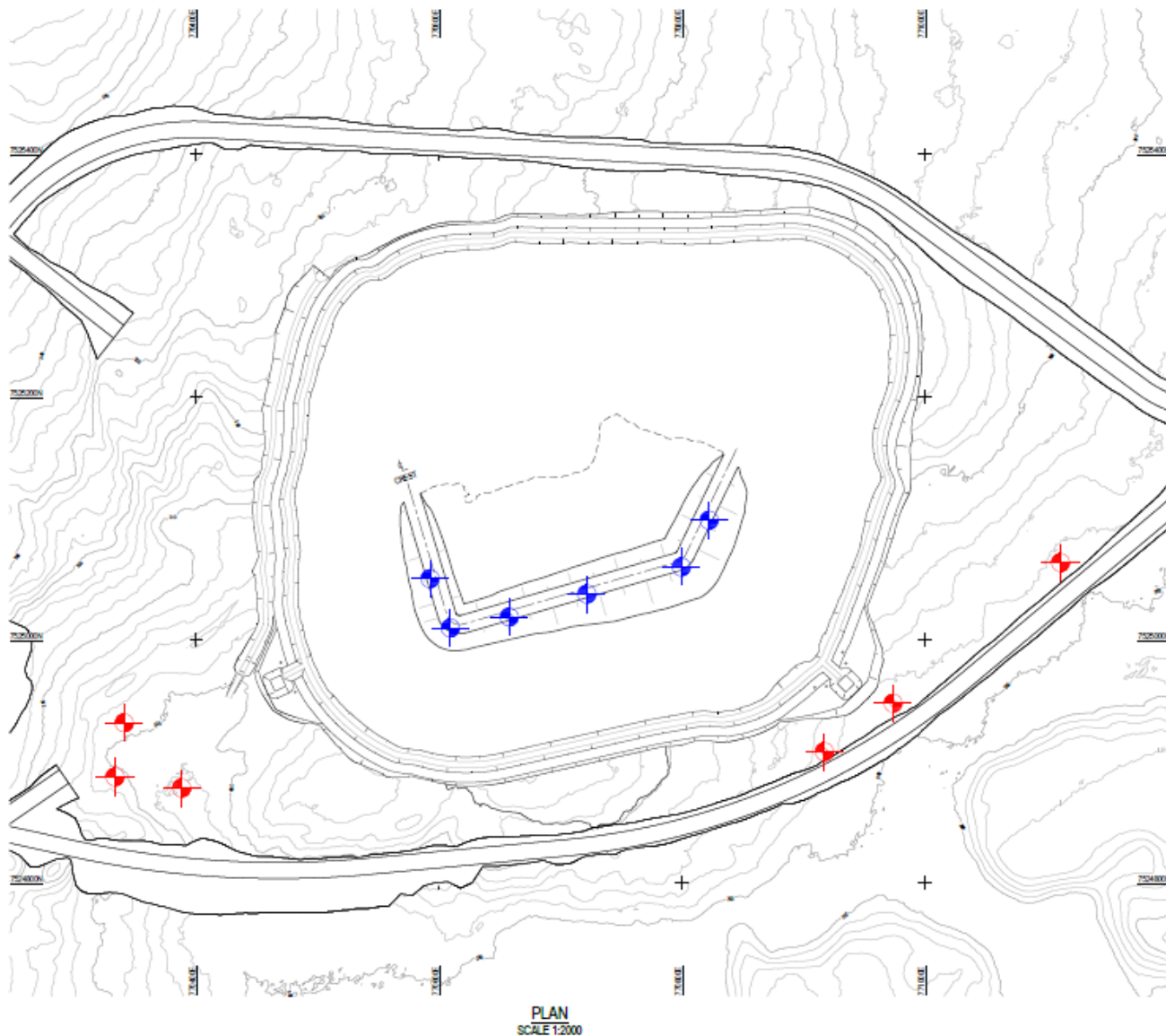


Figur 10: Uppsamlingsystem för lakvatten.



Figur 11: Uppsamlingsystem för lakvatten (röd streckad linje) samt avskärmning av opåverkat vatten (blå streckad linje).

Grundvattenkontroll utanför sand- och gråbergsmagasinet sker genom brunnar installerade (röda punkter) enligt Figur 12. Stabiliteten hos det magasinerade materialet kontrolleras genom inmätning av nivåer i mätdubbar på magasinet (blå punkter i Figur 12).



Figur 12: Redovisning av planerade kontrollpunkter för grundvatten samt magasinets stabilitet.

3.4 Brytningsplan

Den framtida brytningsplanen för de olika dagbrotten redovisas i punktform nedan;

- Dagbrott 1 – År 0–3
- Dagbrott 2 – År 0–10
- Dagbrott 3 – År 3–5
- Dagbrott 4 – År 6–15
- Dagbrott 5 – År 9–12
- Dagbrott 6 – År 9–20

Fram till och med år 11 kommer gråberg och anrikningssand att magasineras i sand- och gråbergsmagasinet öster om dagbrotten. Från år 11 kommer gråberg och anrikningssand att återfyllas i det utbrutna dagbrottet (1,2 och 3) under den därefter följande brytningsperioden.

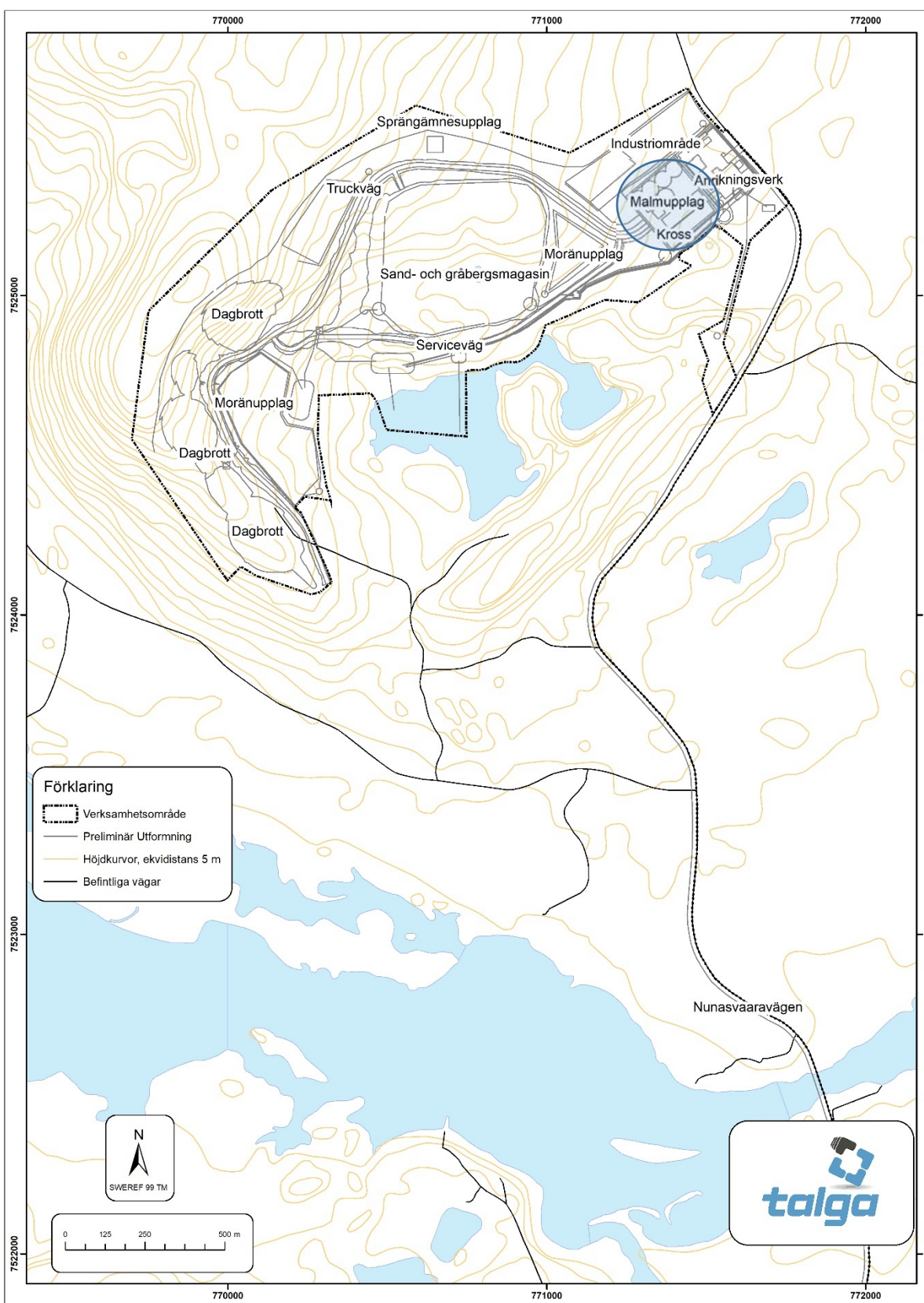
3.5 Malmlager

Ett malmupplag med osorterad malm med volym för några dagars produktion finns inom industriområdet i anslutning till krossen (Figur 13). Då verksamheten avslutas kommer detta upplag att vara tomt.

3.6 Vattenhantering

Vattenhanteringen vid den planerade verksamheten kommer att omfatta bl.a. länshållning av dagbrott samt omhändertagande av lakvatten från malmlager och sand- och gråbergsmagasinet, vilket leds till vattenreningsanläggning i anslutning till anrikningssverket innan utsläpp sker till recipient.

Opåverkat ytvatten kommer att avskärmas genom anläggande av diken uppströms eventuellt förorenande anläggningar. Utsläpp av renat vatten från verksamhetsområdet sker via vattenledning och/eller dike till recipienten Hosiojärvi.



Document Name: TB-F16-Sv Layout Mine

Figur 13: Lokalisering av malmupplag (blå ring) inom industriområdet.

4.0 REDOVISNING AV EGENSKAPER HOS GRÅBERG OCH ANRIKNINGSSAND

Sammansättning på gråberg har undersökts (Bergskraft 2019) och det bedöms som potentiellt syrabildande överlag. Metallutlakningen i kinetiska försök bedömdes som måttlig och efterbehandlingsåtgärderna kommer att kräva kvalificerad täckning.

Anrikningssanden klassificeras även den som potentiellt syrabildande och innehåller omkring 3 % svavel. Genom den låga genomsläppligheten och den goda vattenhållande förmågan bedöms risken för signifikant avvattning och vittring som liten. Trots detta rekommenderas en kvalificerad täckning eftersom ytlagret kommer att kunna avvattnas och ytavrinning således påverkas av vittringsreaktioner.

5.0 RISKBEDÖMNING

Generellt vid en riskbedömning av förorenade områden görs en samlad bedömning av exponeringsrisker, föroreningarnas farlighet, ett områdes känslighet och skyddsvärde samt risker för spridning av föroreningarna. Riskbedömningen kan göras i flera steg med ökande ambitionsnivå:

- Riskklassning
- Förenklad riskbedömning
- Fördjupad riskbedömning

I denna efterbehandlingsplan genomförs ingen riskbedömning enligt de steg som beskrivits ovan på grund av att gråberget och anrikningssanden vid karakteriseringen bedömts vara potentiellt syrabildande och innehåller förhöjda halter av metaller. Slam från vattenrening har karakteriserats som icke-farligt avfall. Det erhållna underlaget ger således tillräckligt underlag för att ta beslutet att efterbehandling ska genomföras så att risken för uppkomst av surt lakvatten, mobilisering samt spridning av metaller minimeras på grund av föroreningarnas farlighet och nedströms recipients känslighet och skyddsvärde. Detta medför således att utvinningsavfallet per automatik skall täckas kvalificerat och således föreligger inte heller någon exponeringsrisk.

6.0 EFTERBEHANDLING

Enligt förordningen (2013:319) om utvinningsavfall (utvinningsavfallsförordningen) ska den som driver eller stänger en utvinningsavfallsanläggning i samband med att anläggningen stängs se till att det område som har påverkats av anläggningen efterbehandlas genom att utföra eller bekosta de avhjälpande åtgärder som behövs och med särskild hänsyn till skyddet av mark- och vattenkvalitet, djur- och växtliv, naturliga livsmiljöer, landskapsbilden, framtida markanvändning samt andra hälso- och miljöaspekter.

Efterbehandling av verksamhetsområdet kommer därför att, i enlighet med utvinningsavfallsförordningen, ske för att minimera risken för negativ påverkan på människa och miljö. Dessutom syftar efterbehandlingen till att uppfylla relevanta miljömål och miljökvalitetsnormer.

6.1 Skyddsobjekt

Följande huvudsakliga skyddsobjekt har identifierats:

- Mark – i första hand den framtida markanvändningen.
- Luft – i första hand minimera risken för diffus damning av partiklar från området.
- Människan – i första hand kopplat till boende i närområdet och de som vistas inom området.

Några riksintressen som bedöms kunna bli direkt påverkade av förekommer inte inom närområdet. Det bedöms att den planerade verksamheten inte påtagligt kan försvåra rennäringens bedrivande. Torne älvsystem utgör riksintresse för friluftsliv samt för naturvård och är även av riksintresse för yrkesfiske. Älven är belägen ca 600 meter söder om verksamhetsområdet och gränsen till det skyddade området ligger söder om verksamhetsområdet. Den planerade verksamheten bedöms sammantaget inte medföra någon påverkan på riksintresset. Påverkan på skyddade vattendrag (Natura 2000-området Torne och Kalix älvsystem) förhindras vidare genom den planerade vattenbehandlingen fram till dess att vattenkvaliteten är acceptabel att brädda utan rening.

Den planerade verksamheten bedöms inte påtagligt försvåra utnyttjandet av riksintressena för kommunikation och totalförsvaret.

Utöver de uppenbara skyddsobjekt som anges ovan bör även den lokala recipienten Hosiojärvi ses som ett relevant skyddsobjekt i ett efterbehandlingsskede.

Grundvattnet i området som kan beröras av verksamheten utgör ingen grundvattenförekomst enligt förordning (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön och grundvattnet på platsen bedöms inte ha något särskilt skyddsvärde då inget grundvattenuttag sker lokalt nedströms verksamhetsområdet eller i närheten av influensområdet för grundvattenavsänkningen.

Efter avslutad länshållning av gruvan kommer grundvattennivåerna att återhämta sig. Inget skyddsobjekt för grundvatten är således identifierat.

6.2 Övergripande åtgärds mål

Övergripande åtgärds mål anger vilken användning eller funktion ett område är tänkt att ha efter åtgärd eller vilken påverkan och vilka störningar som är acceptabla eller oacceptabla i omgivningen. Målen bör leda till åtgärder som är permanenta och har en väl avvägd förväntansnivå. Målen kan uttryckas på olika sätt, exempelvis som riskreduktion, reduktion av föroreningsmängd eller volym, reduktion av föroreningsspridning till omgivningen, minskad exponering, skydd av naturresurser och andra intressen.

De övergripande målen, som föreslås efter genomförda efterbehandlingsåtgärder och i ett långsiktigt perspektiv är att:

- Avlägsna alla säkerhetsrisker som är möjliga att avlägsna, verksamhetsområdet ska som målsättning inte kräva några permanenta avskärmningar eller liknande för att undvika olyckor.
- Kunna tillåta en produktiv användning av marken på verksamhetsområdet, exempelvis dess ursprungliga markanvändning (naturmark, skogsbruk, rennäring och friluftsliv) eller att marken kan användas för andra lämpliga ändamål.
- Att föroreningsbelastningen från det efterbehandlade området ska vara så liten att den inte utgör ett hinder för att kunna skapa en långsiktigt acceptabel belastning på recipienter, mer konkret ska resulterande föroreningsbelastning inte äventyra möjligheterna att uppnå beslutade miljökvalitetsnormer i berörda vattenförekomster efter genomförd efterbehandling.

- Att resulterande föroreningssituation på gruvområdet inte leder till en exponering som utgör en oacceptabel ekologisk eller humantoxikologisk risk (miljömål).
- Att det efterbehandlade verksamhetsområdet väl ska smälta in i den omgivande landskapsbilden.
- Att det efterbehandlade verksamhetsområdet ska vara i minimalt behov av tillsyn eller underhåll i ett långsiktigt perspektiv.

7.0 GENERELLA EFTERBEHANDLINGSMÅL

Nedan redovisas föreslagna preliminära åtgärds mål för området i anslutning till verksamheten och de vattenförekomstklassade recipienterna efter genomförd efterbehandling (Torne och Vittangi):

- Landskapsbilden ska utformas där så är möjligt så att området långsiktigt smälter in i miljön (detta är dock en subjektiv bedömning av varje enskild person).
- Påverkade och ianspråktaga ytor ska återställas så att vid efterbehandlingstillfället lämplig markanvändning blir möjlig. Idag bedöms sådan markanvändning i första hand utgöras av skogsbruk, rekreation, naturområde och rennäring.
- Resulterande föroreningsbelastning skall inte äventyra möjligheterna att uppnå beslutade miljökvalitetsnormer i berörda vattenförekomster efter genomförd efterbehandling.
- Under tidsperioden fram till genomförd efterbehandling och eventuellt under en övergångsperiod efter densamma ska lakvatten samlas upp och behandlas om så krävs fram till dess att bräddning utan vattenrening kan ske.
- De efterbehandlade områdena ska i princip ha samma produktivitet som omgivande likartade markområden.

8.0 DETALJERADE EFTERBEHANDLINGSMÅL

Följande detaljerade åtgärds mål har definierats:

- Resulterande föroreningsbelastning ska inte äventyra möjligheterna att uppnå beslutade miljökvalitetsnormer i berörda vattenförekomster recipienter efter genomförd efterbehandling.

Åtgärds mål enligt branschpraxis kommer dessutom att väljas som utgångspunkt för exempelvis den kvalificerade täckningen och dessa kommer att definieras närmare inför efterbehandlingens genomförande då efterbehandlingen detaljprojekteras. Detta kan vara förbättrad detaljeringsgrad avseende syretransport (mätt som vattenmättnadsgrad i tätskiktet) utifrån eventuella förändringar i det magasinerade avfallens sammansättning och förbättrad kunskap om materialets lakvattenbildning. Syftet är att verifiera att den tänkta lösningen kommer att uppfylla alla framtida krav.

Den täckning som planeras för sand- och gråbergsmagasinet skall således innebära en betryggande säkerhetsmarginal för recipienten.

Tillskottet från den andra källtermen inom området är exponerade bergytor i anslutning till den utbildade dagbrottssjön. Dessa anses inte möjliga att täcka effektivt. Beräkningar baserade på exponerad yta ovan vattenspegel samt påverkansdjup genom sprängning (dvs. sprickors djup i berget) och resultatet från kinetiska försök har använts för att beräkna belastningen från bräddat dagbrottsvatten till recipient. En maximal tillåtlig

halt har således kunnat identifieras genom förhållandet mellan mängd och flöde i Hosiojärvi, tillskott från sand- och gråbergsmagasinet och resterande omgivning.

9.0 ÅTGÄRDSUTREDNING

9.1 Alternativa åtgärder och tidigare erfarenheter

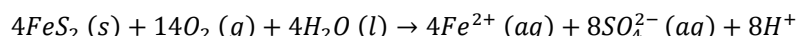
9.1.1 Potentiellt syrabildande utvinningsavfall

För utvinningsavfall där utlakningen av olika ämnen bedöms kunna bli oacceptabel för miljön krävs en kvalificerad efterbehandling med tätskikt som minskar syretillförseln till avfallet och/eller som reducerar infiltrationen och därmed vattenströmningen (och utlakningen) genom utvinningsavfallsanläggningen.

