

**RAPPORT**

# Ala Lombolo

## *Sammanställning av kunskapsläge december 2021*

Framställd för:

**Sveriges geologiska undersökning**

Insänd av:

**Golder Associates AB**

Box 869

971 26, Luleå, Sverige

0920-730 30

18104259

2021-12-28



# Distributionslista

Sveriges geologiska undersökning

Golder Associates AB

# Innehållsförteckning

<b>1.0</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>1</b>
<b>2.0</b>	<b>OMRÅDESBESKRIVNING</b>	<b>2</b>
<b>3.0</b>	<b>HUVUDSTUDIE</b>	<b>3</b>
3.1	Åtgärds mål	3
3.2	Riskbedömning	3
3.3	Åtgärdsutredning	4
3.4	Riskvärdering	5
<b>4.0</b>	<b>UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR OCH ARBETEN</b>	<b>6</b>
4.1	2011	6
4.2	2012	6
4.3	2013-2014	8
4.4	2015	11
4.5	2016-2017	12
4.6	2018	12
4.7	2019	13
4.8	2020	15
4.9	2021	18
<b>5.0</b>	<b>REVIDERADE ÅTGÄRDSMÅL</b>	<b>21</b>
<b>6.0</b>	<b>SAMLAT KUNSKAPSLÄGE 2021</b>	<b>22</b>
<b>7.0</b>	<b>PLANERADE FORTSATTA ARBETEN</b>	<b>23</b>
<b>8.0</b>	<b>ÅTERSTÅENDE ARBETEN</b>	<b>24</b>

## TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1: Bedömning av mängd förorenat sediment som behöver saneras beroende av haltmål	6
Tabell 2: Mängdberäkningar av kvicksilver och sediment beroende av åtgärds mål	21

## FIGURFÖRTECKNING

Figur 1: Översiktskarta, sjön är markerad med röd cirkel.....	2
Figur 2: Illustrationer av de olika huvudalternativen för åtgärd.....	4
Figur 3: Föroreningssituationen vid olika djup i sedimenten. ....	8
Figur 4: Sjöns djup samt sedimentens mäktighet.....	9
Figur 5: Lägen för påträffad ammunition i Ala Lombolo. ....	9
Figur 8: Platser där OXA lokaliserats vid ammunitionsröjningen. ....	16
Figur 9: Förslag på område som inte bör muddras (gula cirklar), samt platser där OXA lokaliserats vid riskreducering i augusti 2020. ....	17
Figur 10: Provpunkternas lägen i sjön samt de två delområdena. ....	18
Figur 11: Placering av funna 20 mm granater markerat i gult. ....	20

## 1.0 INLEDNING

I början av 1990-talet upptäcktes att sedimenten i Ala Lombolo är kraftigt förorenade av kvicksilver, men även av andra metaller som bly, koppar, zink och kadmium och petroleumkolväten. Det uppskattades att sedimenten innehåller mellan 120 och 200 kg kvicksilver, vilket gör den till Norrbottens mest förorenade sjö. Utöver kemiska föroreningar har Ala Lombolo också nyttjats för dumpning av ammunition.

Föroreningssituationen i Ala Lombolo har utretts under lång tid av olika aktörer. Dessa har i olika skeden jobbat med frågan om avhjälpandeåtgärder krävs med avseende på sjöns sediment och hur dessa i så fall ska genomföras på bästa sätt sett till miljömässiga krav, tekniska begränsningar och ekonomiska avvägningar.

Den pågående gruvverksamheten i närheten av sjön ger upphov till markdeformationer som utbreder sig i riktning mot sjön. Redan nu berörs de övre delarna av Luossajoki-systemet som Ala Lombolo är en del av och på sikt kan det inte uteslutas att även Ala Lombolo kan komma att påverkas av markdeformationerna.

Utredningar av Ala Lombolo har sedan lång tid varit en del av det statligt finansierade arbetet med förorenade områden med Naturvårdsverket som finansiär genom Länsstyrelsen i Norrbotten. Inledningsvis var Kiruna kommun huvudman enligt bidragsförordningen, en roll som senare övertogs av Sveriges geologiska undersökning (SGU). Parallellt med detta har även Luossavaara-Kiirunavaara AB (LKAB) finansierat och genomfört undersökningar inom ramen för projektet.

Vid årsskiftet 2021/2022 kommer SGU att kliva av rollen som huvudman. Inför detta har Golder Associates AB (Golder) på uppdrag av SGU sammanställt denna slutrapport med beskrivning av genomförda undersökningar, pilotprojekt, bänkskaleförsök och andra arbeten som sammanfattar dagens kunskapsläge i projektet som underlag för fortsatta arbeten med föroreningssituationen i Ala Lombolo.

## 2.0 OMRÅDESBESKRIVNING

Ala Lombolo ligger strax söder om Kiruna tätort och ingår i Luossajoki vattensystem som omfattar Luossajärvi, Luossajoki, Yli Lombolo och Ala Lombolo (Figur 1). Ala Lombolo har en yta på drygt 25 ha.



**Figur 1: Översiktskarta, sjön är markerad med röd cirkel.**

Ett bostadsområde ligger nära sjön på dess östra sida. Elljusspår och grillplatser finns runt sjön. Sjön och dess omgivning används till skidåkning, löpning, promenader och ridning. Strax norr om Ala Lombolo ligger ett ridhus och vid den nordöstra stranden ligger Kiruna värmeverk som producerar el och fjärrvärme till Kiruna tätort. Från värmeverket släpps sedan 1994 renat kondensatsvatten ut i Luossajoki strax nedströms sjön. Luossajoki är även mottagare av Kiruna tätorts rena avloppsvatten. Utsläppspunkten ligger några kilometer nedströms Ala Lombolo.

Mer utförlig information om sjön och dess omgivning finns att läsa i Huvudstudierapport för Ala Lombolo, (Kiruna kommun, 2008b).

## 3.0 HUVUDSTUDIE

En huvudstudie enligt Naturvårdsverkets metodik för utredning av förorenade områden redovisades 2008 (Kiruna kommun, 2008b). Huvudstudierapporten har genomförts med syfte att utifrån utförda undersökningar och utredningar ta fram en fördjupad riskbedömning och åtgärdsutredning. I huvudstudien ingick även att ta fram underlag för riskvärdering och sammanställa en separat riskvärderingsrapport (Kiruna kommun, 2008a).

Som en del av arbetet med huvudstudien genomfördes en sedimentkartering med syfte att undersöka föroreningsinnehåll till ett större sedimentdjup än vad som tidigare genomförts, för att möjliggöra beräkning av den mängd sediment som behöver åtgärdas. Vidare genomfördes avvattningsförsök (Sweco Viak, 2008).