Ett alternativ till att efterbehandla en utvinningsavfallsanläggning genom kvalificerad täckning med tätskikt kan vara att (om det ryms) återfylla avfallet till dagbrottet och därmed, efter återställande av grundvattennivån efter avslutad brytning, placera det under en permanent grundvattenyta med en mycket långsam vattengenomströmning samt täcka överytan med morän för att erhålla en diffusionsspärr. Detta leder dels till att behovet av en utvinningsavfallsanläggning för gråberg och anrikningssand helt eller delvis försvinner och dels till att risker t.ex. olycksfall, skred och ras kopplade till dagbrottet helt eller delvis hanteras. Placering under vattenmättade förhållanden och med en diffusionsspärr ovanpå minimerar vidare vittring i utvinningsavfallet. En möjlig nackdel med att återföra gråberg till dagbrottet och återfylla under vatten är dock att upplösning och uttransport av sekundära mineral (och i gråberget inbundet porvatten då vattenhalten i ett gråbergsupplag är ca 10 volym-%) med stor sannolikhet sker då förhållandena blir reducerande. Detta tvättas dock ut och efter 2–3 vattenvolymer har denna påverkan försvunnit (Younger et al. 2002).

För att bedöma vilken syremängd som krävs för att mobilisera en viss mängd metaller i en utvinningsavfallsanläggning med kvalificerad täckning har en beräkningsmodell framtagits.

I detta fall används sulfat och pyritvittring som utgångspunkt. Mängden syre på molbasis som åtgår för att oxidera den mängd svavel som mobiliseras från gråbergsupplaget per år är enligt ekvation för pyritvittring genom syre 14/8 av sulfatmängden.



För att dimensionera en framtida täckning av gråbergsupplaget med kvalificerad täckning så kan ovanstående förhållande användas för beräkning av syretransport genom täckningen baserat på möjlig mobilisering av sulfider. Eftersom det kan antas att vid en kvalificerad täckning att syretransporten blir så låg att det syre som diffunderar in mer eller mindre omedelbart förbrukas så kan syretransporten beräknas med Fick's första lag och information om porositet samt vattenhalt i täckningen.

Principen för magasinering under vattenspegel är baserad på att syrehalten i vatten är enbart omkring 0,3 mol/m³ jämfört med omkring 8,3 mol/m³ i luft samtidigt som syrediffusionen är 10 000 gånger långsammare.

Om mängderna av anrikningssand och gråberg som återförs till dagbrott ryms under den framtida jämviktsnivån för vatten i dagbrottet anses detta vara en fullgod efterbehandlingsmetod.

9.1.2 Principer för efterbehandlingsarbetet

9.1.2.1 Allmänna principer

Avsikten med efterbehandlingen är att gruvområdet, i så stor utsträckning som är möjligt, ska kunna återgå till tidigare markanvändning (rennäring, skogsbruk och rekreation) och att området inte ska utgöra någon risk för människor, vilda djur eller rennäring. Landskapsintegrering och vegetering skall utföras på ett sätt som skapar

goda växtförutsättningar samt som i möjligaste mån beaktar möjligheterna till att skapa ekologiska mervärden lokalt.

Dagbrottets vattenkvalitet undersöks inom kontrollprogrammet och behandling utförs under uppfyllnadsfasen ifall inte dagbrottet uppnått tillräcklig kvalitet för att kunna bräddas utan vattenbehandling. Eventuell ytterligare vattenbehandling som kan krävas sker även den med fördel direkt i dagbrottssjön.

Avsikten med efterbehandlingen då den genomförs är framförallt att sträva mot att efterlikna en naturlig miljö som är anpassad till omgivande landskap men som huvudsakligen är inriktad på att minimera mobiliseringen av sulfidrelaterade metaller och att förhindra uppkomst av surt lakvatten. Avsikten är att gruvområdet, i så stor utsträckning som är möjligt, ska kunna återgå till tidigare markanvändning och inte utgöra någon risk för människor, vilda djur eller rennäring.

9.1.2.2 Landskapsintegrering

I efterbehandlingen ingår att forma ett landskap som dels efterliknar det som förekommer i området så långt som detta anses vara praktiskt rimligt, dels som medför bra växtförutsättningar för planterad och självetablerad vegetation.

Markytan kan med fördel terränganpassas genom att moränmassor i upplag används till att konstruera kuperingar som kan variera mellan 0,5–2 m likt naturliga höjder och åsar. För att ytterligare förbättra landskapsbilden kan släntröner avrundas samt att översta delen av slänter och toppen lämnas utan plantering av högre vegetation för att inte förstärka höjdskillnader.

9.1.2.3 Vegetering

Omgivningen kring gruvområdet har tidigare huvudsakligen bestått av barrskog och blandskog och efterbehandlingen strävar huvudsakligen efter att återvegetera med, en för området, lämplig vegetation.

Jordförbättrande åtgärder kan krävas för att möjliggöra en effektiv återetablering av växter. Eftersom ytjorden för dagbrottet separerats från moränen kan denna användas för detta ändamål. Markytan bör vid sådden vara beredd.

Överlag kommer den lokala moränen och ytjorden från avbaningen att användas vid efterbehandlingen eftersom dessa liknar trädens naturliga växtmiljö. Inom skogsbruket planteras barrträd direkt i morän men moränen bör inte vara alltför blockig. Det är viktigt att ta tillvara på eventuella avbaningsmassor med ytjord, d.v.s. skogsmarkens ytskikt med rötter, frön, gräs och örter som kan läggas ut i ett 10–15 cm tjockt lager för förbättrat resultat genom att det bidrar till att behålla fuktigheten i jorden samt att mull utvecklas vid nedbrytningen. Om det visar sig att jordförbättrande åtgärder krävs kan t.ex. bark, torv, sågspån, kalk, rötslam eller gödsel användas.

Ingen speciell skötsel bedöms krävas av efterbehandlade områden förutom vattning vid plantering och sådd om jorden inte redan är blöt eller riklig nederbörd väntas inom kort.

10.0 ÅTGÄRDSBEHOV

10.1 Fysiska risker

Fysiska säkerhetsrisker inom området kan behöva åtgärdas (riskreduktion nödvändig) i samband med efterbehandlingen av gruvområdet. De som identifierats i denna konceptuella efterbehandlingsplan är:

- risk för fallolyckor vid dagbrottet
- risk för ras vid sand- och gråbergsmagasinet

Mindre ras kan förekomma i dagbrottskanter eller vid magasinet om dessa är för branta d.v.s. utlagda i rasvinkel, men risken kan minimeras vid dagbrottet genom avsläntning av dagbrottskanter.

Sand- och gråbergsmagasinet kommer vid avslutad verksamhet att ha erhållit en lämplig släntvinkel och är förberett för efterbehandling. Detta planeras genomföras redan i samband med den aktiva gruvdriften.

Avsläntade dagbrottskanter och uppbyggnad av sand- och gråbergsmagasinet med en stabil släntvinkel eliminerar även risken för fallolyckor.

10.2 Risker för miljö

Ur miljösynpunkt visar riskbedömningen att gråberget överskrider Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark (MKM) för ett flertal ämnen. Merparten av gråberget bedöms även vara potentiellt syrabildande (Bergskraft 2019). För anrikningssanden så innehåller även den förhöjda halter av ett antal sulfidbundna metaller samt är potentiellt syrabildande.

Detta medför sammantaget att efterbehandlingsåtgärder rimligen krävs (riskreduktion) för att på sikt:

- undvika direktkontakt med gråberget och anrikningssanden
- undvika spridning av gråberg och anrikningssand
- begränsa vittring eller lakning för de olika objekten (sand- och gråbergsmagasin samt dagbrott).

Vidare bedöms det behövas åtgärder för att uppnå de övergripande målen med efterbehandlingen vad gäller markanvändning och landskapsintegrering, se 6.2. Det är således viktigt att skapa förutsättningar för en uthållig växtetablering på hela den påverkade yta som är aktuell att vegetera.

11.0 ÅTGÄRDSVAL

11.1 Industriområde och malmupplag

Då verksamheten avslutas demonteras byggnader inom industriområdet. Då detta genomförts undersöks området med avseende på förorening och påträffade föroreningar som kan utgöra en risk för människors hälsa eller miljön åtgärdas. Möjliga föroreningar är i huvudsak olje-, kemikalie- och malm/koncentrat/anrikningssandrester.

Inom platsen för malmupplaget kan det eventuellt förekomma vittringsprodukter i markytan.

Då påträffade föroreningar har åtgärdats och byggnader demonterats påförs området 1 m morän och ytskikt som vegeteras. Eventuellt tillskapas åsar för att ge ett mer kuperat område.

11.2 Sand- och gråbergsmagasin samt dagbrott

11.2.1 Kvalificerad täckning av sand- och gråbergsmagasin

Som konstaterats i avsnitt 10.2 bedöms sand- och gråbergsmagasinet kräva kvalificerade efterbehandlingsåtgärder eftersom surt lakvatten med risk för förhöjda metallhalter annars kan uppkomma.

Vid aktuell tidpunkt för genomförande av efterbehandlingen bedöms dock lakvattnet fortfarande hålla neutralt pH med hänsyn till att kontinuerlig magasinering sker, beräknad vittringshastighet utifrån kinetiska försök samt mängd buffringskapacitet i gråberg och anrikningssand (Bilaga B).

Kvalificerad täckning kan genomföras på olika sätt och med olika materialval. Den variant som föreslås utgörs av en kvalificerad täckning vars beståndsdelar består av:

- Eventuellt påförande av ett ytavjämningskikt av morän ovanpå gråberg om detta behövs i samband med efterbehandlingen innan kvalificerad täckning (tätskiktet) placeras ut.
- Täckning av gråbergsupplaget med ett tätskikt av bentonitblandad modifierad morän (ca 5 % bentonit) som är tillräckligt tätt för att minska syretransporten till en ur miljösynpunkt acceptabel nivå. Mäktigheten på tätskiktet är 0,5 m. Utredningar av vilken moränkvalitet som finns tillgänglig i Nunasvaara har utförts avseende bland annat kornstorleksfördelning, kompakteringsegenskaper samt permeabilitet. Därvid har beaktats kornstorleksfördelning, porositet, permeabilitet, beräknad vattenhållande förmåga, uppskattad permeabilitet efter bentonittillsats samt modellering med klimatdata för att bedöma den kvalificerade täckningens vatteninfiltration och syretransport.
- Täckning av det anlagda tätskiktet med ett skyddsskikt bestående av morän med en mäktighet på 2 m och påförande av ett ca 0,1 m växtetableringsskikt av lämpligt material (den vid avbaningen separerade ytjorden).
- Vegetering.

Den kvalificerade täckningens primära funktion på sand- och gråbergsmagasinet är att minska syretransporten till en ur miljösynpunkt acceptabel nivå samt att minimera infiltration av vatten (och därmed även lakvattenbildningen). Syretransport genom en kvalificerad täckning av packad morän sker genom diffusion. Syrediffusionens hastighet styrs sedan av porositeten i den packade moränen och moränens vattenmättnadsgrad. Desto mindre storlek på porerna och ju högre vattenmättnadsgrad desto mindre blir syrediffusionen in i avfallet. I samband med att moränen packas minskas även infiltrationen. En låg syretransport innebär därför också att lakvattenbildningen begränsas. En minskad lakvattenbildning innebär också att en mindre andel av vittringsprodukterna inuti upplaget kommer i kontakt med vatten och kan transporteras ut ur upplaget.

Den kvalificerade täckningen skall dimensioneras så att en tillräckligt låg miljöbelastning i identifierade skyddsobjekt erhålls d.v.s. mätbara åtgärds mål skall uppfyllas. Denna dimensionering görs utifrån resultat från laborieförsök och modelleringar. Kriterier som skall uppfyllas i samband med efterbehandlingen tas fram i samband med modellering av dimensioneringen och utförandekontrollen säkerställer att utförandet uppfyller dessa krav. Över den packade moränen skall sedan ett skyddsskikt anläggas som skyddar tätskiktet från uttorkning, rotpenetration samt tjälning.

En annan funktion hos täckningen är att möjliggöra en snabb och beständig växtetablering på området som med tiden utvecklas så att den ger en god integrering i landskapet och tillåter ursprunglig markanvändning i form av naturmark, skogsbruk, rennäring, jakt och friluftsliv.

För sand- och gråbergsmagasinet innebär täckning av hela ytan, d.v.s. ca 7,5 ha med 0,5 m tätskikt samt påförande av 2 m ospecificerad morän att det totalt behövs ca 0,2 (M)m³ morän, 4 ton bentonit och ca 7 500 m³ yttjord (Tabell 2) varav tätskiktet motsvarar 40 000 m³.

Tabell 2: Beräkning av volymer för efterbehandling av sand- och gråbergsmagasinet.

Åtgärd	Yta (ha)	Mäktighet (m)	Mängd (m ³)
Tätskikt 0,5 m	7,5	0,5 (packad)	37 500 (packad)
Bentonit (5 vikt-% inblandat i tätskiktet)	-	-	4,1 ton
Moräntäckning av upplaget (2 m okvalificerad moräntäckning)	7,5	2	150 000
Växtetableringsskikt avbanat ytskikt separat lagrat alternativt skogsavfall, rötslam, etc)	7,5	0,1	7 500

För dimensionering av täckningen användes mobiliseringsinformation från genomförda fuktkammarförsök. Dimensioneringen baseras på beräknad syreförbrukning i kinetiska försök och att mobiliseringen av sulfat i relation till relevanta metaller är konstant allteftersom syretillgången reduceras. Detta innebär att om 1 mol syre förbrukas eller om 0,03 mol syre förbrukas så spelar det ingen roll för kvoten mellan halten av det utvalda elementet och svavel i det bildade lakvattnet.

Den modellerade täckningen reducerar syretransporten till mellan 0,3-0,7 mol O₂/m², år, vilket är ett mycket lågt värde.

11.2.2 Efterbehandling av gråberg och anrikningssand som återfyllts i dagbrott

Fallande gråberg och anrikningssand från år 11 till år 20 används för återfyllning av de då slutbrutna dagbrotten (1–3).

Om de producerade mängderna är större än tillgänglig volym under den framtida vattenspegeln måste en kvalificerad täckning påföras. Den kvalificerade täckningen över återfylld sand- och gråberg ansluter till dagbrottets sidor alternativt omgivande bergyta i nivå med dagbrottskanterna (beroende på återfyllnadsgrad i dagbrotten) efter avslutad återfyllning. Den kvalificerade täckningen kommer att motsvara den som påförs sand- och gråbergsupplaget (0,5 m bentonitinblandad morän med 2 m skyddsskikt) och för beskrivning av denna täcknings utformning hänvisas till efterbehandlingsavsnittet för sand- och gråbergsmagasinet, avsnitt 11.2.1.

I kostnadskalkylen har det antagits att dagbrotten återfylls upp till dagbrottets kanter samt 10 m utanför denna (för en tät anslutning mot omgivande bergyta) vilket utgör den maximala arean som kan uppstå för den kvalificerade täckningen.

Övriga dagbrott (4–6) kommer att tillåtas vattenfyllas och på sikt bilda dagbrottssjöar. Moränvall kommer att läggas upp runt de vattenfyllda dagbrotten för att försvåra oavsiktligt tillträde.

Upplösning av sekundära mineral kommer att kunna ske i viss utsträckning genom att en del av avfallet kan ha varit exponerat för luftsyre och en del vittringsprodukter kan därför finnas i avfallet i samband med vattenöverdämning. Spridning kommer att begränsas genom den långsamma transporten via berggrundvatten. Eventuellt ytvatten kommer att renas om behov uppstår endera i dagbrottet (genom kalkning) eller genom att pumpas till vattenreningsanläggning. Över tid kommer denna upplösning av sekundära mineral att upphöra eftersom källtermen förbrukats i samband med vattenmättnad genom att den går i lösning, uppskattningsvis

kommer det att krävas 2–3 vattenomsättningar av dagbrottet för att skölja ut dessa vittringsprodukter (Younger *et al.* 2002).

En redovisning av bedömda aktiviteter för denna eventuella åtgärd redovisas i Tabell 3.

Tabell 3: Aktiviteter vid återfyllning av dagbrott.

Åtgärd	Yta (ha)	Måktighet (m)	Mängd (m³)
Tätskikt 0,5 m	6,8	0,5 (packad)	34 000 (packad)
Bentonit (5 vikt-% inblandat i tätskiktet)	-	-	3,4 ton
Moräntäckning av upplaget (2 m okvalificerad moräntäckning)	6,8	2	136 000
Växtetableringsskikt avbanat ytskikt separat lagrat alternativt skogsavfall, rötslam, etc)	6,8	0,1	6 800

12.0 UPPFYLLENDE AV BAT/BREF

Ett referensdokument avseende BAT (Best Available Techniques) för gruvverksamhet finns framtaget inom EU¹. Bedömningen är att "bästa möjliga teknik" ska användas vid val av efterbehandlingsmetod. I samband med efterbehandling av potentiellt syrabildande gruvavfall bör detta gälla både på kort och lång sikt. I detta fall anses de metoder som är medtagna i referensdokumentet motsvara "bästa möjliga teknik" eller BMT.

En kvalificerad täckning uppfyller alla kriterier för BAT om den är korrekt dimensionerad avseende utförande, tjocklekar, tätskiktets kvalitet och därmed genererad syretransport på kort sikt men om den inte är korrekt dimensionerad så kan detta komma att leda till att extern påverkan på lång sikt gör att effekten hos täckningen försämras. Sådan försämring kan bestå i rotnedträngning, uttorkning, tjäle eller att materialet som används förlorar sin effektivitet som syrespärr över tid eller att vattenlås eller tätning mot berg försämras över tid. Riskerna kan hanteras genom design av täckningen varför en tillräcklig skyddstäckning samt en korrekt dimensionerad tätskiktstjocklek som tar hänsyn till framtida klimatförändringar leder till att BAT uppfylls.

Dimensionering för att motverka eventuell försämring över tid skall därför genomföras i samband med projektering för att BAT skall gälla för täckning på plats och utförs i huvudsak genom att anlägga en tillräcklig skyddstäckning ovanpå tätskiktet. Genom denna åtgärd bedöms således BAT i den anda som referensdokumentet föreskriver även uppfyllas under lång sikt. Täckningar motsvarande den typ som planeras för sand- och gråbergsmagasinet tas upp och redovisas som BAT i det reviderade dokumentet (multilayered covers).

Att flytta allt gråberg till utbrutet dagbrott anses inte vara BAT då det skulle förbruka stora mängder diesel och andra råvaror till en ringa miljönytta.

¹ https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/jrc109657_mwei_bref_-_for_pubsy_online.pdf

13.0 EFTERBEHANDLINGENS UTFÖRANDE

Efterbehandlingen kommer att påbörjas redan då verksamheten är i full drift. Sand- och gråbergsmagasinet kommer att avslutas efter elva år varefter återfyllnad kommer att ske i det utbrutna dagbrottet 1–3. Detta innebär att sluttäckningen kan genomföras redan efter avslutad magasinering och att uppföljning av täckningens effektivitet kommer att ha utförts under nästan ett årtionde innan resterande del av verksamheten avslutas och efterbehandlas.

Efterbehandlingen av området kommer att ske genom entreprenörer med konventionella entreprenadmaskiner. Efterbehandlingsplanen kommer att ha delats upp i ett antal separata entreprenader som är tydligt avgränsade och med detaljerade specifikationer för hur åtgärden skall utföras och hur den skall avslutas.

Åtgärder föreslås utföras i följande ordning:

- Kvalificerad täckning på sand- och gråbergsmagasinet inklusive vegetering.
- Avslutad länshållning av dagbrott.
- Utslätning av dagbrottskanter där så erfordras.
- Demontering av byggnader.
- Undersökning av om föroreningar finns inom industriområdet.
- Åtgärd av föroreningar inom industriområdet (inkl. malmlager).
- Efterbehandling av industriområdet och vegetering.
- Då så inte längre krävs avslutas vattenrening och reningsanläggningarna demonteras. Sedimentationsbassänger grävs ur och läggs igen.

Områdets vägar föreslås bibehållas. Dessa är uppbyggda med rena bergmassor och morän. Det anses fördelaktigt att dessa finns kvar under den tid som verksamheten kontrolleras.

13.1 Kontroll av åtgärdernas genomförande

Ett efterbehandlingsprojekt skiljer sig i princip inte från andra anläggningsprojekt. Den kontrakterade entreprenören genomför sin egenkontroll för att dokumentera och säkerställa att arbetet utförs på ett korrekt sätt samt att uppställda kvalitetskrav uppnås. Dessutom anlitar beställaren en oberoende kontrollant för uppföljning av de planerade arbetena och dess resultat. Kostnaderna för genomförandekontrollen är inte inräknade i de enhetskostnader som redovisats för efterbehandlingsåtgärderna utan är redovisade som en separat post.

Arbetet kontrolleras av oberoende kontrollant och kontrollen föreslås bland annat bestå i:

- Kontroll av respektive skikt i den kvalificerade täckningen för att verifiera utlagda mängder.
- Kontroll av packningsgrad och vattengenomsläpplighet på utlagt tätskikt.
- Kontroll av lager med jordförbättrande material i ett rutnät på 25x25 m.
- Kontroll av vegetering vid sådd så att inga ytor förblir ovegeterade.
- Arbetet dokumenteras i skrift och i bild.

13.2 Funktionskontrollprogram

För att säkerställa att önskad funktion i ett långsiktigt perspektiv uppnåtts med efterbehandlingsåtgärderna, samt för att tidigt kunna detektera eventuella problem och vidta korrigering åtgärder om sådana skulle visa sig nödvändiga, utarbetas ett funktionskontrollprogram.

För att på bästa sätt förstå och utvärdera effekten av genomförda efterbehandlingsåtgärder är det viktigt att komma igång så snabbt som möjligt med kontrollen, helst redan under verksamhetens drift (vilket hanteras inom egenkontrollprogrammet under verksamhetsperioden) men i varje fall innan verksamheten upphör.

För efterbehandlad verksamhet föreslås följande funktionskontroll:

- Visuella inspektioner (erosion, vegetering, sättningar etc.).
- Provtagning av eventuellt dränagevatten från sand- och gråbergsmagasinet (kvalitet) 3 gånger per år under minst 10 år för att kontrollera och verifiera att inga föroreningar förekommer i någon oacceptabel omfattning i dränagevattnet.
- Provtagning av ytvatten i eventuell dagbrottsjö (kvalitet) 3 gånger per år under minst 10 år för att kontrollera och verifiera att inga föroreningar förekommer i någon oacceptabel omfattning i dränagevattnet. Om detta skulle förekomma har medel för kalkning av dagbrottssjö fonderats (se kostnadskalkyl Tabell 4).
- Provtagning av grundvatten i morän uppströms och nedströms efterbehandlat sand- och gråbergsmagasin samt provtagning av ytvatten och nedströms grundvatten i dagbrottssjö.
- Funktionskontroll av kvalificerad täckning mm 2 gånger per år under minst 10 år och därefter 1 gång per år under 20 år.
 - Funktionskontroll kan vara mätning och utvärdering av parametrar (vattenhalt i tätskikt, vattenhalt i anrikningssand under täckningen är tänkbara parametrar mm) för att bedöma den kvalificerade täckningens effektivitet som syrespärr.
- Utvärdering av resultat med en bedömning av åtgärdernas funktion.

13.2.1 Kostnader för funktionskontrollprogram

Funktionskontrollen förutsätts fortgå i upp till 30 år, men med tanke på att den efterbehandlade verksamheten bedöms komma att ha begränsade miljökonsekvenser bedöms kostnaden för funktionskontrollen efter 10 år kunna minskas betydligt. Kostnaden för funktionskontrollprogrammet bedöms ligga på ca 1 000 000 kr/år under de första 10 åren (2 provtagningar per år av vattenkvalitet och andra parametrar samt sammanställning) för att sedan sjunka till ca 500 000 kr/år (1 provtagning per år av vattenkvalitet och andra parametrar samt sammanställning). Totala kostnaden för programmet uppskattas till ca 15 MSEK.

13.2.2 Korrigering åtgärder

Det har hittills alltid visat sig att mindre korrigering åtgärder behöver genomföras vid i princip alla efterbehandlingsobjekt. Det kan röra sig om kompletterande åtgärder för att främja vegetation, erosionsstabiliserande åtgärder, justering av diken, utskov eller eventuellt ytterligare utredningar och uppföljning. Det bedöms att motsvarande ca 10 % av den beräknade totala kostnaden bör reserveras för detta ändamål. Detta betyder att 12,3 MSEK tillkommer i efterbehandlingskostnad.

14.0 KOSTNADSKALKYL

Utifrån generella enhetspriser inhämtade via andra efterbehandlingsplaner och utförda efterbehandlingar (exempelvis efterbehandlingen av Svärträskgruvan, Västerbotten) samt förfrågningar om kostnader så har nuvärdeskalkyl avseende efterbehandlingskostnaden tagits fram. Denna redovisas i Tabell 4. Denna innehåller kostnad för kvalificerad täckning av hela det återfyllda dagbrott 1–3 samt 10 m utanför dagbrottens kant för att få en fullgod förslutning.

Tabell 4: Sammanställning av kalkyl för efterbehandlingsåtgärder.

Sammanställd kalkyl för kostnad av åtgärd							
Åtgärdsomfattning	Enhetskostnad		Enheter		Kostnader		Kommentar
Dagbrott							
Moränvall kring dagbrottskant	30	kr/m³	12 800	m³	384 000	kr	Vall, 2 m hög, 1 m krön med släntlutning 1:2,5 anläggs rund dagbrottskant (5 m³/m)
Vegetering	25 000	kr/ha	3,0	ha	75 000	kr	Vegetering
Kvalificerad täckning av anrikningssand och gråberg återfyllt i dagbrott 1-3 inklusive 10 m utanför dagbrott	350	kr/m²	68 267	m²	23 893 450		
Sand- och gråbergsupplag							
Moräntäckning, kvalificerad	3 500 000	kr/ha	7,5	ha	26 250 000	kr	Bentonitiblandad morän (packad mäktighet 0,5 m) samt skyddsskikt (1,5 m)
Vegetering	25 000	kr/ha	7,5	ha	187 500	kr	
Malmlager							
Avbaning 1 m och återfyllning i dagbrott	20	kr/m³	4,4	ha	880 000	kr	
Vegetering	14	kr/m³	4,4	ha	616 000	kr	
Moränupplag							
Utjämning av kvarvarande morän	30 000	kr/ha	5,3	ha	159 000	kr	
Vegetering	25 000	kr/ha	5,3	ha	132 500	kr	
Bassänger							
Återfyllning av dammar (antaget djup 2 m) med morän	270 000	kr/ha	4,76	ha	1 285 200	kr	Rensade innan igenfyllning
Vegetering	25 000	kr/ha	4,76	ha	119 000	kr	
Diken							

Sammanställd kalkyl för kostnad av åtgärd						
Rensning av dike för förorenat vatten 0,2 m. Återfyllning i dagbrott	27	kr/m ³	2,49	ha	134 460	kr
Återfyllning av rensat dike	27	kr/m ³	2,49	ha	411 520	kr
Återfyllning av renvattendike	27	kr/m ³	1,13	ha	186 754	kr
Interna transportvägar						
Bortgrävning av transportväg mellan dagbrott och industriområde	20	kr/m ³	8,47	ha	1 694 000	kr
Markberedning, lastning och utläggning av morän 0,2 m och vegetering	11	kr/m ²	8,47	ha	931 700	kr
Bortgrävning av transportväg mellan dagbrott och industriområde	20	kr/m ³	2,55	ha	510 000	kr
Markberedning, lastning och utläggning av morän 0,2 m och vegetering	11	kr/m ²	2,55	ha	280 500	kr
Industriområde						
Demontering av byggnader	275	kr/m ³	105 840	m ³	29 106 000	
Markberedning, lastning, transport och utläggning av morän 0,2 m	11	kr/m ²	3,3	ha	363 000	kr
Vegetering	25 000	kr/ha	3,3	ha	82 500	kr
Pumpledningar						
Tömning och pluggning av ledning till recipient					500 000	kr
Borttagande av utsläppsanordning					1 000 000	kr
Vattenrening						
Kalkning i dagbrott (5 gånger)	2	kr/m ³	9 000 000	m ³	18 000 000	kr
Gemensamma kostnader						
Funktionskontroll år 1-10					10 000 000,00	kr
Funktionskontroll år 11-30					5 000 000,00	kr

Sammanställd kalkyl för kostnad av åtgärd							
Korrigerande åtgärder					12 387 270	kr	10 % av totalkostnad för utförande
Total beräknad kostnad för föreslagen efterbehandling					122 182 084	kr	

15.0 REFERENSER

Bergskraft Bergslagen AB, 2019. Assessment of the future leachate quality from waste rock at Nunasvaara South.

Younger P.L. Banwart S.A. Hedin R.S. 2002. Mine Water – Hydrology, Pollution, Remediation. Pp. 442. ISBN: 978-1-4020-0137-6. Springer Netherlands.

Signatur sida

Golder Associates AB



Erik Karlsson



Henning Holmström

i:\projekt\2018\1898018 talga nunasvaara mkb\8.rapporter\ebh\rapport efterbehandlingsplan talga nunasvaara 200328.docx

BILAGA A

Uppfyllande av BAT/BREF

TEKNISKT PM**DATUM:** 2020-03-24**Uppdragsnummer** 1898018**TILL:** Talga Graphene AB**KOPIA:****FRÅN:** Erik Karlsson**E-POST:** erik_karlsson@golder.se**UPPFYLLELSE AV BREF****Bakgrund**

Som bilaga till efterbehandlingsplanen har Golder Associates AB (Golder) på uppdrag av Talga Resources Ltd. (Talga) utvärderat det referensdokument avseende BAT (Best Available Techniques) för gruvverksamhet finns framtaget inom EU¹.

Resultatet är sammanställt som en tabell där referensdokumentets principer för BREF/BAT sammanfattats och en bedömning genomförts om Talga kommer att uppfylla denna princip. Även de principer som ej uppfylls är inkluderade för att klargöra att detta är till stor del ej tillämpbara BAT/BREF-principer.

Sammanställning

Generellt så uppfylls de punkter som berör verksamhetssystem, hantering av utvinningsavfall, efterbehandlingsmetoder och vattenhantering/-rening. Detta utgör en stor del av den framtagna checklistan. De principer som inte uppfylls är i princip de som inte är berörda av den planerade verksamheten, endera på grund av att metoden inte är tillämpbar eller för att projektet fortfarande är i ett tidigt skede och uppdatering av verksamheten kan komma att ske. För respektive punkt som anses vara uppfylld har en kortare kommentar lagts till.

¹ https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/jrc109657_mwei_bref_-_for_public_online.pdf

Tabell 1: Sammanställning av principer från BREF-dokumentet.

Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC					
GENERIC BAT CONCLUSIONS (5.2, p.490)					
Corporate management (5.2.1, p. 490)					
BAT 1	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to improve the overall environmental performance of the extractive waste management operators, BAT is to use the following techniques:	a) Organisational and Corporate Management system (O&CMS)	<u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To review and adapt the O&CMS based on the observed environmental performance findings over time. <u>Closure and after closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards	Generally applicable to all organisations. The level of detail and nature of the O&CMS are adapted to the site-specific conditions, including the technical characteristics of the Extractive Waste Facility (EWf), its geographical location and the local environmental conditions, to the size of the organisation and to the type of operation.	Management system should already be in place; must be adhered to also the closure phase This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.1.1.1 and 4.1.1.2	Uppfyllda alternativt kommer att uppfyllas av Talga (beige skuggad ruta)
	b) Environmental Management System (EMS)	<u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To review and adapt the EMS based on the observed environmental performance findings over time. <u>Closure and after closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Generally applicable to all organisations. The level of detail and nature of the EMS (e.g. standardised or non-standardised) are adapted to the site-specific conditions, including the technical characteristics of the EWF, its geographical location and the local environmental conditions, to the size of the organisation and to the type of operation.	Management system should already be in place; must be adhered to also the closure phase	X – Talga kommer att ta fram ett miljöledningssystem
Information and data management (5.2.2, p. 492)					
Extractive waste characterisation (5.2.2.1 BAT 2 - 3)					
BAT 2	Technique	Description	Applicability	Notes	

In order to support the identification of potential environmental risks and impacts associated with the extractive waste characteristics, BAT is to use the following technique:	Initial extractive waste characterisation	<u>Planning and design phase</u>	Generally applicable.	This BAT conclusion is based on information given in Section 4.1.2.1.1 Must be done early in the project but has bearing on the closure phase too.	X – Talga har genomfört en inledande karakterisering av utvinningsavfallen
BAT 3	Technique	Description	Applicability	Notes	
BAT is to review and verify the extractive waste characteristics as follows:	Review and verification of the extractive waste characteristics	<u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement the plan for the review and verification of the extractive waste characteristics, while applying management systems (see BAT 1). The plan, including selected parameters and frequencies, is adapted based on the necessary design objectives (see BAT 22 for example) and the Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). This may imply adding/removing parameters and/or increasing/decreasing frequencies. <u>Closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase.	Generally applicable.	This BAT conclusion is based on information given in Section 4.1.2.1.2	X – under löpande verksamhet kommer Talga att verifiera den inledande karakteriseringen
Extractive waste site and management options (5.2.2.2, p. 494)					
BAT 4	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to support the identification of potential environmental risks and impacts associated with the extractive waste site and extractive waste management options, BAT is to use all of the following techniques:	a) Identification of extractive waste site options	<u>Planning and design phase</u> To identify distinct site options based on a preliminary characterization of the sites and the extractive waste (see BAT 2) considering the whole life cycle of the extractive waste management and using the information from all relevant expert studies covering safety aspects, geotechnical aspects, environmental aspects, local conditions and preliminarily identified potential impacts.	Generally applicable. The level of detail and nature of the identification of extractive waste site options are adapted to the site-specific conditions, including the technical characteristics of the EWF, its geographical location and the local environmental conditions.	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.1.2.2.1 and 4.1.2.2.2	X – Talga har utfört en designstudie för att välja det mest fördelaktiga alternativet för hantering av utvinningsavfall

	b) Identification of extractive waste handling/ transport, treatment and deposition options	<u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To review the extractive waste mass balance based on data recorded over time (see BAT 12.a). <u>Closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase.	Generally applicable. The level of detail and nature of the identification of extractive waste handling, treatment and deposition options are adapted to the site-specific conditions, including the technical characteristics of the EWF, its geographical location and the local environmental conditions.		X- hantering av utvinningsavfall avseende hantering, transport och deponering har utretts av Talga
Environmental Risk and Impact Evaluation (5.2.2.3, p.496)					
BAT 5	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to determine the potential environmental risks and impacts brought about as a result of the management of extractive waste, BAT is to use all of the following techniques:	a) Hazards and risk elements identification	<u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To review the hazards and risk elements identification in the case of changes influencing the management of extractive waste (see management of changes in BAT 1), based on findings from the monitoring of the following: - extractive waste characteristics (see BAT 3); - physical stability of the extractive waste and extractive waste deposition area (including the EWF) (see BAT 23); - emissions to soil and groundwater (see BAT 40); - emissions to surface water (see BAT 48); - emissions to air (see BAT 52); - other parameters considered relevant for the hazards and risk elements identification. <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Generally applicable. The level of detail and nature of the hazards and risk elements identification are adapted to the site-specific conditions, including the technical characteristics of the EWF, its geographical location and the local environmental conditions.	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.1.2.3.1 and 4.1.2.3.2	X – förekommande risker har hanterats i den initiala designfasen. Planer för hantering av läckage samt bedömning av vattenkvaliteter finns framtagna

	b) Environmental Risk and Impact Evaluation	<u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To review the Environmental Risk and Impact Evaluation in the case of changes influencing the management of extractive waste (see management of changes in BAT 1), based on findings from the monitoring of the following: - extractive waste characteristics (see BAT 3); - physical stability of the extractive waste and extractive waste deposition area (including the EWF) (see BAT 23); - emissions to soil and groundwater (see BAT 40); - emissions to surface water (see BAT 48); - emissions to air (see BAT 52); - other parameters considered relevant for the Environmental Risk and Impact Evaluation. <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Generally applicable. The level of detail and nature of the Environmental Risk and Impact Evaluation are adapted to the site-specific conditions, including the technical characteristics of the EWF, its geographical location and the local environmental conditions.		X – en riskbedömning finns framtagen i den MKB som arbetats fram
Waste hierarchy (5.2.3, p.498)					
Prevention of solid extractive waste generation (5.2.3.1)					
BAT 6	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to prevent the generation of solid extractive waste, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	b) Placing extractive materials that in principle qualify as by-products/products back into excavation voids (point a does not apply to closure phase)	<u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement the technique. <u>Closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase.	Generally applicable as far as it is technically and economically feasible and environmentally sound.	Technique a) => descriptions only for planning and operational phases This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.1.3.1.1, 4.1.3.1.2 and 4.1.3.1.3	X – Talga avser att deponera alla utvinningsavfall producerade efter år 11 i de slutbrutna dagbrotten med kvalificerad täckning av deponerade massor samt 10 m ut åt sidorna från dagbrotten mot omgivande berg.

	c) Using extractive materials that in principle qualify as by-products/products for internal or external purposes	<u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement the technique. <u>Closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase.	Generally applicable as far as it is technically and economically feasible and environmentally sound.		
5.2.3.2 Reduction of non-inert extractive waste and hazardous extractive waste generation, p. 499 => BAT 7 => techniques only for planning and operational phases					
5.2.3.3 Reduction of extractive waste volumes to be deposited, p. 500 => BAT 8 and BAT 9 => apply to oil and gas exploration and production					
5.2.3.4 Recovery of extractive waste (5.2.3.4, p.502)					
BAT 10	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to encourage the re-use and recycling of solid extractive waste, BAT is to use the following technique:	Re-processing of extractive waste	<i>Relevant for solid extractive waste containing valuable resources that can be re-used or recycled</i> To re-process extractive waste in order to recover valuable resources	Applicable as far it is technically and economically feasible and environmentally sound. The applicability depends on the characteristics and quantity of extractive waste (see BAT 2).	This BAT conclusion is based on information given in Section 4.1.3.3.3	
RISK-SPECIFIC BAT CONCLUSIONS TO ENSURE SAFETY (5.3, P. 503)					
Structural stability of the extractive waste deposition area (5.3.1) Short-term and long-term structural stability (5.3.1.1) Design for closure (5.3.1.1.1)					
BAT 11	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to help ensure the short-term and long-term structural stability of the extractive waste deposition area (including the EWF), BAT is to use the following technique:	Design for closure	<i>Relevant for ponds, dams and heaps (permanent and temporary)</i> <u>Planning and design phase</u> To apply a design for closure and after-closure approach by including an initial closure and after-closure planning of the extractive waste deposition area (including the EWF) that may contain the following: - a preliminary identification of the covering techniques(see BAT 38); - a preliminary identification of the techniques to prevent and control water and wind erosion (see BAT 21 and BAT 49);	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	Information given in Section 4.2.1.1.1	X – Det kombinerade sand- och gråbergsmagasinet byggs ut allt eftersom till sin slutliga utformning. Preliminär täckningsdesign är framtagen och

		- an assessment of costs related to the proposed and alternative closure strategies including a cost benefit analysis; - an Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5); - a specific indication of the closure process to be followed, specifying if the rehabilitation will be progressively carried out during the operation phase or when progressive rehabilitation is not possible, it will be entirely carried out in the closure phase; in the latter case, the initial closure and after-closure planning explicitly states if a dry or wet cover will be implemented and provides details on the final landform and surface rehabilitation; - a design of the EWF that takes into consideration possible premature closure; - long-term stability analysis (see BAT 22); - a proposal for the control and monitoring procedures to be carried out during the after-closure phase (see BAT 3,BAT 23, BAT 40, BAT 48 and BAT 52). If possible, the closure and after-closure planning of the extractive waste deposition area (including the EWF) is integrated into the periodic extraction plans.			stabila släntlutningar planerade samt vegetering. Efterbehandling av magasinet påbörjas redan är 11 och kan därför sägas vara successiv. Fortsatt deponering sker i utbrutna dagbrott under den framtida vattenspegeln för att förhindra vittring. Planer för landskapsanpassning finns men kommer att successivt utökas då anläggningar faktiskt anlagts och ett bättre kunskapsläge finns. Utvinningsavfallsanläggningarna kan efterbehandlas i varje skede även om en viss utsläntning kan krävas i de tidigare byggskedena. Efterbehandlingsplanen kommer att uppdateras löpande allt eftersom verksamheten fortskrider. Avfallshanteringsplanen uppdateras vart 5:e år eller då mer betydande förändringar av verksamheten eller efterbehandlingsplanen sker.
--	--	--	--	--	---