### 3.1 Åtgärds mål

Arbetet med huvudstudien utgick från följande övergripande åtgärds mål:

- Ala Lombolo ska inte utgöra en framtida föroreningskälla för miljöfarliga ämnen till Torne älv
- Människor som vistas i omgivningen skall inte riskera sin hälsa
- Miljön i Ala Lombolo och Luossajoki skall skyddas
- Ala Lombolos "mjuka" värden ska kunna bevaras i framtiden genom att:
  - vara attraktivt för friluftslivet
  - möjligheten att ha en fri vattenspegel bevaras
  - vattenomsättning är tillräcklig för biologiskt liv

### 3.2 Riskbedömning

I huvudstudien framgår att de risker som föreligger med de förorenade sedimenten är att:

- Sjön bidrar med en transport av 50-100 g kvicksilver/år till Torne älv. Vidare är delar av sedimenten och översilningsmarken i Luossajoki förorenad.
- Sedimenten i sjön har ett dåligt utvecklat liv, bottenlevande djur i sjön uppvisar skador som kan härröras till föroreningssituationen.
- Förväntade framtida sprickbildningar i berggrunden runt gruvan kan innebära ökad rörlighet av föroeningen och därmed ökad spridning. En grundare sjö kan leda till bildning av metylkvicksilver, vilket medför större upptag i växter och djur.

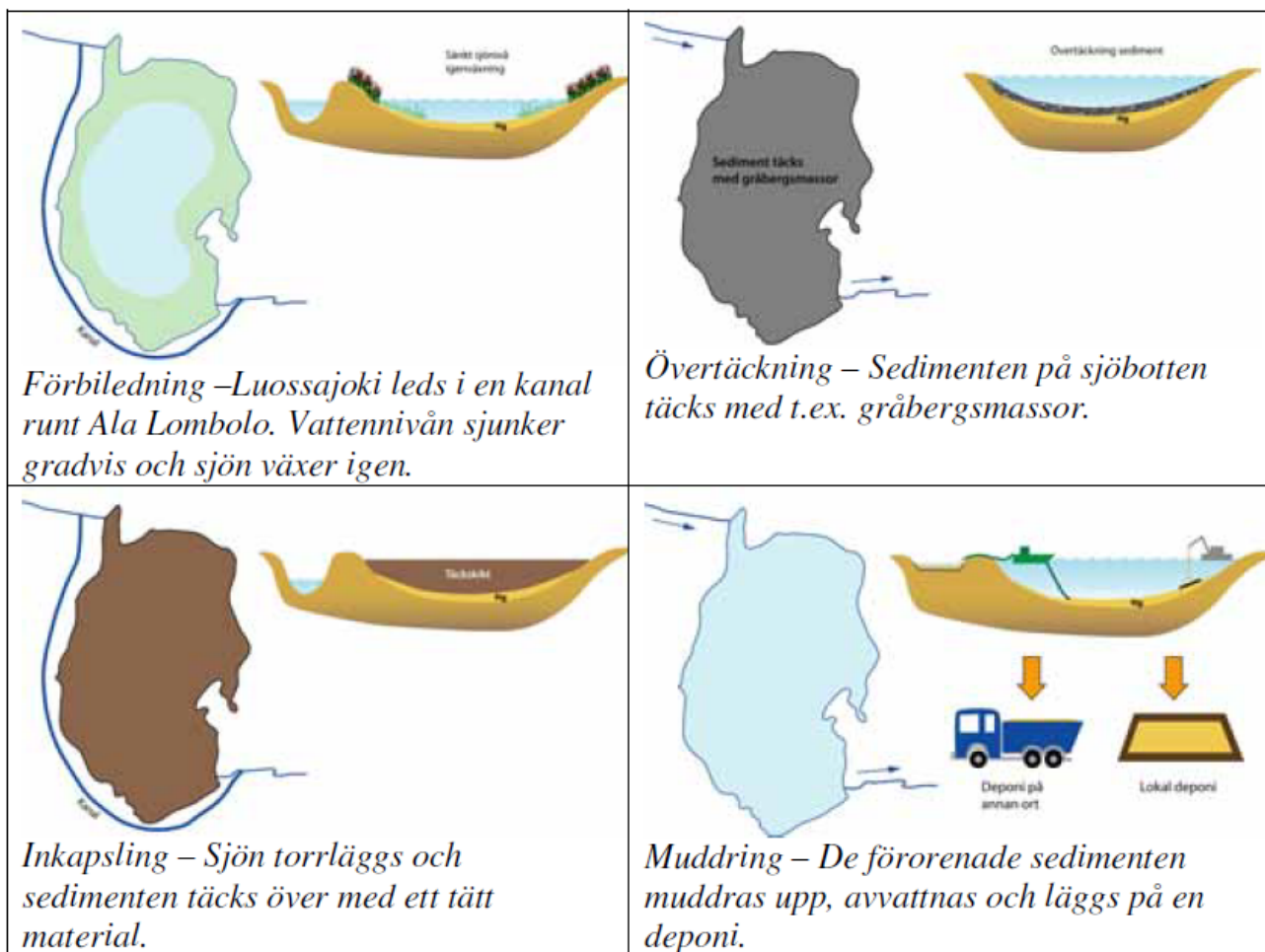
Då hela sjön är förorenad innebär det ett behov av att åtgärda stora mängder sediment, uppskattningsvis ca 220 000 m<sup>3</sup>. Vidare finns dumpad ammunition i sjön som behöver bärgas innan en sanering kan genomföras. Försvarsmakten som är ansvariga för ammunitionen har lokaliserat platserna för ammunitionen och gör bedömningen att det är möjligt att bärga den.

### 3.3 Åtgärdsutredning

Efter genomgång av möjliga åtgärder för projektet togs fyra huvudalternativ fram och jämfördes med ett nollalternativ, för illustration av huvudalternativen se Figur 2. De huvudalternativ som utvärderades är:

- Förbiledning – Luossajoki leds runt Ala Lombolo som sakta får växa igen.
- Övertäckning – sedimenten i sjön täcks över av ett lager rent material.
- Inkapsling – sjön torrläggts och sedimenten kapslas in.
- Muddring – sedimenten muddras upp och läggs på deponi.

För dessa huvudalternativ har därefter olika underalternativ tagits fram med olika tekniska lösningar. Dessutom föreslogs sanering av delar av Luossajoki.



Figur 2: Illustrationer av de olika huvudalternativen för åtgärd.



### 3.4 Riskvärdering

Huvudstudien ligger som underlag för riskvärderingen. Riskvärderingen utgjorde sedan underlag för Kiruna kommuns beslut att ta på sig huvudmannaskap för efterbehandling av Ala Lombolo. Ett huvudmannaskap innebär både praktiskt och ekonomiskt deltagande för kommunen och är en förutsättning för att kunna söka bidrag från Naturvårdsverket.

Riskvärderingen genomfördes med syfte att kunna förorda ett åtgärdsalternativ för Ala Lombolo. Riskvärderingen utgår från den information som tagits fram inom huvudstudien. I riskvärderingen utvärderas måluppfyllelse, tekniska och ekonomiska aspekter samt allmänna och enskilda intressen för de olika åtgärdsalternativen som presenterats i åtgärdsutredningen i huvudstudien. Slutsatserna från riskvärderingen ska vägleda det fortsatta arbetet med efterbehandlingen av sjön.

För att möjliggöra reduktion av de hälso- och miljörisker som identifierats i riskbedömningen krävs ett antal åtgärder för att kunna uppnå de övergripande åtgärds målen:

- Reduktion av spridning till Torne älv – nu sprids ca 50-100 g kvicksilver per år från Ala Lombolo till Luossajoki.
- Reduktion av spridning till grundvatten – på grund av framtida förväntad sprickbildning vid Ala Lombolo förväntas en förändring av grundvattenströmning så att den leds mot gruvan. Detta medför att urlakade föroreningar kan spridas via grundvattnet mot gruvan för att till slut hamna i Kalixälven.
- Reduktion av hälsorisker – vid eventuell torrläggning av sedimenten ökar risk för att människor exponeras för föroreningarna.
- Reduktion av miljörisker – Både sedimentlevande och vattenlevande organismer påverkas negativt av föroreningarna i sjön. Metylkvicksilver har påvisats i sjön. Denna form av kvicksilver tas lätt upp i biologiskt material och ackumuleras i näringskedjan.
- Tidsaspekter – åtgärder i sjön bör genomföras innan mer omfattande spridning eller en akut situation uppstår. Då Ala Lombolo i framtiden kan komma att hamna inom deformationszonen orsakad av gruvverksamheten är det extra angeläget att påskynda en sanering.

Fyra huvudalternativ för saneringsåtgärder framtoogs i huvudstudien; förbiledning, övertäckning, inkapsling eller muddring. Vidare har även två åtgärdsalternativ för delar av Luossajoki framtagits som komplement till åtgärderna i Ala Lombolo. Alternativen omfattar muddring av ett delområde och deponering av massorna.

För att kunna utvärdera och jämföra de olika åtgärdsalternativen framtoogs bedömningskriterier med fokus på uppfyllnad av åtgärds mål samt vilka konsekvenser som åtgärden ger. Dessa resultat presenteras i en riskvärderingsmatris. Slutsatsen utifrån utvärdering av de olika åtgärdsalternativen är att det åtgärdsalternativ som är bäst lämpat för Ala Lombolo är muddring av sedimenten, avvattning och därefter deponering av sedimenten på antingen befintlig deponi på annan plats, eller på en lokal deponi i Kiruna. Inför muddring krävs bärgning av ammunitionen i sjön. Vidare rekommenderas att delar av Luossajoki muddras och att sedimenten därefter deponeras. Med de givna förutsättningarna är det endast åtgärder som avlägsnar förorening från sedimenten som uppfyller de övergripande åtgärds målen samt de krav som finns på riskreduktion på lång sikt. Muddring kommer att minska spridning av föroreningar samt även minska risken för metylering av kvicksilver. Liksom vid de övriga åtgärdsalternativen kommer sjön så småningom sannolikt att dräneras och torka ut. Det valda alternativet innebär att inga restriktioner på markanvändning behöver sättas på grund av föroreningar vid ett sådant scenario.

Samtliga övriga alternativ medför att en stor mängd föroreningar kvarlämnas och ingen långsiktig isolering av kvarlämnad förorening eller långsiktigt skydd mot spridning kan garanteras. Alternativen kan inte heller

garanteras vara av engångskaraktär då de skulle behöva återkommande underhåll. Vidare skulle även restriktioner för användning av området behövas.

En bedömning av vilka mudderdjup som krävs inom olika områden har genomförts baserat på haltprofiler i de sedimentkärnor som uttagits inom olika områden i sjön. Utifrån detta har beräkningar gjorts på tre olika alternativ enligt Tabell 1.

**Tabell 1: Bedömning av mängd förorenat sediment som behöver saneras beroende av haltmål**

Kvarlämnad halt (mg/kg TS)	Mängd sediment (m <sup>3</sup> )	Kvarlämnad mängd Hg (kg)	Procent förorening avlägsnad (%)
0,1	221 000	0,3	-
1	110 000	10	95
2	74 000	18	91

För att minska risken för stora utsläpp av kvicksilver samt långsiktiga utsläpp bör mängden kvicksilver reduceras med ca 95 %, vilket innebär att halterna i de kvarlämnade sedimenten underskrider 1 mg/kg TS. En muddring innebär även att mängden organiskt material minskar vilket minskar risken för metylering av kvicksilvret.

## 4.0 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR OCH ARBETEN

Nedan redovisas i kronologisk ordning viktiga händelser och steg på vägen för den utredning som utförts med avseende på de förorenade sedimenten i Ala Lombolo sedan 2008.

### 4.1 2011

Efter att huvudstudien redovisats 2008 följde en process som resulterade i att Kiruna kommun ställde frågan till SGU om att överta rollen som huvudman för projektet. 2011 byter projektet huvudman enligt bidragsförordningen när SGU övertar rollen från Kiruna kommun.

### 4.2 2012

#### *Beslut från Försvarsmakten*

Försvarsmakten meddelar beslut om att ammunitionen som finns i Ala Lombolo ska bärgas. Beslutet avser de 173 ammunitionslådor som enligt tillgänglig dokumentation dumpats i en begränsad del av sjön.

#### *Sedimentundersökning*

En sedimentkartering genomfördes med syfte att vidare undersöka föroreningsutbredningen i plan och djup, att upprätta förnyade mängdberäkningar av mängden föroreningar i sjön samt att utgöra underlag för kommande uppdatering av åtgärdsutredning och förprojektering (Golder Associates, 2013).

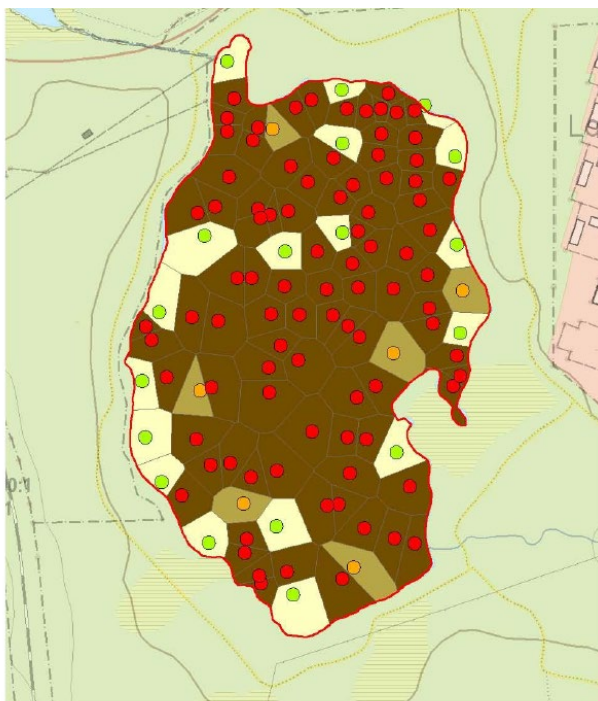
Vid provtagningen uttogs 130 stycken sedimentprover fördelade över hela sjön, indelat i 13 nummerade delområden. Prover har uttagits på olika djup ned till 1,5 meter med hjälp av en kajakprovtagare. I samband med sedimentprovtagningen genomfördes även radarmätning och mätning med side scan sonar i sjön för att sondera djup och lagerföljd i sedimenten, samt för att kartlägga olika botten typer. Vidare genomfördes även avvattningsförsök samt geotekniska försök. Resultaten redovisas i kartbilder i Figur 3.

Baserat på resultaten beräknas den totala volymen förorenade sediment uppgå till 59 000 m<sup>3</sup> om åtgärdsålet är 1 mg/kg TS och 45 000 m<sup>3</sup> om saneringsmålet är 2 mg/kg TS.

I avvattningsförsöket, som genomfördes av Sweco, späddes proverna till TS-halt 3 %, varpå proverna fick sedimentera. Försök genomfördes med tillsats av två olika katjonpolymerer, varpå proverna vakuumfiltrerades. Sedimenten flockades med båda polymererna. Filterkakorna från båda proverna hade en lös konsistens varför tillsats med järnklorid och släckt kalk testades. Efter tillsatsen hade filterkakorna en fastare konsistens, vilket är en fördel vid deponering.