		<u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To review the closure and after-closure planning by updating the design assumptions, in particular when progressive rehabilitation is carried out during operation (see BAT 38.a). <u>Closure and after-closure phase</u> To review the closure and after-closure planning by updating the design assumptions and by providing the final closure plan.			
Additional Organisational and Corporate Management tools (5.3.1.1.2, p. 504)					
BAT 12	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to help ensure the short-term and long-term structural stability of the extractive waste deposition area (including the EWF), BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Quality Assurance and Quality Control (QA/QC) system (1) (1) Information, including reports, collected and documented for other purposes may be re-used to this end.	<u>Closure and after-closure phase</u> To implement the QA/QC system by documenting the following information: • "as-built" documentation and adjustments of the closure plan highlighting the long-term closure objectives including physical, chemical and biological stability and subsequent land use; specific closure issues for: • heaps; • ponds, including: - water covered ponds; - dewatered ponds; - water management facilities.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	Information given in Sections 4.2.1.2.1, 4.2.1.2.2, 4.2.1.2.3 and 4.2.1.2.4	X – kvalitetskontroll på utförande av efterbehandlingen är planerad. Exempel på kriterier att kvalitetssäkra finns i den konceptuella efterbehandlingsplanen och kommer att specificeras när den slutliga efterbehandlingsplanen arbetats fram.
	b) Management of changes	<u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To adhere to a Management of Changes system, which defines the procedures to follow when any changes in the design/construction/personnel occur and includes the systematic documentation of these changes (see BAT 1 and BAT 12.a). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).		X – hantering av ändringar kommer att dokumenteras i Talgas projektlednings-system

	c) Operation, Supervision and Maintenance (OSM) manual for dams	<i>Relevant for ponds with dams where free water has to be properly managed</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To maintain and review the OSM manual.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).		X – bassänger för vatten kommer att hanteras i ett ledningssystem (övervakning och kontroll)
	d) Mitigation of accident procedures including emergency planning	<i>Relevant for ponds, dams and heaps (permanent and temporary) and for excavation voids where extractive waste is placed back</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To maintain and review the documentation.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).		X – kommer att hanteras av ett ledningssystem
Extractive waste deposition on surface areas (including the EWFs) (5.3.1.1.3, p. 506) Ground investigation (5.3.1.1.3.1) => BAT 13 => techniques only for planning and operational phases Dam construction materials selection (5.3.1.1.3.2) => BAT 14 => techniques only for planning and operational phases					
Construction methods for dams and heaps (5.3.1.1.3.3, p. 507) Dam/embankment construction methods (5.3.1.1.3.3.1)					
BAT 15	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to help ensure the short-term and long-term structural stability of the pond-type extractive waste deposition area (including the EWF), intended for water and solids retention by means of a dam, BAT is to use the following techniques:	a) Water and solids retention dam construction method	<i>Relevant for water and solids retention dams</i> <i>Relevant for non-inert extractive waste including PAG extractive waste</i> <u>Closure and after-closure phase</u> In the closure phase, to monitor and maintain the water and solids retention dam, while applying management systems and implementing the design for closure (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). In the after-closure phase, to monitor and maintain the water and solids retention dam, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 11, BAT 13, BAT 14, BAT 19, BAT 20, BAT 21 and BAT 22. Applicable when: - a pond is required for the storage of water and extractive waste during the whole life cycle; or - retention of water is needed over an extended period; or - the site is in a remote and inaccessible location; or - the natural inflow into the pond is large or subject to high variations and water storage is needed for its control.	Information given in Sections 4.2.1.3.3.1.1.1 and 4.2.1.3.3.1.3.3	X – vattenhållande bassänger kommer att kontrolleras och underhållas så länge som är nödvändigt in i efterbehandlingsfasen innan de kan tömmas och rivas ut.

	b) Basal structure	<i>Relevant for ponds and dams</i> <i>Relevant for non-inert extractive waste</i> <u>Closure and after-closure phase</u> In the closure phase, to monitor the basal structure, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). In the after-closure phase, to monitor the basal structure, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 13, BAT 14 and BAT 22. Only applicable to new extractive waste deposition areas (including EWFs) or extensions of existing extractive waste deposition areas (including EWFs) that will cover new land surface.		X – grundläggning kommer att kontrolleras vid anläggande av dammar.
BAT 16	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to help ensure the short-term and long-term structural stability of the pond-type extractive waste deposition area (including the EWF), intended for total solids and partial water retention by means of a dam, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Starter dam for total solids retention and partial water retention dam construction method	<i>Relevant for total solids retention and partial water retention dams</i> <i>Relevant for inert and non-inert extractive waste</i> <u>Closure and after-closure phase</u> In the closure phase, to monitor and maintain the final dam structure comprised of the starter dam and raised embankments, while applying management systems and implementing the design for closure (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). In the after-closure phase, to monitor and maintain the final dam structure comprised of the starter dam and raised embankments, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 11, BAT 13, BAT 14, BAT 19, BAT 20, BAT 21 and BAT 22.	information given in Sections 4.2.1.3.3.1.1.2, 4.2.1.3.3.1.2.1, 4.2.1.3.3.1.2.2, 4.2.1.3.3.1.2.3, 4.2.1.3.3.1.3.1 and 4.2.1.3.3.1.3.2	
	b) Upstream raising method	<i>Relevant for slurried extractive waste retention dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> In the closure phase, to monitor and maintain the final dam structure comprised of the starter dam and raised embankments built with an upstream method, while applying management systems the design for closure (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). In the after-closure phase, to monitor and maintain the final dam structure comprised of the starter dam and raised embankments built with an upstream method, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 11, BAT 13, BAT 14, BAT 19, BAT 20, BAT 21 and BAT 22. Not applicable when: - the slightest risk of liquefaction has been identified after seismic evaluation of (small and large(1)) dams according to ICOLD Bulletin 139 and to ICOLD Bulletin 148 (referred to in BAT 22.a), applied equally to all kinds of upstream dams; or - permanent free water storage is		

			necessary; or - the dam is not rigorously designed using modern engineering principles to ensure that the embankments are adequately drained and the phreatic surface is controlled.		
	c) Downstream raising method	<i>Relevant for slurried extractive waste retention dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> In the closure phase, to monitor and maintain the final dam structure comprised of the starter dam and raised embankments built with a downstream method, while applying management systems and implementing the design for closure (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). In the after-closure phase, to monitor and maintain the final dam structure comprised of the starter dam and raised embankments built with a downstream method, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 11, BAT 13, BAT 14, BAT 19, BAT 20, BAT 21 and BAT 22. Not applicable when the dam is not rigorously designed using modern engineering principles to ensure that the embankments are adequately drained and the phreatic surface is controlled. Not applicable when insufficient amounts of dam construction material are available.		X – även om anrikningsand avvattnas och deponeras torrt så kommer anläggningen att byggas genom att gråberget som används som vall för att innesluta anrikningssanden byggs med nedströmsmetoden

	d) Centreline raising method	<i>Relevant for slurried extractive waste retention dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> In the closure phase, to monitor and maintain the final dam structure comprised of the starter dam and raised embankments built with a centreline method, while applying management systems and implementing the design for closure (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). In the after-closure phase, to monitor and maintain the final dam structure comprised of the starter dam and raised embankments built with a centreline method, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 11, BAT 13, BAT 14, BAT 19, BAT 20, BAT 21 and BAT 22. Not applicable when: - the slightest risk of liquefaction has been identified after seismic evaluation of (small and large⁽¹⁾) dams according to ICOLD Bulletin 139 and to ICOLD Bulletin 148 (referred to in BAT 22.a), applied equally to all kinds of centreline dams; or - construction materials with high plasticity are used; or - the water storage is permanent; or - the dam is not rigorously designed using modern engineering principles to ensure that the embankments are adequately drained and the phreatic surface is controlled. Temporary flood storage is acceptable with proper design.	¹⁾ According to (ICOLD 2016), a large dam is one more than 15 m high or one between 10 m and 15 m high satisfying one of the following criteria: a) more than 500 m long; b) reservoir capacity exceeding 1 million m³; c) spillway capacity exceeding 2 000 m³/s.	
--	------------------------------	--	---	--	--

	e) Composite basal structure system	<i>Relevant for ponds and dams</i> <i>Relevant for non-inert extractive waste</i> <u>Planning and design phase</u> To include in the integrated design an impermeable basal structure (see BAT 35.a and BAT 35.b), in combination with a proper drainage system (see BAT 21.a), designed based, among others, on the hydraulic conductivity of the basal structure, the extractive waste characteristics (see BAT 2), the water balance (see BAT 18) and based on the design criteria resulting from BAT 14 and BAT 22. <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To construct the composite basal structure system and to monitor and maintain it, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> In the closure phase, to monitor the composite basal structure system, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). In the after-closure phase, to monitor the composite basal structure system, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 11, BAT 13, BAT 14, BAT 19, BAT 20, BAT 21 and BAT 22. Only applicable to new extractive waste deposition areas (including EWFs) or extensions of existing extractive waste deposition areas (including EWFs) that will cover new land surface.		X – en tät botten (morän med inblandning av bentonit) kommer att anläggas för att minimera risken för läckage av förorenat lakvatten. Ett uppsamlingssystem för eventuella läckage finns dessutom under den täta botten.
	f) Low-permeability natural soil basal structure	<i>Relevant for ponds and dams</i> <i>Relevant for inert extractive waste</i> <u>Planning and design phase</u> To include in the integrated design a low-permeability natural soil layer as basal structure and to allow partial seepage through the basal structure. If the ground hydraulic conductivity cannot ensure proper drainage at all times, which could possibly lead to structural instability, to include in the design an additional drainage system (see BAT 21.a) based, among others, on the hydraulic conductivity of the basal structure, the extractive waste characteristics (see BAT 2), the water balance (see BAT 18) and based on the design criteria resulting from BAT 14 and BAT 22. <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To construct the low-permeability natural soil basal structure and to monitor and maintain it, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 11, BAT 13, BAT 14, BAT 19, BAT 20, BAT 21 and BAT 22. Only applicable to inert extractive waste.		

		<u>Closure and after-closure phase</u> In the closure phase, to monitor the low-permeability natural soil basal structure, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). In the after-closure phase, to monitor the low-permeability natural soil basal structure, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.			
Heap construction methods (5.3.1.1.3.3.2, p. 512)					
BAT 17	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to help ensure the short-term and long-term structural stability of the heap-type extractive waste deposition area (including the EWF), BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Bottom-up construction method	<i>Relevant for heaps</i> <u>Closure and after-closure phase</u> In the closure phase, to monitor and maintain the final heap built with a bottom-up method, while applying management systems and implementing design for closure (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). In the after-closure phase, to monitor the final heap built with a bottom-up method, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable to non-inert extractive waste as a stand-alone solution (i.e. without a basal structure or leaching/ARD prevention measures/techniques).	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.2.1.3.3.2.1, 4.2.1.3.3.2.2, 4.2.1.3.3.2.3.1 and 4.2.1.3.3.2.3.2	
	b) Top-down construction method	<i>Relevant for heaps</i> <u>Closure and after-closure phase</u> In the closure phase, to monitor and maintain the final heap built with a top-down method, while applying management systems and implementing design for closure (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). In the after-closure phase, to monitor the final heap built with a top-down method, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable to non-inert extractive waste as a stand-alone solution (i.e. without a basal structure or leaching/ARD prevention measures/techniques).		

	c) Composite basal structure system	<i>Relevant for heaps</i> <i>Relevant for non-inert extractive waste</i> <u>Planning and design phase</u> To include in the integrated design an impermeable basal structure (see BAT 35.a and BAT 35.b), in combination with a proper drainage system (see BAT 21.b), designed based, among others, on the hydraulic conductivity of the basal structure, the extractive waste characteristics (see BAT 2), the water balance (see BAT 18) and based on the design criteria resulting from BAT 22. <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To construct the composite basal structure system and to monitor and maintain it, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> In the closure phase, to monitor the composite basal structure system, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). In the after-closure phase, to monitor the composite basal structure system, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 11, BAT 13, BAT 21 and BAT 22. Only applicable to new deposition areas (including EWFs) or extensions of existing extractive waste deposition areas (including EWFs) that will cover new land surface.		X – tät botten kommer att anläggas under sand- och gråbergsmagasinet inklusive ett uppsamlingssystem för lakvatten.
--	-------------------------------------	--	---	--	--

	d) Low-permeability natural soil basal structure	<i>Relevant for heaps</i> <i>Relevant for inert extractive waste</i> <u>Planning and design phase</u> To include in the integrated design a low-permeability soil layer as basal structure and to allow partial seepage through the basal structure. If the ground hydraulic conductivity cannot ensure proper drainage at all times, which could possibly lead to structural instability, to include in the design an additional drainage system (see BAT 21.b) based, among others, on the hydraulic conductivity of the basal structure, the extractive waste characteristics (see BAT 2), the water balance (see BAT 18) and based on the design criteria resulting from BAT 22. <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To construct the low-permeability natural soil basal structure and to monitor and maintain it, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> In the closure phase, to monitor the low-permeability natural soil basal structure, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). In the after-closure phase, to monitor the low-permeability natural soil basal structure, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 11, BAT 13, BAT 21 and BAT 22. Only applicable to inert extractive waste.		
Water-related structures (5.3.1.1.3.4, p. 514) Water balance analysis (5.3.1.1.3.4.1)					
BAT 18	Technique	Description	Applicability	Notes	

In order to help ensure the short-term and long-term structural stability of the extractive waste deposition area (including the EWF), BAT is to use all of the following techniques:	a) Water balance analysis	<i>Relevant for ponds, dams and heaps</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To review the detailed water balance analysis based on the monitoring findings. <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.2.1.3.4.1 and 4.2.1.3.4.2	X - vattenbalans finns framtagen för processvattensystemet liksom för hela verksamheten inkluderande avledning och uppsamling av lakvatten vid sand- och gråbergsmagasinet.
	b) Water management plan	<i>Relevant for all ponds, dams and heaps</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement and review the water management plan. <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).		X – en vattenhanteringsplan finns framtagen som successivt kommer att uppdateras då mer information finns tillgänglig.
Design flood (5.3.1.1.3.4.2, p. 516)					
BAT 19	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to help ensure the short-term and long-term structural stability of the extractive waste deposition area (including the EWF), BAT is to use the following technique:	Design flood evaluation	<i>Relevant for ponds with dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To monitor and verify the design flood evaluation. To ensure that the EWF continues to meet all flood design criteria (see BAT 11, BAT 12, BAT 14 and BAT 22).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 14, BAT 18, BAT 20 and BAT 22.	This BAT conclusion is based on information given in Section 4.2.1.3.4.3	X – finns framtagen för vattenhållande strukturer
5.3.1.1.3.4.3 Free water management (5.3.1.1.3.4.3, p. 517)					

BAT 20	Technique	Description	Applicability	Notes	
	Removal of free water				
In order to help ensure the short-term and long-term structural stability of the extractive waste deposition area (including the EWF), BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Vertical decant tower	<i>Relevant for ponds with dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To monitor and verify the design flood evaluation. To ensure that the EWF continues to meet all flood design criteria (see BAT 11, BAT 12, BAT 14 and BAT 22).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 14, BAT 18, BAT 19 and BAT 22. Generally applicable: - in climates without major precipitation-free periods with a positive water balance; or - for paddock-style ponds. Only applicable if continuously surrounded by water.	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.2.1.3.4.4 and 4.2.1.3.4.5	
	b) Decant well	<i>Relevant for ponds with dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To monitor and verify the design flood evaluation. To ensure that the EWF continues to meet all flood design criteria (see BAT 11, BAT 12, BAT 14 and BAT 22).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 14, BAT 18, BAT 19 and BAT 22. Generally applicable: - in climates with major precipitation-free periods with a negative water balance; or - for paddock-style ponds; or - if a high operating freeboard is maintained.		
	c) Decant chute or inclined decant	<i>Relevant for ponds with dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To monitor and verify the design flood evaluation. To ensure that the EWF continues to meet all flood design criteria (see BAT 11, BAT 12, BAT 14 and BAT 22).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 14, BAT 18, BAT 19 and BAT 22. Generally applicable to manage free water in a pond.		

	d) Floating decant system	<i>Relevant for ponds with dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To monitor and verify that embankments are adequately drained and the phreatic surface is controlled.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 14, BAT 18, BAT 19 and BAT 22. Not applicable in the case of small ponds.		
	e) Lowering the phreatic surface at closure and after-closure	<i>Relevant for ponds with dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To permanently lower the phreatic surface during the entire closure phase and for the long term in the case of dewatered ponds, by using modern engineering principles to ensure that the embankments are adequately drained and the phreatic surface is controlled.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 14, BAT 18, BAT 19 and BAT 22.		
	Beach				
	f) Minimum beach length	<i>Relevant for ponds with dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To monitor and verify that embankments are adequately drained and the phreatic surface is controlled.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 14, BAT 18, BAT 19, BAT 21 and BAT 22. Not applicable for dry stacking.		
	Freeboard				
	g) Freeboard	<i>Relevant for ponds with dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To monitor and verify that embankments are adequately drained and the phreatic surface is controlled.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 14, BAT 18, BAT 19, BAT 21 and BAT 22.		
	Emergency discharge				
	h) Large-dimension pipes	<i>Relevant for ponds with dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To monitor and verify the design flood evaluation. To ensure that the EWF continues to meet all flood design criteria (see BAT 11, BAT 12, BAT 14 and BAT 22).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 14, BAT 18, BAT 19 and BAT 22.		

	k) Controlled overflows	<i>Relevant for ponds with dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To monitor and verify the design flood evaluation. To ensure that the EWF continues to meet all flood design criteria (see BAT 11, BAT 12, BAT 14 and BAT 22).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 14, BAT 18, BAT 19 and BAT 22.		
	j) A spillway or open channel in natural ground	<i>Relevant for ponds with dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To monitor and verify the design flood evaluation. To ensure that the EWF continues to meet all flood design criteria (see BAT 11, BAT 12, BAT 14 and BAT 22).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 14, BAT 18, BAT 19 and BAT 22. Not applicable to paddock-style ponds.		
	i) Alternative discharge	<i>Relevant for ponds with dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To monitor and verify the design flood evaluation. To ensure that the EWF continues to meet all flood design criteria (see BAT 11, BAT 12, BAT 14 and BAT 22).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 14, BAT 18, BAT 19 and BAT 22.		
	l) Second decant facilities	<i>Relevant for ponds with dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To monitor and verify the design flood evaluation. To ensure that the EWF continues to meet all flood design criteria (see BAT 11, BAT 12, BAT 14 and BAT 22).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 14, BAT 18, BAT 19 and BAT 22.		
Drainage systems (5.3.1.1.3.5, p. 521)					
BAT 21	Technique	Description	Applicability	Notes	

In order to help ensure the short-term and long-term structural stability of the extractive waste deposition area (including the EWF), BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Drainage systems for ponds and dams	<i>Relevant for ponds and dams</i> <u>Planning and design phase</u> To include in the design a proper drainage system to capture and collect the EWIW originating from a pond or dam in order to ensure the physical stability of the deposited extractive waste and prevent or reduce seepage to the ground. (examples given are omitted here) <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To construct drainage systems for ponds and dams and to monitor and maintain them, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards. To ensure that the EWF continues to meet all flood design criteria (see BAT 11, BAT 12, BAT 14 and BAT 22).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 18, BAT 22 and BAT 42.b.	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.2.1.3.5.1 and 4.2.1.3.5.2	
	b) Drainage systems for heaps	<i>Relevant for heaps</i> <u>Planning and design phase</u> To include in the design a proper drainage system to capture and collect the EWIW originating from a heap in order to ensure the physical stability of the deposited extractive waste and prevent seepage to the ground. (examples given are omitted here) <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To construct drainage systems for heaps and to monitor and maintain them, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 18, BAT 22 and BAT 42.b.		X – Uppsamlingsystem underliggande sand- och gråbergsmagasinet är planerad