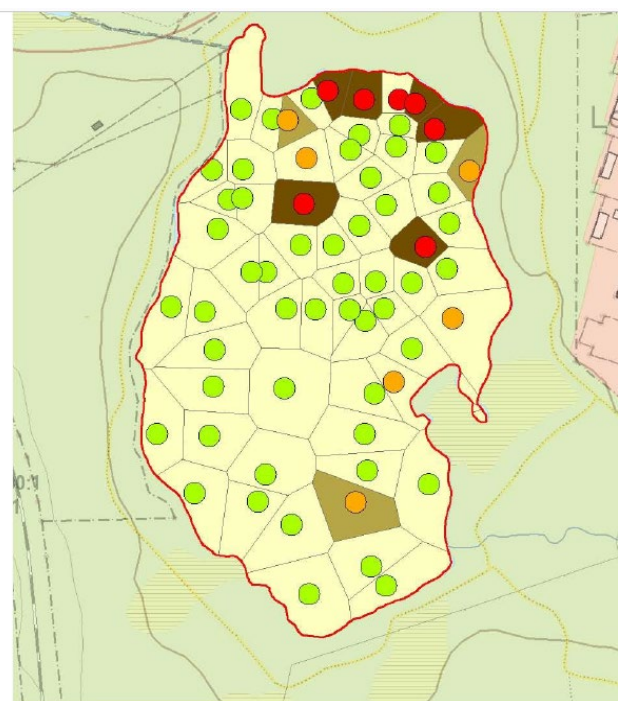
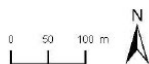
Tryckfiltrering genomfördes för att möjliggöra materialets hållfasthet och hydrauliska konduktivitet. Efter tryckfiltreringen genomfördes undersökningar gällande hydraulisk konduktivitet, skjuvhållfasthet och deformationsegenskaper.

Filtratmängderna analyserades avseende metaller. Filtraten från försöken med konditionering analyserades även avseende totalhalt av kväve, fosfor och organiskt kol, samt löst organiskt kol. Halterna av vissa metaller är betydligt högre i de ofiltrerade proverna från försöken med kemikalietillsatser och betydande andelar är partikelbundna. De höga halterna bedöms härröra från de tillsatta kemikalierna.



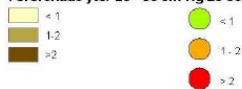
#### TECKENFÖRKLARING

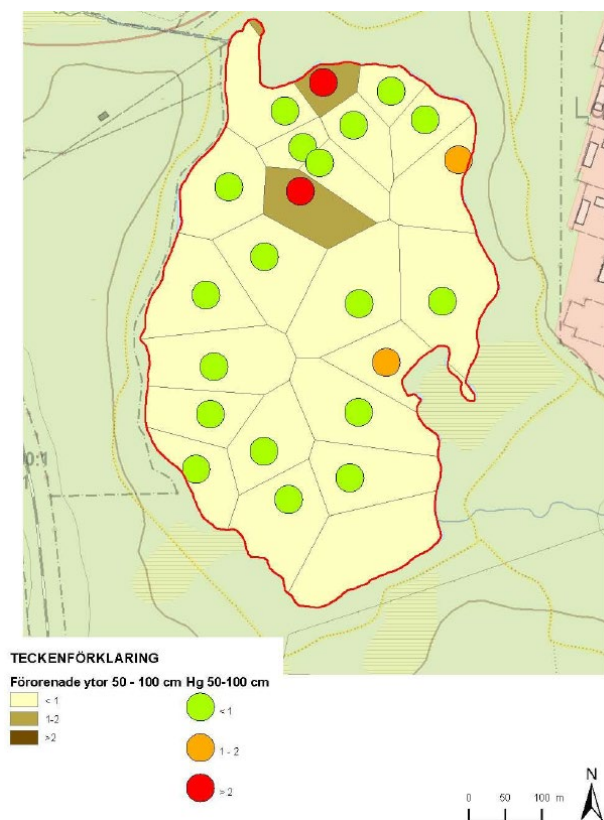
Förorenade ytor 0 - 20 cm Hg 0-20 cm



#### TECKENFÖRKLARING

Förorenade ytor 20 - 50 cm Hg 20-50 cm





**Figur 3: Föroreningssituationen vid olika djup i sedimenten.**

### Georadar

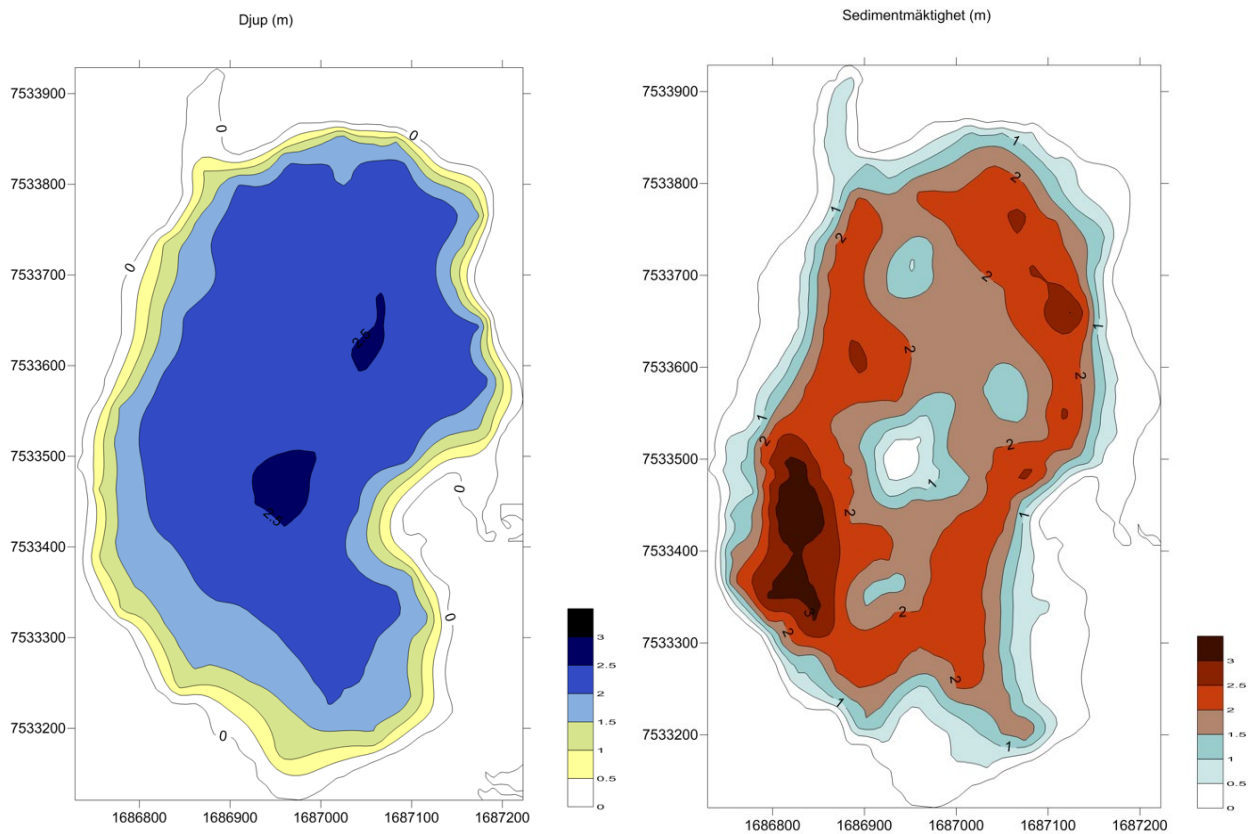
Undersökningar med Georadar genomfördes av Geonova med syfte att undersöka sjöns djup samt sedimentens mäktighet, se Figur 4. Någon redovisning av arbetet utöver figuren nedan har inte kunnat återfinnas.