		To ensure that the EWF continues to meet all design criteria (see BAT 11, BAT 12 and BAT 22).			
Geotechnical analysis and physical stability monitoring (5.3.1.1.3.6, p. 523) Geotechnical analysis of the extractive waste deposition area (including the EWF) (5.3.1.1.3.6.1)					
BAT 22	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to help ensure the short-term and long-term structural stability of the extractive waste deposition area (including the EWF), BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Geotechnical analysis of dams and ponds	<i>Relevant for ponds and dams</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To review the geotechnical analysis, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). The applicability of the observational method may be restricted in the case of failure modes that could develop very quickly, e.g. if a potential risk of static liquefaction of loose extractive waste exists.	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.2.1.3.6.1 and 4.2.1.3.6.2	
	b) Geotechnical analysis of heaps	<i>Relevant for heaps</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To review the geotechnical analysis, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). The applicability of the observational method may be restricted in the case of failure modes that could develop very quickly, e.g. if a potential risk of static liquefaction of loose extractive waste exists.		X – stabilitetsberäkning har utförts för sand- och gråbergsmagasinet
Monitoring of the physical stability of the extractive waste deposition area (including the EWF) (5.3.1.1.3.6.2)					
BAT 23	Technique	Description	Applicability	Notes	

BAT is to monitor the physical stability of the extractive waste deposition area (including the EWF) as follows:	Monitoring of the physical stability of the extractive waste deposition area (including the EWF)	<i>Relevant for ponds, dams and heaps and for excavation voids where extractive waste is placed back</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement the physical stability monitoring plan, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). The monitoring plan, including monitoring parameters and frequencies, is adapted based on the monitoring findings over time. This may imply adding/removing parameters and/or increasing/decreasing frequencies. To encourage the use of systems that provide real-time monitoring systems coupled to automatic warnings. <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	This BAT conclusion is based on information given in Section 4.2.1.3.6.3	X – instrumentering för att övervaka rörelser i sand- och gråbergsmagasinet är specificerad
BAT 24	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to support the monitoring of the physical stability of the extractive waste deposition area (including the EWF), BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Conformance checks (with or without third party)	<i>Relevant for ponds, dams and heaps and for excavation voids where extractive waste is placed back</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out conformance checks (with or without a third party), while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	This BAT conclusion is based on information given in Section 4.2.1.3.6.4	X – Utförandekontroll kommer att genomföras

	b) Internal audits	<i>Relevant for ponds, dams and heaps and for excavation voids where extractive waste is placed back</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out internal audits, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).		X – Internrevisorer kommer att genomföras
	c) External audits	<i>Relevant for ponds, dams and heaps and for excavation voids where extractive waste is placed back</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out the external auditing, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).		X – Externa revisorer kommer att genomföras
Extractive waste containment in underground extractive waste deposition areas (5.3.1.1.4, p. 529) Containment of extractive waste in underground extractive waste deposition areas (5.3.1.1.4.1) => BAT 25 applies to extractive waste from oil and gas exploration					
5.3.1.1.4.2 Monitoring of the fracture propagation and induced seismicity in the underground extractive waste deposition area => BAT 26 => techniques only for planning and operational phases					
5.3.2 Physical and chemical stability of extractive waste 5.3.2.1 Physical stability of extractive waste 5.3.2.1.1 Solid/liquid control of extractive waste => BAT 27 => techniques only for planning and operational phases					
Stabilisation of extractive waste for placing back into excavation voids (5.3.2.1.2, p. 532)					
BAT 28	Technique	Description	Applicability	Notes	

In order to help ensure the physical stability of extractive waste, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Preparing cemented coarse extractive waste to be placed back into excavation voids	<i>Relevant for extractive waste to be placed back into excavation voids</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out the preparation of cemented extractive waste to be placed back into excavation voids, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 2.	This BAT conclusion is based on information given in Section 4.2.2.1.2	
	b) Preparing extractive waste slurry (uncemented and cemented) to be hydraulically placed back into excavation voids	<i>Relevant for extractive waste to be placed back into excavation voids</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out the preparation of extractive waste slurry (uncemented and cemented) to be placed back into excavation voids, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 2. Not applicable when the extractive waste slurry has a high fines content and the particle shape is very flat. Not applicable if the local hydrogeology can oxidise the extractive waste that is placed back. Not applicable to drilling muds and other extractive wastes from oil and gas exploration and production.		
	c) Preparing paste extractive waste to be placed back into excavation voids	<i>Relevant for extractive waste to be placed back into excavation voids</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out the preparation of paste extractive waste to be placed back into excavation voids, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 2. Generally applicable when: - there is more than 15 % fine particles (< 20 µm, dry basis) in the tailings; or - the extractive waste has a high fines content; or - it is desirable to keep water out of the extraction site; or - it is costly to pump back the water recovered from the		

			extractive waste from mineral processing (i.e. over a large distance). Not applicable to drilling muds and other extractive wastes from oil and gas exploration and production.		
Compaction, consolidation and deposition of extractive waste (5.3.2.1.3, p. 534)					
BAT 29	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to help ensure the physical stability of extractive waste, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	Techniques a), b), d) and e) only for planning and operational phases			This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.2.2.1.4.1, 4.2.2.1.4.2, 4.2.2.1.4.3, 4.2.2.1.4.4 and 4.2.2.1.4.5	
	c) Placing extractive waste back into excavation voids	<i>Relevant for non-hazardous extractive waste</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out the placing back of extractive waste into excavation voids, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5) and as far as it is technically and economically feasible and environmentally sound. Not applicable to PAG extractive waste, unless deposited under water cover. Not applicable to partially oxidised extractive waste with residual ARD potential. Not applicable during operation if it inhibits the extraction activities.		
5.3.2.2 Chemical stability of extractive waste 5.3.2.2.1 Prevention or minimisation of pollutant leaching					

BAT 30	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to help ensure the chemical stability of extractive waste, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Reduction of extractive waste alkalinity	<i>Relevant for extractive waste with high alkalinity; particularly relevant for extractive waste from alumina refining (red muds)</i> <u>Planning and design phase</u> To include in the design the removal of alkaline substances/reagents from the extractive waste and resulting from the mineral processing. Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out the alkalinity reduction of extractive waste, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.2.2.2.1.1, 4.2.2.2.1.2, 4.2.2.2.1.3 and 4.2.2.2.1.4	
	b) Compaction, consolidation and deposition of extractive waste	<i>Relevant for non-inert extractive waste</i> See BAT 29			X – anrikningssand kommer att packas då det läggs ut på magasinet. Gråberg och anrikningssand kommer att packas då det återfylls i dagbrott.
	c) Progressive rehabilitation	<i>Relevant for non-inert extractive waste</i> See BAT 38.a			
	d) Temporary covers	<i>Relevant for non-inert extractive waste</i> See BAT 38.b			
Prevention or minimization of Acid Rock Drainage (ARD) (5.3.2.2.2, p. 537)					
BAT 31	Technique	Description	Applicability	Notes	

In order to help ensure the chemical stability of extractive waste, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) ARD management system	<i>Relevant for PAG extractive waste</i> To ensure that the O&CMS and the EMS (see BAT 1) duly take into account the ARD properties of the extractive waste.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.2.2.2.2.1, 4.2.2.2.2.2, 4.2.2.2.2.3, 4.2.2.2.2.4, 4.2.2.2.2.5.1, 4.2.2.2.2.5.2, 4.2.2.2.2.6, 4.2.2.2.2.7, 4.2.2.2.2.8.1 and 4.2.2.2.2.8.2	X – surt lakvatten, om det uppkommer, är förberett för omhändertagande från sand- och gråbergsmagasinet samt i dagbrott.
	b) Segregation of PAG and NAG extractive waste by sorting and selective handling/ deposition	<i>Relevant for PAG extractive waste</i> See BAT 7.b			
	Physico-chemical treatment techniques				
	c) Desulphurisation	<i>Relevant for PAG extractive waste</i> <u>Planning and design phase</u> To include in the design the partial or full separation of the PAG extractive waste fractions by froth flotation and separate handling before the final disposal into the extractive waste deposition area (including the EWF). <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out desulphurisation of extractive waste, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).		
	d) Blending with buffering materials	<i>Relevant for PAG extractive waste</i> <u>Planning and design phase</u> To include in the design the addition of buffering materials (such as limestone, cement-based and pozzolanic materials) to extractive waste from mineral processing and/or extractive waste from excavation. <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out blending of extractive waste with buffering materials, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Only applicable if the buffering materials are available on site, or close to the site, and preferably as part of the extractive waste generated. Usually associated with an impermeable basal structure. Applicability may be restricted by adverse climatic conditions and		

			the chemical armouring of alkaline materials.		
	Basal structure				
	e) Impermeable natural soil basal structure	<i>Relevant for PAG extractive waste</i> See BAT 35.a			
	f) Impermeable artificial basal structure	<i>Relevant for PAG extractive waste</i> See BAT 35.b			X – bottenbarriär i sand- och gråbergsmagasinet
	Progressive rehabilitation and temporary covers				
	g) Progressive rehabilitation	<i>Relevant for PAG extractive waste</i> See BAT 38.a			
	h) Temporary covers	<i>Relevant for PAG extractive waste</i> See BAT 38.b			
	Permanent dry covers				
	i) Impermeable and low-flux dry covers	<i>Relevant for PAG extractive waste</i> See BAT 38.e			X – sand- och gråbergsmagasinet liksom återfylld sand och gråberg i dagbrott skall täckas med kvalificerad täckning
	j) Oxygen consuming dry covers	<i>Relevant for PAG extractive waste</i> See BAT 38.f			
	Permanent wet covers				
	k) Free water covers	<i>Relevant for PAG extractive waste</i> See BAT 38.g			X – utvinningsavfall deponerat i dagbrott skall vid genomförd efterbehandling täckas med en kvalificerad täckning som ansluter 10 m ut på bergyta som omsluter dagbrottet.

	l) Wet covers	Relevant for PAG extractive waste See BAT 38.h			
Prevention or minimization of self-ignition of extractive waste (5.3.2.2.3, p. 538)					
BAT 32	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to help ensure the chemical stability of extractive waste, BAT is to reduce the combustible matter content, to compact the extractive waste using appropriate mechanical equipment and/or to carry out landscaping and geomorphic reclamation (see BAT 42.d).		Relevant for extractive waste with self-ignition potential	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	This BAT conclusion is based on information given in Section 4.2.2.2.3	X – deponerade utvinningsavfall skall packas och viss landskapsanpassning kommer att genomföras, omfattningen utreds i senare skede.
5.3.2.3 Reduction of dangerous substances in extractive waste (p. 539) 5.3.2.3.1 Reduction of the cyanide concentration in ponds => BAT 33 => techniques only for planning and operational phases 5.3.2.3.2 Reduction of hydrocarbon concentrations in drilling extractive wastes => BAT 34 => oil and gas drilling					
RISK-SPECIFIC BAT CONCLUSIONS for the prevention or minimization of water status deterioration, air and soil pollution (5.4)					
Prevention or minimization of groundwater status deterioration and soil pollution (5.4.1, P. 542) Basal structures and physical barriers (5.4.1.1)					
BAT 35	Technique	Description	Applicability	Notes	

In order to prevent or minimize groundwater status deterioration and soil pollution, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Impermeable natural soil basal structure	<i>Relevant for ponds, dams and heaps Relevant for non-inert extractive waste</i> <u>Closure and after-closure phase</u> In the closure phase, to monitor the impermeable natural soil basal structure, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11, BAT 12, BAT 30 and BAT 31.a). In the after-closure phase, to monitor the impermeable natural soil basal structure, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 13, BAT 14 and BAT 22. Applicable to new surface-based extractive waste deposition areas (including EWFs) or extensions of existing extractive waste deposition areas (including EWFs) that will cover new land surface. Applicable when extractive waste should remain water-saturated after-closure (for ponds). Particularly suitable for PAG extractive waste and where extractive waste has the potential to leach metals, cyanides or other contaminants. Only applicable when large amounts of impermeable natural soils are available. Not needed if the natural ground in its natural state under the extractive waste deposition area (including the EWF) is an impermeable continuous layer (with a hydraulic conductivity < 10⁻⁹ m/s and thickness > 0.5 m).	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.3.1.1.1, 4.3.1.1.2 and 4.3.1.1.3	
	b) Impermeable artificial basal structure	<i>Relevant for ponds, dams and heaps Relevant for non-inert extractive waste</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To monitor the impermeable artificial basal structure, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). In the after-closure phase, monitoring of the impermeable artificial basal structure is carried out, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable to new surface-based extractive waste deposition areas (including EWFs) or extensions of existing extractive waste deposition areas (including EWFs) that will cover new land surface. Applicable in combination with BAT 13, BAT 14 and BAT 22. Applicable when extractive waste should remain water-saturated after closure (for ponds). Particularly suitable for PAG		X – se tidigare

			extractive waste and where extractive waste has the potential to leach metals, cyanides or other contaminants. A geosynthetic basal structure may not be suitable due to structural stability issues, demonstrated by a proper geotechnical analysis (see BAT 22).		
	c) Seepage barriers	<i>Relevant for ponds, dams and heaps Relevant for non-inert extractive waste</i> <u>Closure and after-closure phase</u> To monitor and maintain the seepage barriers, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).		
BAT 36 and BAT 37 techniques only for planning and operational phases					
Water streams management (5.4.1.2, p. 544)					
BAT 37	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to prevent or minimize groundwater status deterioration and soil pollution, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Diversion of water run-off systems	See BAT 42.b		This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.3.1.2.1, 4.3.1.2.2.1, 4.3.1.2.2.2 and 4.3.1.2.3	X – avskärande diken kommer att anläggas
	b) Drainage systems for ponds and dams	See BAT 21.a			

	c) Drainage systems for heaps	See BAT 21.b			X – uppsamlingssystem för lakvatten är installerat i sand- och gråbergsmagasinet
	d) Landscaping and geomorphic reclamation	See BAT 42.d			X – landskapsanpassning är planerad
Covering (5.4.1.3)					
BAT 38	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to prevent or minimize groundwater status deterioration and soil pollution, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Progressive rehabilitation	<i>Relevant for ponds, dams and heaps and for excavation voids where extractive waste is placed back</i> <u>Planning and design phase</u> To design the rehabilitation activities for the operational phase. <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out progressive rehabilitation, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable during operation in the case of heaps constructed using the top-down method. Not applicable if the non-hazardous extractive waste will be re-used or recycled during the operation according to a specific timeframe as defined in the closure and after-closure planning (see BAT 11).	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.3.1.3.1, 4.3.1.3.2, 4.3.1.3.3, 4.3.1.3.4.1.1, 4.3.1.3.4.1.2, 4.3.1.3.4.1.3, 4.3.1.3.4.2.1 and 4.3.1.3.4.2.2	

	b) Temporary covers	<i>Relevant for ponds, dams and heaps, for excavation voids where extractive waste is placed back and for temporary storage</i> <u>Planning and design phase</u> To design temporary covers that may include: - covering the external slopes and/or the dry extractive waste surfaces (e.g. beaches) with inorganic materials, such as sand, crushed waste-rock and topsoil, or with organic materials, such as compost, bark, straw and peat, while ensuring that the use of such covers does not lead to any additional adverse environmental or human health impacts; - impregnating surfaces of extractive waste from mineral processing with chemicals and bituminous emulsions that can repel water or bind particles; - consolidating extractive waste from mineral processing by using its chemical characteristics. <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To install temporary covers, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable when the beaches are raised continuously. Not applicable if extractive waste deposited on heaps is removed again from the heap on a regular basis during operation, when this would require the removal of the cover. May not be suitable to cover steep heaps due to structural stability issues, demonstrated by a proper geotechnical analysis (see BAT 22).		
--	---------------------	--	---	--	--

	c) Vegetative covers	<i>Relevant for ponds, dams and heaps and for excavation voids where extractive waste is placed back</i> <u>Planning and design phase</u> To design the placement of: - a soil layer or multiple layers sufficient to support root development and to maintain a suitable degree of moisture; and a vegetative layer consisting of growing media and, if necessary, soil improvers, including compost, with the necessary micro and macro nutrients, while ensuring that the use of such a layer does not lead to any additional adverse environmental or human health impacts. When using a vegetative cover on top of covered PAG extractive waste, to include only the use of vegetation with shallow roots to prevent breakage of the underlying cover (e.g. low-flux or impermeable cover). <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To install vegetative covers, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To monitor and maintain the vegetative covers in the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). The applicability may be restricted by the height and slope of the heap design.		X – vegetation ovanpå kvalificerad täckning är planerad för efterbehandlingen
	Permanent dry covers				

	d) Permeable dry covers	<i>Relevant for ponds, dams and heaps and for excavation voids where extractive waste is placed back</i> <i>Relevant for covering non-hazardous extractive waste</i> <u>Planning and design phase</u> To design the covering of the extractive waste with a single layer or multiple layers of soil or equivalent materials, while ensuring that the use of such a layer or layers does not lead to any additional adverse environmental or human health impacts, (such as till, clay, coarse gravel/rock, etc.) permeable to water and oxygen. It usually includes: - vegetative covers (see BAT 38.c); - non-vegetative covers (coarse gravel). The typical layer thickness ranges from 0.3 m to 1.5 m. <u>Closure and after-closure phase</u> To install permeable dry covers in the closure phase, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). To monitor and maintain the permeable dry covers in the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not suitable for covering of PAG extractive wastes unless an oxygen-consuming layer is included in highly engineered composite covers which will then be considered an oxygen-consuming dry cover (see below point f). May not be suitable to cover steep heaps due to structural stability issues, demonstrated by a proper geotechnical analysis (see BAT 22).		
--	-------------------------	---	--	--	--

	e) Impermeable and low-flux dry covers	<i>Relevant for ponds, dams and heaps and for excavation voids where extractive waste is placed back</i> <i>Relevant for covering non-inert extractive waste</i> <u>Planning and design phase</u> To design the covering of the extractive waste with multiple functional layers in order to inhibit the oxygen influx and to limit the meteoric water infiltration. It usually includes an appropriate combination of two or more of the following elements: - a coarse layer combined with the impermeable layer and the extractive waste; - a capillary break system composed of a coarse layer or a fine-textured soil layer sandwiched between coarse-textured layers; - a barrier layer composed of two or more layers of natural granular soil (such as clays and tills, loess, bentonite); - a woven geotextile; - a geosynthetic materials layer (such as geomembrane, geosynthetic clay liners and bituminous geomembranes) when needed; - a drainage layer; - a topsoil layer; - a vegetative layer on the top. The low-flux cover does not contain any geosynthetic layer. The typical total thickness ranges from 0.5 m to 3.0 m and the hydraulic conductivity of the impermeable layer is generally $< 10^{-9}$ m/s. <u>Closure and after-closure phase</u> To install impermeable and low-flux dry covers in the closure phase, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). To monitor and maintain the impermeable and low-flux dry covers in the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Suitable for covering PAG extractive waste, or extractive waste with the potential to leach metals, cyanides and other contaminants, or for controlling radon emissions from uranium extractive waste. May not be suitable to cover steep heaps due to structural stability issues, demonstrated by a proper geotechnical analysis (see BAT 22). Cover structures consisting of compacted clay layers are applicable in cold climates if thicker than the freezing depth. The applicability of bentonite layers may be restricted in the case of dry climatic conditions (desiccation cracks formation) or if cation exchange reactions occur.		X – kvalificerad täckning planerad för sand- och gråbergsmagasin samt återfyllda dagbrott.
--	--	--	--	--	--

	f) Oxygen-consuming dry covers	<i>Relevant for ponds, dams and heaps and for excavation voids where extractive waste is placed back</i> <i>Relevant for covering PAG extractive waste</i> <u>Planning and design phase</u> To design covers using organic materials (such as wood waste, peat, sewage sludge, compost, manure, hay/straw/silage) for covering PAG extractive waste to consume oxygen and reduce its infiltration, while ensuring that the use of such covers does not lead to any additional adverse environmental or human health impacts. Influenced by the capacity of the material to consume oxygen, the moisture content and the degree of compaction. <u>Closure and after-closure phase</u> To install oxygen-consuming dry covers in the closure phase, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). To monitor and maintain the oxygen-consuming dry covers in the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable to certain types of NAG and PAG extractive waste where Dissolved Organic Carbon (DOC) originating from the cover and present in leachate may increase metal leaching from extractive waste through complexation reactions. Applicable if organic materials are available close to the extractive waste deposition area (including the EWF).		
	Permanent wet covers				

	g) Free water covers	<i>Relevant for ponds and dams and for excavation voids where extractive waste is placed back</i> <i>Relevant for covering PAG extractive waste</i> <u>Planning and design phase</u> To design the covering of extractive waste with a water layer in order to isolate contaminants and to reduce erosion, dusting and oxygen infiltration. It includes: - deposition of extractive waste into constructed ponds, usually with water- and solids-retaining dams (see BAT 15) and an impermeable basal structure (see BAT 35); - placing back of extractive waste into excavation voids covered by water (subaqueous in-pit disposal). <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To install free water covers, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To monitor and maintain the free water covers in the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable only to ponds containing PAG extractive waste where the dry cover option is not retained. Applicable to new extractive waste deposition areas (including EWFs) or hydraulically separated extensions of existing extractive waste deposition areas (including EWFs) that will cover new land surface if: - it is demonstrated that the water cover poses lower long-term risks to human health and the environment than a dry cover, through a proper risk and impact evaluation; and - hydrological conditions provide sufficient water to maintain a suitable water barrier (see BAT 18). Not applicable: - if the water balance is negative (see BAT 18), e.g. in arid or semi-arid regions; or - if secondary minerals can dissolve and worsen the acid-generating potential of the extractive waste.		X – utvinningsavfall deponerat i dagbrott kommer att täckas med kvalificerad täckning som sträcker sig 10 m ut på omgivande bergyta.
--	----------------------	--	---	--	---

	h) Wet covers	<i>Relevant for ponds and dams and for excavation voids where extractive waste is placed back</i> <i>Relevant for covering low-PAG extractive waste or low paste PAG extractive waste</i> <u>Planning and design phase</u> To design a system: - allowing the water to infiltrate the extractive waste, thus forming a wet cap on the top; and - adding organic matter, to enhance the establishment of wetland vegetation in the pond, while ensuring that the use of such material does not lead to any additional adverse environmental or human health impacts. Wetland establishment as a closure method uses the same principle as the water cover, but with a reduced water depth, since the plant cover stabilises the bottom, thereby avoiding the resuspension of extractive waste from mineral processing. <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To install wet covers, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To monitor and maintain the wet covers in the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable if the water balance is negative (see BAT 18), e.g. in arid or semi-arid regions.		
Groundwater and soil pollution remediation (5.4.1.4, p. 550)					
BAT 39	Technique	Description	Examples of abated pollutants /targeted parameters	Applicability	Notes

In order to minimize groundwater status deterioration and soil pollution, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list: (This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.3.1.4.1 and 4.3.1.4.2)	a) Permeable Reactive Barriers (PRBs)	<i>Relevant for PAG extractive waste or for extractive waste with metal leaching potential</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To install and use the continuous permeable treatment zone to intercept and remediate a contaminant plume. It removes contaminants from the groundwater plume flow in a passive manner by physical, chemical or biological processes. It includes: - continuous PRBs transecting the plume flow with reactive media; - funnel-and-gate PRBs using impermeable walls to direct the contaminant plume to a gate. To apply management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Radionuclides, metals and metalloids (As, Cr VI, Ni, Pb, U, Fe, Mn, Se, Cu, Co, Cd and Zn) and anion contaminants (sulphates, nitrates and phosphates) Control of pH	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). If the PRB involves bacterial activity, the pH is in a range of ~ 5-7. Not applicable for the remediation of a contaminated plume with high salt levels. Applicability may be restricted in the case of biofouling and mineral precipitation can limit the barrier permeability. May require maintenance after 10-30 years. May require additional techniques to improve the environmental performance.	
	b) Phyto technologies	<i>Relevant for PAG extractive waste or for extractive waste with metal leaching potential</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To use plants to treat or capture contaminants in various media (see also BAT 46.c and BAT 46.d). Contamination can be removed by means of the following: - concentration of contaminants in plant tissue, which needs to be properly removed, in particular the aerial part; - degradation of contaminants by various biotic or abiotic processes; - immobilisation of contaminants in the root zone. To apply management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Metals and metalloids (particularly Cr and Se) and radionuclides (U, Ce and Sr)	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 38. Applicability may be restricted in the case of: - seasonality of plant growth; - pests, infestations; - limited water availability for irrigation; - high salt levels; - a very low pH; - a high sodium content.	

5.4.1.5 Monitoring of emissions to soil and groundwater (5.4.1.5, p. 552)					
BAT 40	Technique	Description	Applicability	Notes	
BAT is to monitor emissions to soil and groundwater as follows:	Monitoring of emissions to soil and groundwater	<i>Relevant for non-inert extractive waste</i> <i>Monitoring of the groundwater table level is also relevant for inert waste if this level can affect the structural stability of the extractive waste deposition area (including the EWF)</i> <u>Planning and design phase</u> To develop a monitoring plan for emissions to soil and groundwater through the following activities: (see BAT 40 on p. 552 for further details) <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement the monitoring plan for emissions to soil and groundwater, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). The monitoring plan, including monitoring parameters and frequencies, is adapted based on the monitoring findings over time. This may imply adding/removing parameters and/or increasing/decreasing frequencies. <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.3.1.5.1 and 4.3.1.5.2	X – grundvattenrör kommer att installeras i och i anslutning till sand- och gråbergsmagasin för övervakning samt i anslutning till dagbrott som används för återfyllning av utvinningsavfall.
BAT 41	Technique	Description	Applicability	Notes	

In order to support the monitoring of the emissions to soil and groundwater, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Leakage detection systems underneath an impermeable basal structure	<i>Relevant for ponds, dams and heaps</i> <i>Relevant for non-inert extractive waste from excavation and non-inert extractive waste from mineral processing</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement leakage detection systems underneath an impermeable basal structure, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable to impermeable basal structures. Leakage detection systems are designed in a way that allows proper maintenance. In some cases, this may imply positioning the detectors in the close vicinity of a large structure, on the expected downstream pathway of the seepage, rather than directly underneath a structure where maintenance is impossible. Only applicable to new extractive waste deposition areas (including EWFs) or extensions of existing extractive waste deposition areas (including EWFs) that will cover new land surface.	This BAT conclusion is based on information given in Section 4.3.1.5.3	X – installeras vid sand- och gråbergsmagasin
	b) Seepage detection systems underneath permeable basal structures	<i>Relevant for ponds, dams and heaps</i> <i>Relevant for non-inert extractive waste from excavation and non-inert extractive waste from mineral processing</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement seepage detection systems underneath permeable basal structures, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable to existing permeable basal structures. Not applicable if installation of the seepage detection system underneath the permeable basal structures is technically unfeasible.		

	c) Control wells	<i>Relevant for non-inert extractive waste from excavation and non-inert extractive waste from mineral processing</i> <i>Relevant for drilling muds and other extractive waste from oil and gas exploration and production</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To drill control wells or to use existing ones, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).		X – installeras vid sand- och gråbergsmagasin samt i anslutning till dagbrott som används för återfyllning av utvinningsavfall.
	d) Leakage detection systems for the temporary storage of drilling muds and other extractive wastes from oil and gas exploration and production	<i>Relevant for drilling muds and other extractive wastes from oil and gas exploration and production</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement leakage detection systems, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).		
Prevention or minimisation of surface water status deterioration (5.4.2, p. 555) Prevention or minimisation of EWIW generation (5.4.2.1)					
BAT 42	Technique	Description	Applicability	Notes	

In order to prevent or minimize surface water status deterioration, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Re-use or recycle the excess water in the extraction, mineral processing and/or extractive waste management	<i>Relevant for excess water</i> <u>Planning and design phase</u> To include in the design the collection of the water used for the management of extractive waste and the water in contact with the extractive waste in ponds or tanks. Usually, excess water from the management of extractive waste is stored in a pond called a reclaim, sedimentation, settling, clarification, decant, polishing and/or regulation pond. The excess water may be recycled or re-used in the extraction or mineral processing plant (if water is used in the process) or extractive waste management, with or without treatment (depending on the water quality and technical requirements), thereby also reducing the overall consumption of water. <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To re-use or recycle the excess water in the extraction, mineral processing and/or extractive waste management, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable to the extent that the re-use of water or the environmentally sound treatment in the case of recycled water can maintain the accumulation of reagents/components below a level where any negative interference with the process remains acceptable.	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.3.2.1.1, 4.3.2.1.2, 4.3.2.1.3, 4.3.2.1.4 and 4.3.2.1.5	X – processvatten återanvänds
	b) Diversion of water run-off systems during operation	<u>Planning and design phase</u> To include in the design diversionary structures at the perimeter of the pond, dam or heap to prevent clean natural run-off from coming into contact with extractive waste. These range from simple run-off diversions to highly complex engineered surface and subsurface structures. <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out diversion of water run-off, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12).	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicable in combination with BAT 18		X – kommer att anläggas
	c) Covering	See BAT 38.b-f			

	d) Landscaping and geomorphic reclamation	<i>Relevant for ponds, dams and heaps and for excavation voids where extractive waste is placed back</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement the technique, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicability may be restricted by land availability on existing operational sites. Applicable in combination with the BAT on structural stability (see BAT 22 and BAT 24), ARD prevention or minimisation (see BAT 31) and self-ignition prevention or minimisation (see BAT 32).		X – är planerad. Omfattningen kommer att utredas.
	e) To use reagents or chemicals with a low environmental impact	<u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement the technique, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). To replace existing reagents or chemicals by alternatives with a lower environmental impact that continue to ensure a sufficient level of technical performance. <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).		X – kemikalieanvändning kommer att utredas och bedömas av talga i varje specifikt fall. Kemikalieregister kommer att finnas för att i varje läge välja de ur miljösynpunkt lämpligaste kemikalierna.
Prevention or minimization of emissions to surface water (5.4.2.2, p. 557) Drainage of EWIW (5.4.2.2.1)					
BAT 43	Technique	Description	Applicability	Notes	

In order to prevent or minimize surface water status deterioration, BAT is to use the following technique:	Drained EWIW collection and handling	<i>Relevant for non-inert EWIW</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out the collection of drained EWIW and to pump it back, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	This BAT conclusion is based on information given in Section 4.3.2.2.1.1	X – förorenat vatten/lakvatten kommer att samlas upp och ledas till vattenreningsanläggning
BAT 44 =>		Extractive wastes from oil and gas exploration and production			
Removal of suspended solids or suspended liquid particles (5.4.2.2.2)					
BAT 45	Technique	Description	Examples of abated pollutants/targeted parameters	Applicability	Notes
In order to prevent or minimize surface water status deterioration, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list: (This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.3.2.2.2.1, 4.3.2.2.2.2, 4.3.2.2.2.3, 4.3.2.2.2.4, 4.3.2.2.2.5 and 4.3.2.2.2.6)	a) Gravity separation in settling ponds	<i>Relevant for EWIW containing TSS and TSP</i> <u>Operational (construction management and maintenance) phase</u> To carry out gravity separation in settling ponds, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Suspended solids (TSS), suspended liquids such as oil and grease	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable for the liquid phase of spent drilling muds and other extractive wastes from oil and gas exploration and production, including flowback and produced water. Applicability may be restricted by location and land availability.	X - Sedimentationsdammar kommer att finnas

	b) Clarification in tanks	<i>Relevant for EWIW containing TSS and TSP</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out clarification in tanks, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Suspended solids (TSS), suspended liquids such as oil and grease	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	
	c) Coagulation and flocculation	<i>Relevant for EWIW containing TSS and TSP</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out coagulation and flocculation, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Suspended solids (TSS), suspended liquids such as oil and grease, colloids	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	X – vattenrening kommer att utföras med kemisk fällning
	d) Air flotation	<i>Relevant for EWIW containing TSS and TSP</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out air flotation, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Suspended solids (TSS), suspended liquids such as oil and grease, emulsions, COD	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Only applicable to particles that can naturally, or by means of flotation reagents, attach to air bubbles.	

	e) Media filtration	<i>Relevant for EWIW containing TSS and TSP</i> <i>Particularly relevant for non-inert-EWIW</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out media filtration, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Suspended solids (TSS)	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	
	f) Membrane filtration for suspended particles	<i>Relevant for EWIW containing TSS and TSP</i> <i>Particularly relevant for non-inert-EWIW</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out membrane filtration for suspended particles, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Suspended solids (TSS), suspended liquids such as oil and grease, colloids	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicability may be restricted in the case of: - non-constant inflow quality; - high TSS.	
	g) Hydro-cycloning	See BAT 27.b => only for planning and operational phase			
Removal of dissolved substances (5.4.2.2.3, p. 562)					
BAT 46	Technique	Description	Examples of abated pollutants/ targeted parameters	Applicability	Notes
	Oxidation-based systems				

In order to prevent or minimize surface water status deterioration, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list: (This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.3.2.2.3.1.1, 4.3.2.2.3.1.2, 4.3.2.2.3.1.3, 4.3.2.2.3.2.1, 4.3.2.2.3.2.2, 4.3.2.2.3.3.1, 4.3.2.2.3.3.2, 4.3.2.2.3.4, 4.3.2.2.3.5.1, 4.3.2.2.3.5.2, 4.3.2.2.3.6, 4.3.2.2.3.7 and 4.3.2.2.3.8)	a) Aeration and active chemical oxidation	<i>Relevant for EWIW containing TDS</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out aeration and active chemical oxidation, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Fe2+ for aeration, Fe2+, Mn2+, for chemical oxidation	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable as a stand-alone technique, but in combination with other techniques such as precipitation, solid/liquid control and pH adjustment	X – luftning och oxidation sker i den kemiska fällningen
	b) Active aerobic biological oxidation	<i>Relevant for EWIW containing biologically oxidisable TDS</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out active aerobic biological oxidation, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Oil/grease, nitrogen (ammonia, nitrates), cyanates, COD, BOD, metals	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicability may be restricted in the case of: - high levels of BOD or COD; - high levels of oil; - high levels of salts which would prevent proper microbial oxidation.	
	c) Aerobic wetlands	<i>Relevant for EWIW containing TDS</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement aerobic wetlands, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Dissolved solids (TDS), suspended solids (TSS), BOD, metals	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable for the liquid phase of spent drilling muds and other extractive wastes from oil and gas exploration and production, including flowback and produced water. Applicability may be restricted in the case of: - high acidity load; - high levels of salts which would prevent	

				proper microbial oxidation; - high water flow; - low land availability; - decreasing effectiveness over time; - high temperature and flow fluctuations; - adverse local climatic conditions; - sensitivity to high throughput excursions. Therefore, the technique may be particularly suitable as a polishing technique, during the operational phase, or for the treatment of low-load EWIW from sites in the closure or after-closure phase. Not applicable as a stand-alone technique. Maintenance may be required. Overland-flow wetlands are applicable to EWIW from peat extraction.	
	Reduction-based systems using bacterial activity				

	d) Anaerobic wetlands	<i>Relevant for EWIW containing TDS</i> <i>Particularly relevant for treating ARD</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement anaerobic wetlands, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase.</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Acidity, dissolved metals and metalloids, sulphates	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable for the liquid phase of spent drilling muds and other extractive wastes from oil and gas exploration and production, including flowback and produced water. Applicability may be restricted in the case of: - high acidity load; - high levels of salts which would prevent proper microbial oxidation; - high Dissolved Oxygen (DO); - high water flow; - low land availability; - decreasing effectiveness over time; - high temperature and flow fluctuations; - adverse local climatic conditions; - sensitivity to high throughput excursions. Therefore, the technique may be particularly suitable as a polishing technique, during the operational phase, or for the treatment of low-load EWIW from sites in the closure or after-closure phase. Not applicable as a stand-alone technique. Maintenance may be required.	
--	-----------------------	---	---	--	--

	e) Anoxic BioChemical Reactors (BCRs)	<i>Relevant for EWIW containing TDS</i> <i>Particularly relevant for treating ARD</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement anoxic BCRs, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Acidity, dissolved metals and metalloids, sulphates	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable for the liquid phase of spent drilling muds and other extractive wastes from oil and gas exploration and production, including flowback and produced water. Applicable to sites with little available space and very strict emission limits. Compared to other SO ₄ - reduction methods (e.g. reactive barriers, bioreactors), special equipment and maintenance activities are needed. Not applicable with high levels of salts which would prevent proper microbial oxidation.	
	Chemical precipitation				
	f) Hydroxide and carbonate precipitation	<i>Relevant for EWIW containing TDS</i> <i>Particularly relevant for EWIW containing dissolved metals</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out hydroxide and carbonate precipitation, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Dissolved metals	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Only applicable in combination with other techniques such as solid/liquid separation and final pH adjustment. Not suitable for the removal of chromium, selenium and uranium. Applicability may be restricted in the	X – hydroxider fällt ut vid kemisk fällning

				presence of chelates, such as ammonia, and metal-complexing agents, such as cyanides.	
	g) Sulphide precipitation	<i>Relevant for EWIW containing TDS</i> <i>Particularly relevant for EWIW containing dissolved metals</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out sulphide precipitation, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Dissolved metals and metalloids	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Only applicable in combination with other techniques such as solid/liquid separation. Applicable to recover valuable metals from the EWIW stream.	
	Co-precipitation				
	h) Co-precipitation with chloride or sulphate metal salts	<i>Relevant for EWIW containing TDS</i> <i>Particularly relevant for EWIW containing radium-226</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out co-precipitation with chloride or sulphate metal salts, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	As, P, Se, 226Ra	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Only applicable in combination with other techniques such as solid/liquid separation. Applicability may be restricted in the case of sensitiveness to higher variations in EWIW quality.	X – gips bildas i samband med den kemiska fällningen
	Adsorption				

	i) Adsorption	<i>Relevant for EWIW containing TDS</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out adsorption, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Dissolved metals, organic carbon, BTEX, oil and grease	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Applicability may be restricted in the case of high levels of salts which would prevent proper adsorption.	X – adsorption sker i samband med den kemiska fällningen (adsorption till de hydroxider och sulfater som bildas)
	Ion exchange				
	j) Ion exchange	<i>Relevant for EWIW containing TDS</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement ion exchange, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Ca, Mn, Ba, Sr, Ra, nitrates, fluorides, arsenates, chromates, uranium complexes, boron and heavy metals	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable with a low pH. Only applicable following a pretreatment (e.g. microfiltration or ultrafiltration to remove suspended solids/particles). Usually applied as a polishing step. Applicability may be restricted in the case of high levels of salts which would prevent proper ion exchange.	
	Filtration of dissolved substances				

	k) Nanofiltration	<i>Relevant for EWIW containing TDS</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out nanofiltration, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Multivalent ions	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Usually applied with pH and temperature control. Not applicable to monovalent ions. Usually not applicable to EWIW with a high TSS content. Applicability may be restricted by requirements for disposal of brine solution. Applicability may be restricted in the case of high levels of salts which would prevent proper nanofiltration.	
	l) Reverse osmosis	<i>Relevant for EWIW containing TDS</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement reverse osmosis, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Dissolved metals, salts, macro-molecules	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable with high temperatures. Usually applicable to treat saline streams. Applicability may be restricted by: - requirements for pretreatment and chemical addition to reduce scaling/fouling; - requirements for disposal of brine solution; - need for temperature control to minimize viscosity effects. Applicability may be restricted in the case of	

				very high levels of salts (~ 200 g/l or higher) which would prevent proper reverse osmosis.	
Neutralisation of EWIW prior to discharge (5.4.2.2.4, p. 571)					
BAT 47	Technique	Description	Examples of abated pollutants/ targeted parameters	Applicability	Notes
	Active treatment				
In order to prevent or minimize surface water status deterioration, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list: (This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.3.2.2.4.1, 4.3.2.2.4.2.1, 4.3.2.2.4.2.2, 4.3.2.2.4.2.3 and 4.3.2.2.4.2.4 Performance objectives for EWIW discharge are set considering BAT 45, BAT 46 and BAT 47, the information provided in Table 4.55 and taking into account the extractive waste characteristics, the technical characteristics of the EWF, its geographical location and the local environmental conditions.)	a) Active neutralisation	<i>Relevant for acidic or alkaline EWIW</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out active neutralization, while applying management systems (see BAT 1 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	pH, acidity, alkalinity	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	X – Neutralisation kommer att ske i den kemiska fällningen
	Passive treatment				
	b) Oxidic Limestone Drains (OLDs)/Open Limestone Channels (OLCs)	<i>Relevant for acidic EWIW</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement OLDs/OLCs, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12).	Acidity, Mn, Al, Fe, Cu, Pb, Zn, Se	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable to treat high levels of metal	