### 4.3 2013-2014

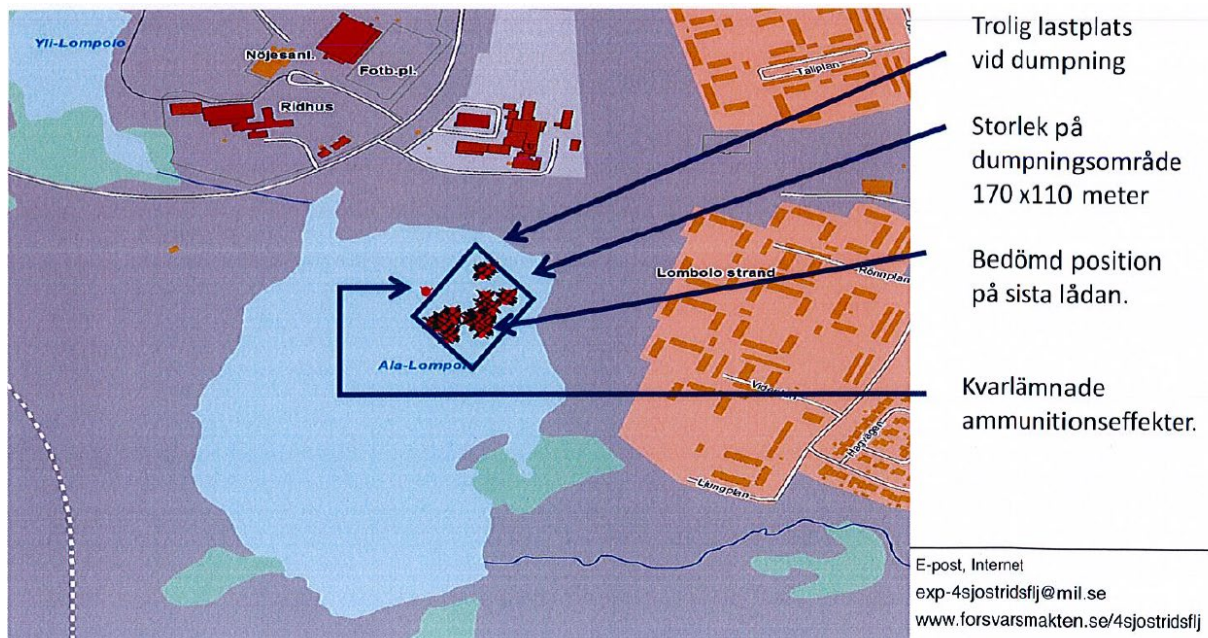
#### Ammunitionsbärgning

2013 påbörjade Försvarsmakten bärgning av de ammunitionslådor som dumpats i Ala Lombolo. Under insatsen bärgades alla lådor utom en (172 av 173 dokumenterade). Vidare bärgades ca 50 kg finkalibrig ammunition, annan OXA och explosivämnen. Vid fortsatt arbete 2014 lokaliserades och bärgades den sista ammunitionslådan.

I Försvarsmaktens rapport över utförda arbeten (Försvarsmakten, 2014, presenterad våren 2015) framkommer att man med utfört arbete bärgat de ammunitionslådor som varit syftet men att man också påträffat andra, inte dokumenterade, fynd av OXA och explosivämnen och att man inte kan garantera att sjön är fri från andra ammunitionseffekter. Figur 5 redovisar bild från Försvarsmaktens rapport.



Figur 4: Sjöns djup samt sedimentens mäktighet.



Figur 5: Lägen för påträffad ammunition i Ala Lombolo.

## 2014

Med syfte att driva utredningsarbetet vidare tecknar SGU och LKAB en avsiktsförklaring om samverkan i fortsatta arbeten. En styrgrupp med medverkan från SGU, LKAB, Kiruna kommun och Länsstyrelsen i Norrbotten bildas.

### Åtgärdsutredning (utkast)

En uppdaterad och utvecklad åtgärdsutredning tas fram av Golder för att redovisa möjliga alternativ för muddring och omhändertagande av de förorenade sedimenten. Åtgärdsutredningen presenteras som utkast men slutförs inte (Golder Associates, 2014).

Volymen av förorenade sediment som omfattas av avhjälpandeåtgärden beräknas (med inräknad övermuddring för att säkerställa att åtgärdskravet nås) till ca 60 000 m<sup>3</sup> om åtgärdskravet sätts till 2 mg Hg/kg TS och till ca 75 000 m<sup>3</sup> om åtgärdskravet sänks till 1 mg Hg/kg TS. Muddringen bedöms kunna utföras som frysmuddring eller sugmuddring.

Frysmuddring kan genomföras under större delen av året. Frysta limpör lyfts upp på hårdgjord yta på land med uppsamling och behandling av dräneringsvatten. Limporna får ligga kvar och tina, efterhand skalas det upptinade materialet bort och tas om hand. På detta sätt bedöms torrsbstanshalter på minst 50 % uppnås. Arbetet bedöms ta två år i anspråk. Den volym vatten som behöver behandlas (partikelavskiljning) bedöms som mindre än 40 000 m<sup>3</sup> respektive 60 000 m<sup>3</sup>, beroende av åtgärdskrav. Ingen ytterligare stabilisering av massorna bedöms som nödvändigt inför deponering.

Det andra alternativet för muddring är sugmuddring med mekanisk avvattning. Tidsåtgången för sugmuddringen bedöms till en sommarsäsong. Sugmuddring begränsas av temperatur och kan inte genomföras när sjön är frusen. Den volym rejektvatten som behöver behandlas kan uppgå till totalt ca 300 000 m<sup>3</sup>. Sluttorrhalten och skjuvhållfastheten som uppnås bedöms inte som tillräcklig utan ytterligare stabilisering behövs inför deponering genom tillsats av bindemedel bestående av exempelvis cement och finmald granulerad masugnsslagg i en mobil blandningsstation.

En tredje möjlighet är att kombinera sugmuddring med frystorkning av de muddrade sedimenten. Då krävs anläggning av bassänger dit muddermassor pumpas och får sedimentera och förtjockas medan överskottsvatten dekanteras av. De förtjockade sedimenten förs sedan från sedimentationsbassängen till särskilda frystråg där de fryses ner i block. Efter nedfrysning staplas blocken på en avvattningsyta där de får tina och torka.

Ytterligare ett alternativ är sugmuddring med avvattning i geotuber. Alternativet är endast aktuellt om deponi där muddermassorna ska tas omhand finns inom avstånd så att muddermassorna kan pumpas dit. Efter avvattning i geotuber omvandlas ytan där avvattning skett till en deponi, genom att geotuberna med inneslutna sediment täcks. Dock förväntas sättningarna bli stora vilket kan komma att kräva en del efterarbete med täckning av massorna.