		<u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.		content and/or acidity. Not applicable when the EWIW to be treated presents a: - high concentration of Fe; or - high concentration of Al; or - high acidity; or - high flow rate. Therefore, the technique may be particularly suitable as a polishing technique, during the operational phase, or for the treatment of low-load EWIW from sites in the closure or after-closure phase. Not applicable as a stand-alone technique. Maintenance may be required. Not applicable for the liquid phase of spent drilling muds and other extractive wastes from oil and gas exploration and production, including flowback and produced water. Applicability may be restricted by land availability and site topography.	
	c) Anoxic Limestone Drains (ALDs)	<i>Relevant for acidic EWIW</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement ALD, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12).	Acidity	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable to treat EWIW presenting the	

		<u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.		following characteristics: - higher levels of DO; or - higher levels of [Al3+]; or - higher levels of [Fe3+]; or - low pH. Therefore, the technique may be particularly suitable as a polishing technique, during the operational phase, or for the treatment of low-load EWIW from sites in the closure or after-closure phase. Not applicable as a stand-alone technique. Maintenance may be required. Not applicable for the liquid phase of spent drilling muds and other extractive wastes from oil and gas exploration and production, including flowback and produced water.	
	d) Successive Alkalinity-Producing Systems (SAPS)	<i>Relevant for acidic EWIW</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement SAPS, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as	Acidity, Al, Cu, Fe, Mn, Zn	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Not applicable to treat EWIW presenting the following characteristics: - higher levels of DO; or - low pH; or - high flow rate; or - high acidity.	

		may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.		Therefore, the technique may be particularly suitable as a polishing technique, during the operational phase, or for the treatment of low-load EWIW from sites in the closure or after-closure phase. Not applicable as a stand-alone technique. Furthermore, an aerobic pond is required after treatment in order to precipitate dissolved metals. Maintenance may be required. Not applicable for the liquid phase of spent drilling muds and other extractive wastes from oil and gas exploration and production, including flowback and produced water.	
	e) Anaerobic wetlands	<i>Relevant for acidic or alkaline EWIW</i> See BAT 46.d			
Monitoring of emissions to surface water (5.4.2.2.5, p. 575)					
BAT 48	Technique	Description	Applicability	Notes	

BAT is to monitor emissions to surface water as follows:	Monitoring of emissions to surface water	<i>Relevant for non-inert extractive waste</i> <i>For inert extractive waste, only the TSS monitoring is relevant</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement the emissions to surface water monitoring plan, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). The monitoring plan, including monitoring parameters and frequencies, is adapted based on the monitoring findings over time. This may imply adding/removing parameters and/or increasing/decreasing frequencies. <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.3.2.2.6.1 and 4.3.2.2.6.2	X – egenkontroll kommer att utföras på utsläpp
Prevention or minimisation of air pollution (5.4.3, p. 576) Prevention or minimisation of dusting from exposed surfaces of extractive waste (5.4.3.1)					
BAT 49	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to prevent or minimize air pollution, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Water or water-based solutions spraying	<i>Relevant for exposed surfaces of extractive waste</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To carry out water or water-based solutions spraying, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5). Contaminated water cannot be used for water spraying. Applicability may be restricted in the case of limited water availability and cold climate.	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.3.3.1.2, 4.3.3.1.3, 4.3.3.1.4, 4.3.3.1.5, 4.3.3.1.6, 4.3.3.1.7, 4.3.3.1.8.1 and 4.3.3.1.8.2	

	b) Wind protection systems	<i>Relevant for exposed surfaces of extractive waste</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement wind protection systems, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).		
	c) Landscaping and geomorphic reclamation	<i>Relevant for exposed surfaces</i> <i>Relevant for NAG extractive waste</i> See BAT 42.d			
	d) Progressive rehabilitation	See BAT 38.a			
	e) Temporary covers	See BAT 38.b			
	f) Vegetative covers	See BAT 38.c			
	Permanent dry covers				
	g) Permeable dry covers	See BAT 38.d			
	h) Impermeable dry covers	See BAT 38.e			X – kvalificerad täckning av sand- och gråbergsmagasin
	Permanent wet covers				
	i) Free water covers	See BAT 38.g			X – utvinningsavfall återfyllt i dagbrott kommer att täckas med kvalificerad täckning som sträcker sig 10 m ut över omgivande bergyta.
	j) Wet covers	See BAT 38.h			

5.4.3.2 Prevention or minimisation of dusting from extractive waste handling and transport => BAT 50 => techniques only for planning and operational phases					
5.4.3.3 Prevention or minimisation of emissions of VOCs and other potential air pollutants from drilling muds and other extractive wastes from oil and gas exploration and production => BAT 51					
Monitoring of emissions to air (5.4.3.4, p. 580)					
BAT 52	Technique	Description	Applicability	Notes	
BAT is to monitor emissions to air as follows:	Monitoring of emissions to air	<u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement the monitoring plan for emissions to ambient air, while applying management systems (see BAT 1, BAT 11 and BAT 12). The monitoring plan, including monitoring parameters and frequencies, is adapted based on the monitoring findings over time. This may imply adding/removing parameters and/or increasing/decreasing frequencies. <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.3.3.4.1 and 4.3.3.4.2	
5.5 OTHER RISK-SPECIFIC BAT CONCLUSIONS (5.5, P. 582)					
Prevention or minimisation of any other adverse effects on human health, flora and fauna (5.5.1)					
Prevention or minimisation of noise emissions from the management of extractive waste (5.5.1.1)					
BAT 53	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to prevent or minimize noise emissions from the management of extractive waste, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	Techniques a) <i>Noise barriers</i> and b) <i>Continuous working systems</i> only for planning and operational phases			This BAT conclusion is based on information given in Section 4.4.1.1, 4.4.1.2 and 4.4.1.3	
	c) Landscaping and geomorphic reclamation	See BAT 42.d			X
Prevention or minimisation of odour emissions from the management of extractive waste (5.5.1.2)					

BAT 54	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to prevent or minimize odour emissions from the management of extractive waste, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Progressive rehabilitation	See BAT 38.a		If any odors are generated. This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.4.2.1, 4.4.2.2, 4.4.2.3, 4.4.2.4.1 and 4.4.2.4.2	
	b) Temporary covers	See BAT 38.b			
	c) Vegetative covers	See BAT 38.c			
	Permanent dry covers				
	d) Permeable dry covers	See BAT 38.d			
	e) Impermeable dry covers	See BAT 38.e			X
	Permanent wet covers				
	f) Free water covers	See BAT 38.g			X
	g) Wet covers	See BAT 38.h			
Prevention or minimization of visual and footprint impacts from the management of extractive waste (5.5.1.3, p. 583)					
BAT 55	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to prevent or minimize visual and footprint impacts from the management of extractive waste, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) Prevention of extractive waste generation	See BAT 6		This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.4.3.1, 4.4.3.2, 4.4.3.3 and 4.4.3.4	X – optimering av brytningsplan sker per automatik eftersom bästa ekonomi eftersträvas i projektet vilket innebär att minimala mängder gråberg losstas.
	b) Solid/liquid control of extractive waste	See BAT 27			
	c) Compaction, consolidation and	See BAT 29			X

	deposition of extractive waste				
	d) Landscaping and geomorphic reclamation	See BAT 42.d			X – planeras, omfattningen skall utredas.
5.5.1.4 Minimization of resource consumption from the management of extractive waste => BAT 56 => techniques only for planning phase					
Prevention or minimization of impacts related to the management of extractive waste containing NORMs (5.5.1.5)					
BAT 57	Technique	Description	Applicability	Notes	
In order to prevent or minimize impacts related to management of extractive waste containing NORMs, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:	a) NORMs monitoring plan	<i>Relevant for extractive waste potentially containing NORMs</i> <u>Operational (construction, management and maintenance) phase</u> To implement and review the monitoring plan based on the monitoring findings. <u>Closure and after-closure phase</u> To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the closure phase. To implement the technique described in the operational phase, adapted to the specifics of the after-closure phase, for as long as may be necessary, taking into account the nature and duration of the residual risks and hazards.	Based on the results of a proper Environmental Risk and Impact Evaluation (see BAT 5).	Naturally Occuring Radioactive Materials = NORMs This BAT conclusion is based on information given in Sections 4.4.5.1 and 4.4.5.2	
	b) Sorting and selective handling of extractive waste	See BAT 7.b => only for planning and operational phases			

Erik Karlsson

Henning Holmström

Erik Karlsson

Henning Holmström

EK/HH

BILAGA B

**Mobiliseringsberäkningsmodeller
- Anrikningssand och gråberg
samt dagbrottsjö**

RAPPORT**Mobiliseringsberäkningsmodeller***Anrikningssand och gråberg samt dagbrottssjö*

Framställd för:

Talga Graphene AB

Insänd av:

Golder Associates AB

P.O. Box 869

SE-971 26 Luleå Sweden

+46 920 730 30

1898018

2020-03-24



Distributionslista

Talga Graphene AB (1 ex)

Golder Associates AB (1 ex)

Innehållsförteckning

1.0 BAKGRUND	1
2.0 SAND- OCH GRÅBERGSMAGASIN	1
2.1 Indata och antaganden	1
2.2 Design av kvalificerad täckning	1
2.3 Klimatdata	3
2.4 Modellresultat	4
2.4.1 Beräkning av syretransport	4
2.4.2 Resultat gråberg	4
3.0 BERÄKNING AV METALLTRANSPORT TILL DAGBROTTSJÖ	7
3.1 Indata och antaganden	7
3.2 Beräknad mobilisering	8
4.0 REFERENCES	11

TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1: Sammanställning av mobiliserade mängder i efterbehandlad sand- och gråbergsmagasin	6
Tabell 2: Sammanställning av de olika skalfaktorerna modifierade från Strömberg (1997) m fl.	7
<i>*Materialet i det kinetiska försöket hade en storlek av 2x5 cm och är således större än merparten av de reaktiva partiklar som antas förekomma i mindre sprickor och på dagbrottsväggarnas yta.</i>	7
Tabell 3: Rapporterade 30 veckors medelvärde (Bergskraft 2019). Värden skuggade med rosa är rapporteringsgräns	8
Tabell 4: Beräknad massmobilisering per ytenhet	9
Tabell 5: Total mobilisering per år antaget intrusion, FW och HGW representerar var för sig hela arean hos dagbrottets väggar	10

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1: Använda egenskaper för vattenhållande förmåga hos tätskiktsmorän (5 vikt-% bentonit) samt skyddsskiktets morän	2
Figur 2: Konceptuell modell använd i SVFlux. I exemplet är anrikningssand beläget under tätskiktet men modellering genomfördes även med gråberg. Förutom utvinningsavfall och grundvattenytans läge är modellerna identiska	3
Figur 3: Modellerad vattenmättnadsgrad i överkant, centralt i samt i underkant av tätskiktet	5

1.0 BAKGRUND

Talga Graphene AB (Talga) har gett Golder Associates AB (Golder) i uppdrag att göra en preliminär bedömning av lakvattenkvalitet från det kombinerade gråbergs- och anrikningssandupplaget samt framtida vattenkvalitet i den framtida dagbrottssjön vid dess planerade verksamhetsområde i Nunasvaara.

2.0 SAND- OCH GRÅBERGSMAGASIN

2.1 Indata och antaganden

Gråberg och anrikningssand kommer att magasineras tillsammans och där gråberg huvudsakligen utgör stödvall. Arealen på anläggningen är ca 12,5 ha och ett massflöde kan därmed modelleras.

För att utföra modelleringen av lakvattenkvaliteten så måste ett antal antaganden göras. Dessa är;

- Mobilisering av svavel och sulfidbundna element sker enligt den M(metal):S(svavel)-kvot som observerades vid kinetiska försök på gråberg från borrhärdor (Bergskraft 2019)
- Allt inträngande syre konsumeras omedelbart av sulfider
- Alla mobiliserade element löses i infiltrerande vatten och kan begränsas av löslighetsjämvikter samt adsorptionsreaktioner

Modelleringen av täckningens effekt på syretransporten har beräknats med en 1D- modell i SVFlux¹ vilket är en avancerad programvara som modellerar omättad och mättad vattentransport i geologiska material.

Indata till modellen erhöles dels från Talga från faktiska mätningar medan andra parametrar fick ansättas genom litteratursökning och erfarenhet från tidigare utredningar.

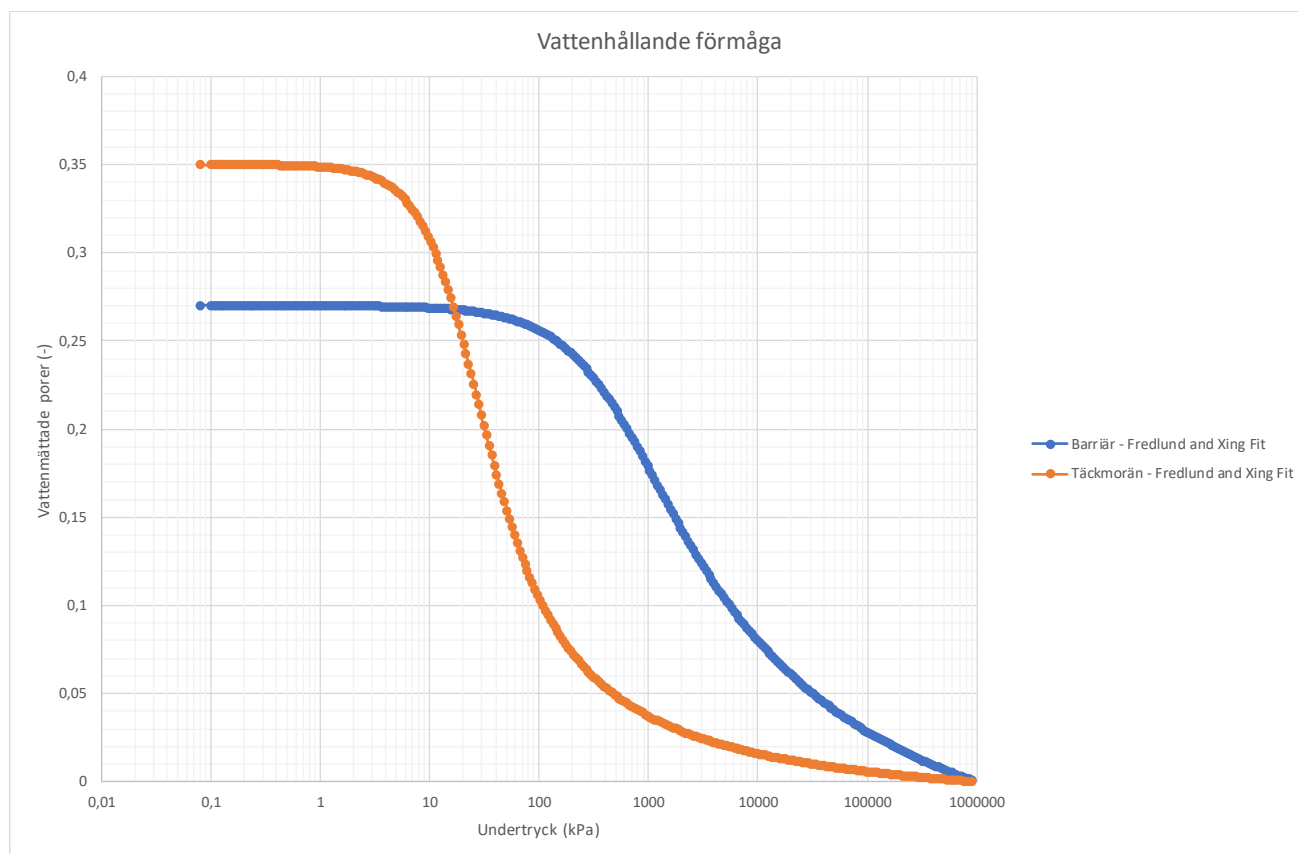
Klimatdata (nederbörd, temperatur, globalstrålning, lufttemperatur och luftens fuktighet) hämtades från SMHI:s station i Vittangi och Kiruna (globalstrålning). Genomsnittliga klimatdata för området anpassades till framtidsscenarioet för perioden 2070-2100. Vååret 2017 motsvarade då ett normalår i framtidsscenarioet medan medeltemperaturen ökade ca 5 °C.

2.2 Design av kvalificerad täckning

Utifrån den moräninventering som genomförts för verksamhetsområdet och närliggande områden så har slutsatsen dragits att även om moränen var mindre genomsläpplig än förväntat så motsvarar den inte den kvalitet som eftersöktes till ett tätskikt. Därför har inblandning av bentonit antagits för att erhålla den kvalitet som krävs. Täckningen består av 0,5 m tätskikt (packad morän + bentonit) som skyddas mot tjäle och uttorkning av 2 m skyddsskikt (löst lagrad morän).

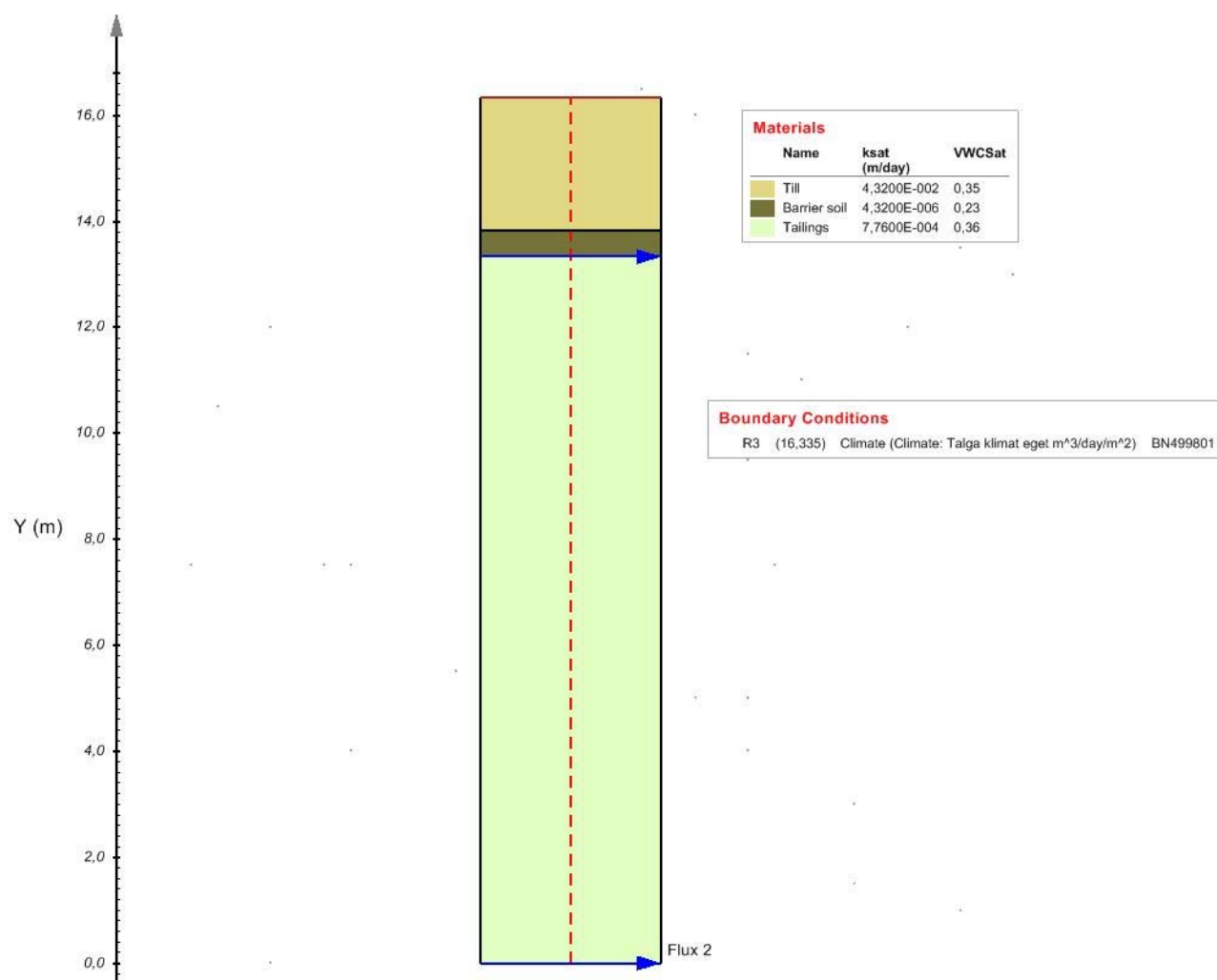
Vattenhållande förmåga (SWCC) hos tätskiktet erhöles från en litteraturstudie (Colmenares 2002). Den vattenhållande förmågan hos skyddsskiktet erhöles från faktiska mätningar på en likartad morän (med avseende på kornstorleksfördelning) som den i Nunasvaara och från ett närliggande område.

¹ <https://soilvision.com/products/svoffice-ge/svflux-ge>



Figur 1: Använda egenskaper för vattenhållande förmåga hos tätskiktssmorän (5 vikt-% bentonit) samt skyddsskiktets morän.

Den högsta avvattningen i tätskiktet kan antas förekomma över gråberget eftersom anrikningssanden har en låg permeabilitet och goda vattenhållande egenskaper. I modelleringen har därför grundvattenytan i gråberget ansatts till nivån 0 m medan tätskiktet är placerat på nivån 13,5 m. För anrikningssandmodelleringen antogs grundvattenytan initialt vara på nivån 12,5 m.



Figur 2: Konceptuell modell använd i SVFlux. I exemplet är anrikningssand beläget under tätskiktet men modellering genomfördes även med gråberg. Förutom utvinningsavfall och grundvattenytans läge är modellerna identiska.

2.3 Klimatdata

Klimatdata laddades hem från SMHI:s hemsida. För modelleringen valdes ett representativt torrår (2018) respektive våttår (2017) ut. Genomsnittlig nederbörd i Vittangi är omkring 450 mm (1961-1990) med en medeltemperatur på omkring -1 °C (Sweco 2019). Under 2017 var nederbörden 613,5 mm och under 2018 371 mm. Sålunda var nederbörden under 2017 37 % blötare och 2018 17 % torrare än normalåret under perioden 1961-1990. Det framtidsscenario som valdes från SMHI var det minst konservativa alternativet (stor klimatförändring, RCP8,5²). Detta ger att genomsnittlig nederbörd 2070-2100 förväntas öka med 30 % medan medeltemperaturen ökar med 5,1 °C.

De scenarier som kördes i modelleringen var de modifierade klimatfilerna för 2017-2018 i följande ordning;

- 2017-2017-2018-2017 (eller normalår-normalår-torrår-normalår)

Syftet med modelleringen var att verifiera dess möjlighet till att behålla vattenmättnad över tid samt motstå torrperioder.

² <https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenarioer/sweden/basin/sangisalven-och-kalixalven/rcp85/year/temperature>

2.4 Modellresultat

Slutsatsen från modelleringen visar att tätskiktet är effektivt i att förhindra syrediffusion. Beräkningarna och metodiken för att uppskatta syretransporten är redovisad i kommande underkapitel.

2.4.1 Beräkning av syretransport.

Genom att utgå från den konservativt antagna porositeten för morän-bentonitblandningen (0,27) så kan den effektiva syrediffusionskoefficienten beräknas med den modifierade Millington-Shearermodellen (MMS)(Aachib *et al.* 2004).

Modellen bestämmer D_e baserat på dual-phase diffusion dvs. både i vatten och luft. Den modifierade Millington-Shearermodellen är uttryckt som;

$$D_e = \frac{1}{n^2} (D_a^0 \theta_a^{p_a} + H D_w^0 \theta_w^{p_w})$$

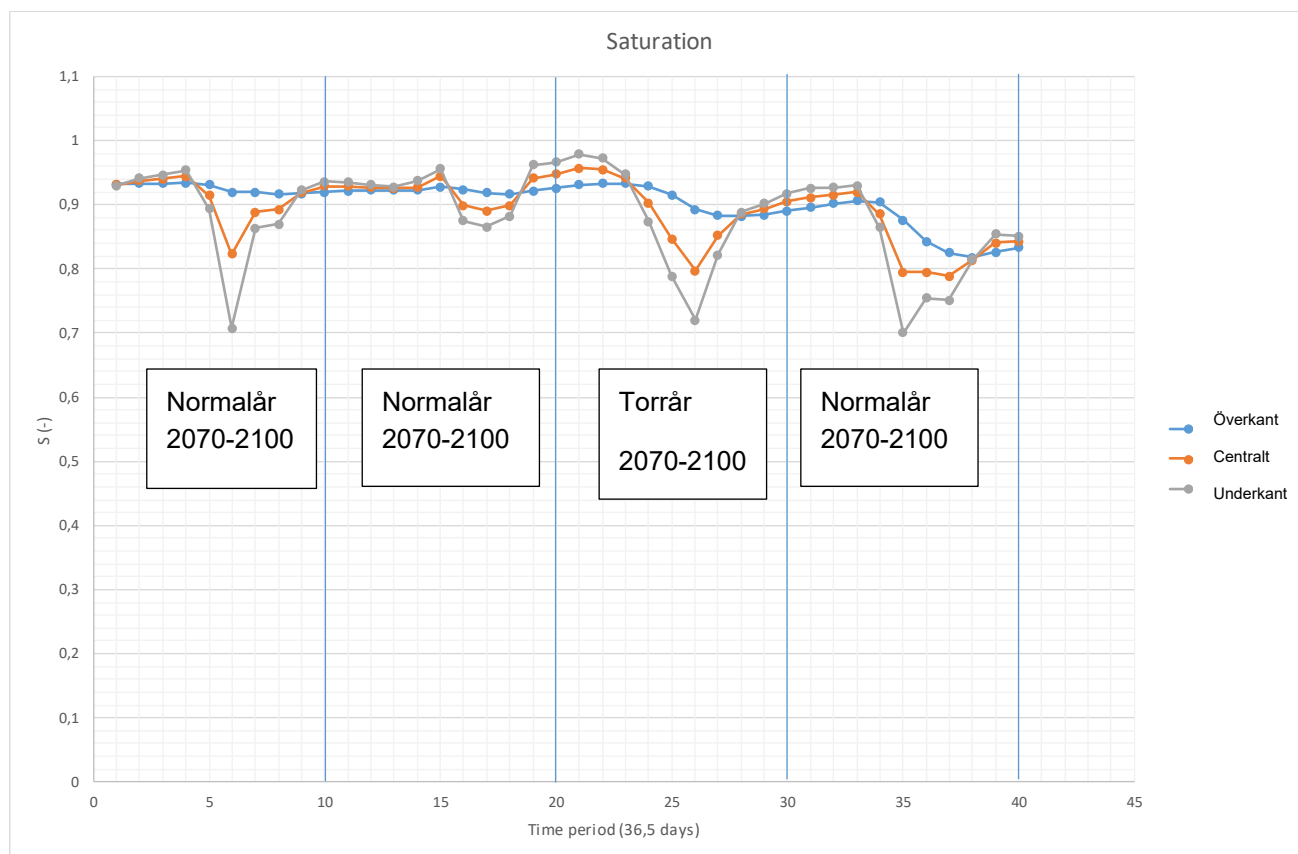
Där H is henry's jämviktskonstant (0,032 at 25 °C), θ_w och θ_a är den volymetriska vatten och lufthalten i materialet, D_w^0 den fria diffusionskoefficienten i vatten (L^2T^{-1} ; $2,1 \times 10^{-9} m^2s^{-1}$ vid 25 °C), D_a^0 den fria syrediffusionskoefficienten i luft (L^2T^{-1} ; $1,76 \times 10^{-5} m^2s^{-1}$ vid 25 °C), n den totala porositeten i materialet, och p_a samt p_w är konstanter som är beroende på tortuositeten. Aachib *et al.* (2004) visade att för en vattenmättnad (S_r) 0,1-0,99 och porositet (n) 0,1-0,8, så kan p_a och p_w approximeras av;

$$p_{a,w} = 1,201\theta_{a,w}^2 + 0,987\theta_{a,w} + 3,119$$

Alternativt föreslår Aachib *et al.* 2004 att värdet på p kan sättas till 3,4 utan signifikant förlust i beräkningarna.

2.4.2 Resultat gråberg

Modellresultaten visar att vattenmättnadsgraden i tätskiktet generellt är högre än 0,9. En sjunkande vattenmättnadsgrad i den övre delen av tätskiktet är synbar under juni-juli. Detta beror på en liten infiltration av snösmältningsvatten samt evaporation under sommaren från skyddsskiktet. Under hösten ökar vattenmättnadsgraden.

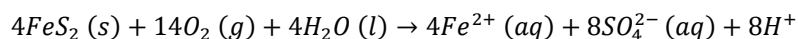


Figur 3: Modellerad vattenmättnadsgrad i överkant, centralt i samt i underkant av tätskiktet.

Genom användande av den tidigare redovisade ekvationen och Fick's första lag under antagande om omedelbar syreförbrukning av sulfider kan den årliga syretransporten beräknas. Beräkningen har genomförts i 10 beräkningssteg om 36,5 dagar. Syreförbrukningen för det framtida normalåret varierar mellan 0,3-0,7 mol O_2/m^2 , år.

Genom denna syretransport kan massmobiliseringen uppskattas genom att dels anta kvoten mellan svavel och metall och dels utgå ifrån kvoten mellan syre och svavel vid pyritvittring. Medelvärde för utlakning från ligg- samt hängväggsprover i det kinetiska försöket användes vid beräkningen.

Initialt antas att för varje mol svavel som frisätts vid pyritvittring så konsumeras 14/8 mol syre (O_2);



Sammanställningen över årlig mobilisering genom syretransporten redovisas i Tabell 1. Lakvattenbildningen genom tätskiktet uppgår i genomsnitt till 55 L/ m^2 , år.

Tabell 1: Sammanställning av mobiliserade mängder i efterbehandlad sand- och gråbergsmagasinet.

Parameter	Enhet	Syretransport in till utvinningsavfall		Enhet	Total mobilisering hela sand- och gråbergsmagasinet	
		0,3 mol/m ² , år	0,7 mol/m ² , år		0,3 mol/m ² , år	0,7 mol/m ² , år
SO42-	g/m ² , år	16,5	38,4	kg/år	2054	4792
Fe	g/m ² , år	0,01	0,02	kg/år	1,2	2,7
Mn	g/m ² , år	0,01	0,03	kg/år	1,4	3,3
Ca	g/m ² , år	4,6	10,8	kg/år	578	1349
K	g/m ² , år	0,9	2,2	kg/år	117	274
Mg	g/m ² , år	0,4	1,0	kg/år	51	120
Na	g/m ² , år	1,2	2,8	kg/år	150	349
Zn	g/m ² , år	0,2	0,6	kg/år	30	69
Co	g/m ² , år	0,0003	0,0006	g/år	32	75
Ni	g/m ² , år	0,002	0,004	g/år	226	527
Cu	g/m ² , år	0,00015	0,00034	g	18	42
Pb	g/m ² , år	0,00005	0,00011	g	6	14
Mo	g/m ² , år	0,00001	0,00002	g	0,8	1,9
As	g/m ² , år	0,000005	0,000011	g	0,6	1,3
Cr	g/m ² , år	0,000003	0,000006	g	0,3	0,7
U	g/m ² , år	0,000001	0,000001	g	0,1	0,1
Cd	g/m ² , år	0,000001	0,000003	g	0,2	0,4
Hg	g/m ² , år	0,00001	0,00001	g	0,6	1,5

3.0 BERÄKNING AV METALLTRANSPORT TILL DAGBROTTSJÖ

Vid modellering av metallmobilisering i en framtida dagbrottsjö så är antagandet att på lång sikt så är den enda källtermen till dagbrottssjöns vatten mineraliserade bergytor som är belägna över den permanenta vattenspegeln. Beräkningen har initialt utförts per kvadratmeter bergyta. På grund av de idag till stor del okända faktorerna som sulfidhalt i dagbrottets framtida väggar så har de kinetiska försöken på mineraliserat gråberg (Bergskraft 2019) använts som beräkningsunderlag på samma sätt som för mobiliseringen från sand- och gråbergsmagasinet.

3.1 Indata och antaganden

Då dagbrottens länshållning upphör kommer grundvattnet att återhämtas och ställa in sig på den framtida jämviktsnivån kring +310 m öh. Bergssidor ovanför den permanenta vattenspegeln kan fortfarande vittra och mobilisera metaller. Det årliga bidraget kan uppskattas genom följande ansatser;

- Volymen berg som påverkats av sprängningar antas till 3-15 m djup (således 3 m³/m²) eftersom det rör sig om en mindre verksamhet har 3 m påverkansdjup antagits
- En skalfaktor har beräknats grundad på internationellt accepterade parametrar som anpassats till lokala förhållanden (Strömberg 1997)

Utifrån ovanstående antaganden och resultatet från de kinetiska försöken så kan mobiliseringen beräknas. Densiteten på det fasta berget har antagits till 2,9 ton/m³.

Då de olika skalfaktorerna multiplicerats så blir den 0,14 (Tabell 2).

Tabell 2: Sammanställning av de olika skalfaktorerna modifierade från Strömberg (1997) m fl.

Nr	Scaling factors	
1	Reaktiv andel	0,7
2	Temperaturskillnad lab-fält	0,2
3	Andel berg i kontakt med vatten	1
4	Kornstorlek*	1
	Skalfaktor	0,14

*Materialet i det kinetiska försöket hade en storlek av 2x5 cm och är således större än merparten av de reaktiva partiklar som antas förekomma i mindre sprickor och på dagbrottsväggarnas yta.

Den årliga mobiliseringen kan därmed beräknas med följande ekvation;

$$\text{Årlig mobilisering} = BSF \times M_{HC} \times V_R \times D_{GB} = 1,218 M_{HC}$$

Där;

BSF = skalfaktor

M_{HC} = mobilisering i kinetiskt försök (as mg/kg, år = g/ton, år)

V_R = volym berg (0-3 m djup) per m² dagbrottsvägg (m³/m²)

D_{GB} = bergets densitet (ton/m³)

3.2 Beräknad mobilisering

Utifrån den utlakning som sker under det kinetiska försökets sista 30 veckor så kan M_{HC} uppskattas och genom att multiplicera med BSF så kan den totala belastningen per m^2 bergvägg beräknas. Uppskattad massmobilisering utfördes för häng-, liggvägg och intrusionen (Tabell 3).

Tabell 3: Rapporterade 30 veckors medelvärde (Bergskraft 2019). Värden skuggade med rosa är rapporteringsgräns.

Medelhalt (30 veckor)		Dyke (Intrusion)	FW (Liggvägg)	HGW (Hängvägg)
pH	-	7,3	5,9	6,6
SO ₄ ²⁻	mg/L	1450	1400	1800
Fe	mg/L	0,3	1,65	0,3
Mn	mg/L	0,29	1,15	1,03
Ca	mg/L	450	389	512
K	mg/L	63	78	105
Mg	mg/L	27	32	48
Na	mg/L	74	83	150
Zn	mg/L	17	31	15
Co	µg/L	7	24	26
Ni	µg/L	60	155	197
Cu	µg/L	5,4	5,3	23
Pb	µg/L	9,08	9,36	9,3
Mo	µg/L	0,6	0,6	0,7
As	µg/L	0,97	0,84	0,95
Cr	µg/L	0,5	0,5	0,5
U	µg/L	0,2	0,1	0,1
Cd	µg/L	0,1	0,3	0,2
Hg	µg/L	1	1	1

För spårelement under rapporteringsgräns så har rapporteringsgränsen halverats vid massmobiliseringsberäkningarna. Särskilt Hg bedöms vara kraftigt överskattat tack vare den höga rapporteringsgränsen som rapporterats (1 µg/L). (Tabell 4 och Tabell 5)

Tabell 4: Beräknad massmobilisering per ytenhet.

Massmobilisering/m ² , år bergyta		Dyke (Intrusion)	FW (Liggvägg)	HGW (Hängvägg)
pH	-			
SO ₄ ²⁻	mg/m ² , år	7,3	5,9	6,6
Fe	mg/m ² , år	9184	8867	11400
Mn	mg/m ² , år	0,95	10,5	0,95
Ca	mg/m ² , år	1,8	7,3	6,5
K	mg/m ² , år	2850	2464	3243
Mg	mg/m ² , år	399	494	665
Na	mg/m ² , år	171	203	304
Zn	mg/m ² , år	469	526	950
Co	µg/m ² , år	108	196	95
Ni	µg/m ² , år	44	152	165
Cu	µg/m ² , år	380	982	1248
Pb	µg/m ² , år	34	34	146
Mo	µg/m ² , år	58	30	29
As	µg/m ² , år	3,8	3,8	4,4
Cr	µg/m ² , år	3,1	2,7	3,00846
U	µg/m ² , år	1,6	1,6	1,5834
Cd	µg/m ² , år	0,6	0,3	0,32
Hg	µg/m ² , år	0,3	0,95	0,6

Tabell 5: Total mobilisering per år antaget intrusion, FW och HGW representerar var för sig hela arean hos dagbrottets väggar.

		Dyke (Intrusion)	FW (Liggvägg)	HGW (Hängvägg)
pH		7,3	5,9	6,6
So42-	kg/år	1400	1351	1738
Fe	kg/år	0,1	1,6	0,1
Mn	kg/år	0,3	1,1	1,0
Ca	kg/år	434	375	494
K	kg/år	61	75	101
Mg	kg/år	26	31	46
Na	kg/år	71	80	145
Zn	kg/år	16	30	14
Co	kg/år	7	23	25
Ni	kg/år	58	150	190
Cu	kg/år	5	5	22
Pb	kg/år	9	5	4
Mo	kg/år	0,6	0,6	0,7
As	kg/år	0,5	0,4	0,5
Cr	kg/år	0,2	0,2	0,2
U	kg/år	0,1	0,05	0,05
Cd	kg/år	0,0	0,1	0,1
Hg	kg/år	0,5	0,5	0,5

4.0 REFERENCES

- Aachib, M., Mbonimpa, M., and Aubertin, M. (2004) Measurement and prediction of the oxygen diffusion coefficient in unsaturated media, with application to soil covers. *Water, Air and Soil Pollution*. 156. p. 163-193.
- Bergskraft. 2019. Assessment of the future leachate quality from waste rock at the Nunasvaara South. BKBAB 18-107 Rep. 2019-11-03.
- Colmenares Montanez, J.E. 2002. Suction and volume changes of compacted sand-bentonite mixtures. PhD thesis, Imperial College of Science, London, UK, 380 pages.
- Sweco. 2019. Hydrogeology Nunasvaara. Bedömning av Hydrogeologiska förhållanden vid Nunasvaara Södra. Uppdragsnummer 13006723. 2019-09-25.

Signatur sida

Golder Associates AB



Erik Karlsson



Henning Holmström

EK/HH

i:\projekt\2018\1898018 talga nunasvaara mkb\8.rapporter\ebh\bilaga b 20200324.docx



golder.com



golder.com