### Förstudie avvattningstekniker

Inför sanering av sedimenten i Ala Lombolo har två alternativ för muddring tagits fram; sugmuddring och frysmuddring, vilka båda har sina för- och nackdelar. Syftet med förstudien med avvattningstekniker var att utreda möjliga avvattningsmetoder för sedimenten, göra en bedömning av mängd rejektvatten som uppkommer, vilka föroreningshalter som kan förväntas förekomma i det samt förslag på gränsvärden (Sweco Environment, 2014).

Muddermassorna från sjön innehåller mycket organiskt material vilket binder vatten och försvårar avvattning, och gör det svårt att utvärdera metoder utan att genomföra pilotförsök. Dock var några tekniker, så som Lyom

Aqua System, centrifuger, silbandpressar och skruvpressar, möjliga att uteslutas då de ej kan uppnå önskade resultat gällande till expempel halt torrsubstans eller sedimentens sammansättning.

Utifrån resultatet av jämförelserna av olika tekniker rekommenderas vidare undersökning av följande metoder;

**Avvattningstuber:** Fördelarna med metoden är att den är enkel, billig och energisnål, samt att den har hög kapacitet. Nackdelarna är att resultatet inte går att styra och att avvattningstubererna behöver ligga kvar till nästa barmarkssäsong. Vidare krävs mycket yta och tid.

**Rapid Dewatering Technology:** En ren högteknologisk metod där avvattning sker i flera steg. Fördelarna med metoden är att den har hög kapacitet och ger en snabb avvattning, resultatet kan till viss del styras. Dock är metoden dyr och utan att genomföra pilotförsök är resultatet osäkert.

**Kombinerade metoder:** Det är en kombination av avvattningsmetoder där sedimenten först avvattnas varpå de frystorkas. Fördelar med metoden är att det går att få en hög TS-halt, samt att det är möjligt att styra resultatet, vidare krävs färre transporter. Nackdelarna är dock att metoden är tids-och energikrävande.

Polymertest genomfördes med syfte att undersöka vilken polymer som är mest effektiv för avvattning av sediment från Ala Lombolo. Vidare genomfördes även en laboratoriestudie avseende avvattning med geotuber genom en metod som kallas "shopping bag-test". Inför försöken uttogs ytliga sedimentprover från Ala Lombolo.

## 4.4 2015

### *Inriktningsbeslut från styrgruppen*

Innan Försvarmaktens rapport presenteras fattar styrgruppen för projektet ett inriktningsbeslut om att konventionell sugmuddring följt av avvattning i två steg ska utredas med genomförande av pilotförsök som en del. Som teknik för avvattning ska föravvattning och frysning/tining följt av externt omhändertagande av sedimenten med termisk destruktion testsas.

### *Ammunitionsteknisk expertis kopplas till projektet, nytt inriktningsbeslut*

Kort efter styrgruppens beslut presenteras Försvarmaktens rapport med osäkerheten om kvarvarande OXA och explosivämnen i sedimenten. Under de nya förutsättningarna beslutas att knyta ammunitionsteknisk expertis (Maritime EOD, & Environmental Consultant AB, MEODEC) till projektet.

### *Nytt inriktningsbeslut från styrgruppen*

Baserat på riskanalys med avseende på OXA och explosivämnen under ledning av ammunitionsteknisk expertis beslutar styrgruppen att revidera tidigare inriktningsbeslut till att istället omfatta densitetsortering muddring (lågflödesmuddring) med efterföljande avvattning i geotub. Lågflödesmuddring har inte tidigare använts i liknande projekt, men tekniken studeras för att utreda om den kan vara lämplig. Fördelen med den densitetsortering muddringen är att eventuell OXA i sedimenten är för tung för att följa med och därför blir kvar på botten. Muddringenheten är obemannad och styrs av ett styrsystem från land.

### *Avvattningsförsök i labbskala*

Kompletterade avvattningsförsök i labbskala genomförs av Sweco (Sweco Environment, 2015). Syftet med försöken är att testa geotuber med tillsats av flockningskemikalier till sedimenten. Vidare testades effekten av frysning/tining.

Parallellt med avvattningsförsöken genomfördes geotekniska undersökningar. Sedimentens skjuvhållfasthet undersöktes i enaxliga försök som visade att skjuvhållfastheten var mycket låg (4 kPa för det sedimentprov som frysts och sedan tinat respektive 2 kPa för det ursprungliga provet).

Ett organiskt sulfidpreparat tillsattsett till ett utspätt, flockat blandprov. Ett vattenprov från veckfiltrering skickades för metallanalys, tillsammans med ett vattenprov från filtrering utan tillsatt sulfidpreparat. Försöket syftade till att undersöka om metallerna kan bindas i större omfattning till det fasta materialet.

Kvicksilverhalten i provet med sulfidpreparat reducerades något, dock kunde ingen tydlig trend i halterna kopplat till sulfidpreparatet utläsas.

Vidare genomfördes även analys av vattenprover från uppsamlade filtratmängder från försöket med geotextilpåsarna. Proverna analyserades med avseende på metaller, suspenderad substans, löst organiskt kol och totalhalter av kväve och fosfor. Kvicksilverhalten var under detektionsgränsen, vilket skiljer sig från försök som genomfördes 2012. Även halter av andra metaller var låga. Halterna av suspenderade ämnen var relativt låga, ca 1,5 g/kg TS i sedimentet som frysts och sedan tinat, respektive 0,5 g/kg TS i det ofrysta sedimentet.

## 4.5 2016-2017

### *Information angående explosivämnen*

Projektet får information om att explosivämnen i form av nitroglycerin (NG) och trotyl (TNT) kan förekomma i sedimenten i sjön. Med bakgrund av den nya informationen engageras Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) i projektet för att bedöma risker med avseende på den nya informationen (FOI, 2018).

### *Metod för ammunitionsteknisk riskvärdering*

För att möjliggöra utvärdering av de risker som föreligger med muddring av Ala Lombolo presenterar MEODEC en metodik för ammunitionsteknisk riskvärdering (MEODEC, 2016a).

### *Ammunitionstekniskt säkerhetsutlåtande*

Det tidigare planerade pilotförsöket skjuts på framtiden för att möjliggöra en noggrann riskbedömning med avseende på OXA och explosivämnen i sedimenten och tillhörande konsekvenser med avseende på båda muddring och omhändertagande av sedimenten. Som underlag för det fortsatta arbetet presenterar MEODEC en första version av ammunitionstekniskt utlåtande (MEODEC, 2016b). Syftet med utlåtandet är att identifiera risker med OXA och explosivämnen, definiera riskområden, riskreducerande åtgärder och restriktioner samt fastställa att säkerheten är på en tolerabel nivå och även definiera eventuella kvarvarande risker.

## 4.6 2018

### *Hydrogeologisk utredning*

För LKABs räkning har Geosigma genomfört en sammanfattning av det hydrogeologiska kunskapsläget för området kring Kiruna underjordsgruva (KUJ) (Geosigma, 2018). Rapporten sammanfattar situationen för Ala Lombolo med angänsande området enligt följande.

Grundvattennivå: Grundvattennivån i området har tydliga säsongsvariationer i både berg och jord.

Grundvattennivån och dess variation har samband med det topografiska läget, och ofta syns påverkan från gruvans dränerande funktion. Påverkan från KUJ syns på olika sätt. Vissa borrhål visar påverkan året om, medan andra endast visar påverkan säsongvis.

Ytvatten: Utloppsflödet från Ala Lombolo är större än inflödet, detta tyder på att tillrinningen till sjön från omgivningen är större än dess eventuella dränage till gruvan. Säsongsvariationer i skillnaden mellan grundvattennivåer och sjönivåer tyder på att det finns ett utflöde från Ala Lombolo till följd av gruvans dränering. Sjonivån i Ala Lombolo visar hittills inga långtidstrender.

Resultaten från utredningen visar att prognosen för inflödet till KUJ vid full utbrytning vid huvudnivån skattas öka med ca 30 %, till ca 20 m<sup>3</sup>/min. Inflödet styrs mycket av grundvattenbildningen och då även av nederbörd



samt utbredning av deformationsområdet. Avsänkningen förväntas vara störst öster om gruvan, nära Ala Lombolo, samt under centrala Kiruna, nordost om gruvan.

Om deformationen väsentligt ökar den hydrauliska konnektiviteten mellan ytvattnet och underliggande uppsprucken berggrund är betydande inflöden till gruvan från ytvattenförekomster möjlig. Hur mycket Ala Lombolo påverkas i framtiden styrs av hur väl dess botten kan behålla sin tätande förmåga och begränsa läckaget när deformationszonen närmar sig. Miljövillkorsgränsen för full utbrytning till 1365 m sträcker sig inte under Ala Lombolo varför sannolikheten är större att sjöns sediment inte påverkas så mycket av deformationerna, jämfört med Yli Lombolo (belägen strax nordväst om Ala Lobolo).

Grundvattennivåer i både berg och jord strax väster om Ala Lombolo indikerar redan i dagsläget påverkan från KUJ. Fram till full utbrytning av huvudnivån 1365 m förväntas även grundvattennivåerna öster om sjön vara avsänkta. Detta leder till en mindre inströmning till sjön och eventuellt även ökad utströmning. Resultatet kan bli att sjön sänks av om inte skyddsåtgärder vidtas.

Efter att gruvbrytning avslutas beräknas grundvattennivåerna ha återhämtat sig efter ca 26 år.

### **Metodvalidering för explosivämnesanalys, FOI**

Med syfte att kunna bestämma förekomst av explosivämnen i sediment validerar FOI en analysmetod för detta som testas och nyttjas i projektet (FOI, 2019).

### **Framtagande av dokument för upphandling av pilotförsök**

Parallellt med arbetet med det ammunitionstekniska utlåtandet utförs förberedande arbete inför det uppskjutna pilotförsöket. Med syfte att reducera risker med avseende på OXA och explosivämnen i sedimenten planeras för ett pilotförsök med densitetsortering muddring följt av avvattning i geotub. I det ammunitionstekniskt utlåtandet fastslås att pilotprojektet kan genomföras så säkert som skäligen kan förväntas givet att riskområden, skyddsåtgärder och restriktioner följs (MEODEC, 2018). Vidare ska personalen ha fått utbildning gällande arbetsmiljörelaterade risker och leverantör ska ha utarbetat och utbildat saneringspersonal för hantering av olycksfall.

Tidigare planer på mekanisk avvattning utgår då risk för detonation inte kan avskrivas.

## **4.7 2019**

### **Provtagning av sediment**

Med syfte att analysera förekomst av explosivämnen i sediment inför planerat pilotförsök och för att tillhandahålla sediment till bänkskalförsök med HTC-teknik genomförs sedimentprovtagning i Ala Lombolo (Golder Associates, 2019). I två provpunkter uttogs även prover för analys av metaller och metylkvicksilver. I samband med sedimentprovtagningen uttogs även två ytvattenprover med hjälp av bailer.

Resultaten från analys av ytvattenproverna visar att samtliga ämnen med undantag från koppar underskrider miljökvalitetsnormen som årsmedelvärde.

### **Explosivämnesanalys**

Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) genomförde analys av 15 sedimentprover från det område där muddring med densitetsortering planeras med syfte att undersöka halten av explosivämnen i sedimenten. Analysen följde den metod som utvärderades och validerades av FOI under 2018. Resultaten visade att inget av de 15 proverna innehöll koncentrationer av TNT och NG över metodens detektionsgräns (4 ng/kg sediment).

Slutsatsen från resultaten är att nivåerna av explosivämnen inte medför ytterligare risker för inblandade personer eller processer (FOI, 2019).

### **Bänkskaleförsök med HTC-teknik**

Med syfte att undersöka möjligheten att destruera sprängämnen i sedimenten med hjälp av HTC (hydrotermisk förkolning) genomfördes ett försök i bänkskala. Försöken utfördes på sediment från Ala Lombolo spikade med explosivämnen. Vid försöket minskar mängden sprängämnen till under detektionsgränsen (4 ng/kg) efter mindre än två timmar av värmeexponering och försöket visar vidare att ingen extra biomassa behöver tillsättas för en fungerande HTC-process (B. Zachhuber, 2019).

### **Pilotförsök med densitetsorterande muddring och avvattning i geotub**

Ett pilotförsök med densitetsorterande muddring genomfördes med syfte att vara ett metodförberedande moment där muddringssystemets kapacitet utvärderades. Vid pilotförsöket muddrades sediment inom en yta av 3000 m<sup>2</sup> i sjön. Under försöket användes en siltgardin för att förhindra spridning av partiklar. Siltgardinen orsakade problem i genomförandet då dragflottens vajrar fastnade och dragflotten tappade orienteringen, med följd att systemet var tvunget att stängas ner och återställas vid varje tillfälle. Med hjälp av en kamera noterades att ingen partikelspridning ägde rum under arbetet (Teknikmarknad, 2019).

Inför pilotförsökets genomförande hade nyttjanderättsavtal med Kiruna kommun tecknats och tillstånd för vattenverksamhet och miljöfarlig verksamhet erhållits.

Resultatet av pilotprojektet visar att tekniken med densitetsorterande muddring inte är lämplig för muddring av sediment i Ala Lombolo då undervattensenheten inte har kapacitet kan suga upp sedimenten.

Muddrade massor från pilotförsöket pumpades till geotuber för avvattning efter tillsats av flockningsmedel/polymer. Eftersom den testade muddringstekniken inte fungerade som förväntat blev den volym sediment som samlades i geotuberna begränsad. Geotuberna var placerade i en invallning med tät botten med en pumpbrunn i lågpunkt. Under försökets genomförande har rejektvattnet från geotuberna samlats upp och pumpats till en anläggning för vattenbehandling innan det släpptes till sjön. Som villkor för att släppa vatten till sjön angav tillståndet en högsta halt på suspenderade ämnen i vattnet. Anläggningen för vattenbehandling och siltgardinen i sjön avetablerades under hösten 2019 när muddringen avslutats.

Under sommaren 2020 noterades ett oväntat lågt pH-värde på vattnet i invallningen runt geotuberna. Vattnet bestod uteslutande av regnvatten. Försök visade att pH-värdet snabbt återställdes med en mindre tillsats av lut, vilket också tillfördes vattnet i invallningen innan det pumpades till sjön. Det är inte känt om pH-sänkningen orsakats av oxiderande sulfider i materialet eller oxiderande organiskt material i materialet eller båda. Med regnvattnets naturligt mycket begränsade buffertförmåga blir det snabbt en pH-sänkning även med mindre mängder av försurande ämnen.

Efter att muddermassorna legat i geotuberna i ett år var halten torrsbstans i sedimenten ca 22 %. Sedimenten transporterades till Dåva avfallsanläggning i Umeå för deponering som icke-farligt avfall (Fortum, 2021).

## 4.8 2020

### *Provtagning av sediment*

Förnyad sedimentprovtagning utfördes med syfte att analysera förekomst av explosivämnen och kvicksilver i sedimenten (Golder Associates AB, 2020). Provtagningen genomfördes med hjälp av rörprovtagare från is i 43 provpunkter utspridda över hela sjön. Provpunkternas antal och lägen föreslogs av MEODEC med syfte att erhålla tillräcklig information för att bedöma sannolikhet för förekomst av explosivämnen i sedimenten.

Resultaten visar att sedimenten innehåller förhöjda halter av framförallt kvicksilver, men också andra metaller som zink och bly. Analysresultaten visar förekomst av petroleumkolväten i samtliga prover i låga till måttliga halter. Baserat på erhållna analysresultat klassas sedimenten som ett icke-farligt avfall. Resultaten bekräftar resultat från tidigare provtagningar. Den höga halten organsikt kol (TOC) i sedimenten medför att dispens för deponering av organiskt avfall krävs vid deponering av avvattnat sediment.

Explosiva ämnen (TNT och nitroglycerin) har påvisats i låga halter i samtliga prover (TNT och NG mellan 0-4,5 mg/kg sediment). Utifrån resultatet dras slutsatsen att halterna av TNT och NG inte medför ytterligare risker för inblandade personer eller processer (FOI, 2020).

### *Ammunitionstekniskt utlåtande avseende hantering av avvattnade sediment*

Vid pilotförsöket med densitetsorterande muddring muddrades endast ytliga sediment. Muddringsmetoden syftade till att minska risken från OXA och explosivämnen i den fortsatta processen. Ett uppdaterat ammunitionstekniskt utlåtande lämnades med syfte att användas som underlag vid beslut om hur muddermassorna ska hanteras (MEODEC, 2020a). Den slutsats som redovisas är att de avvattnade sedimenten kan förbrännas eller deponeras säkert med hänsyn till explosivämnen. De avvattnade sedimenten innehöll ingen OXA.

### *Metodutveckling OXA-sanering*

På uppdrag av LKAB utförde MEODEC metodutveckling gällande lokalisering av OXA i sediment för att genomföra OXA-sanering i Ala Lombolo (MEODEC, 2020b). Förutom MEODEC deltog Clinton Marine Survey i projektet med sjömätningssutrustning/magnetometer. Under metodutvecklingen konstaterades att en granatkartech om ca 10,5 cm kan detekteras på ett avstånd om max 1,5 m med hjälp av magnetometrar. Vid användning av minsökare krävdes ett avstånd om 0,4-0,5 meter. Vidare noterades praktiska ändringar nödvändiga för att genomförandet av saneringen ska bli framgångsrikt. Resultat och erfarenheter från metodutvecklingen fördes vidare till den ammunitionsröjning som genomfördes sommaren 2020.

### *Ammunitionstekniskt utlåtande*

MEODEC utfärdade ytterligare ett ammunitionstekniskt utlåtande avseende explosivämnen i Ala Lombolo i augusti 2020 (MEODEC, 2020c). I denna omfattades även analys av pentyl, RDX och HMX i proverna med resultatet att inga spår av dessa ämnen finns i sedimenten. Slutsatsen i det ammunitionstekniska utlåtandet överensstämmer med tidigare utlåtande från 2020. Halterna av explosivämnen i sedimentet i Ala Lombolo är så låga att de inte utgör någon risk för inblandade människor eller processer. Detta innebär att muddermassorna antingen kan brännas eller deponeras utan några ammunitionsmässiga risker.

### *Ammunitionsröjning*

Efter pilotförsöket med densitetsorterande muddring som genomfördes utan framgång har arbetet med riskanalys fortgått med syfte att hitta den mest lämpade metoden för muddring, avvattning av sediment och slutligt omhändertagande. Utförd riskanalys visade att riskerna med avseende på muddring kunde hanteras på två sätt; genom kompletterande ammunitionsröjning och begränsade skyddsåtgärder vid muddring eller genom omfattande skyddsåtgärder vid muddring utan föregående kompletterande ammunitionsröjning. Valet föll på det tidigare alternativet och under sommaren 2020 genomförde MEODEC och Clinton Marine Survey

på uppdrag av LKAB en kompletterande ammunitionsröjning med målet att muddring till ett djup av en meter under sedimentens överyta ska kunna genomföras utan oacceptabla risker med avseende på OXA och explosivämnen. Metodiken för genomförandet av ammunitionsröjningen utgick från tidigare genomförd metodutveckling för densamma.

Vid ammunitionsröjningen bärgades och destruerades 94 OXA och 682 kg finkalibrig ammunition. Tre 20 mm granater påträffades och klassificerades som ej hanteringssäkra, dock finns en plan för hantering vid framtida muddring. För lokalisering av de OXA som påträffades, se Figur 6. Efter genomförd sanering bedöms riskerna från OXA i sjön ha reducerats till en tolerabel nivå och en muddring av sjön bedöms kunna genomföras säkert till ett djup av en meter under sedimentens överyta med endast mindre skyddsåtgärder (MEODEC 2020d). Hela sjön söktes av vid ammunitionsröjningen.



**Figur 6: Platser där OXA lokaliserats vid ammunitionsröjningen.**

I samband med ammunitionsröjningen genomförde Clinton Marine Survey också sjömättningsarbeten med olika metoder med syfte att bestämma vattendjup och sedimentmäktigheter. Vidare utfördes försök med att bestämma sedimentytans överyta. Mätningarna visade att multibeam-instrumentet registrerade en yta grundare än den som dykarna uppfattade som fast botten. Detta konstaterades även med hjälp av densitetsmätningar. Med bakgrund av detta genomfördes simulerade provtagningar för att, med hjälp av multibeam-djupet och densitetsmätningarna, få fram det rätta djupet där proverna var uttagna. Resultatet visade att variationer av djup på mellan 0-0,4 m erhöles. I efterhand fattades dock beslutet att en dynamisk förskjutning utgjorde ett bättre underlag. Ej muddringsbara områden, baserat på bottenens karaktär, identifierades även vid undersökningen (Clinton Marine Survey AB, 2020).

### Ammunitionstekniskt säkerhetsutlåtande

En omarbetad version av det första ammunitionstekniska säkerhetsutlåtandet (MEODEC, 2016b) upprättades utifrån de riskreducerande arbeten som genomförts avseende oexploderad ammunition mellan åren 2015-2020 (MEODEC, 2020e). Även kompletterande information från de insatser som genomförts av Försvarsmakten mellan 2012-2014 har nyttjats.

Bedömningen görs att ur ett ammunitionstekniskt perspektiv kan muddring ske säkert ned till ett djup om ca en meter under sedimentens överyta, med undantag av ett område i norra delen av sjön. Riskerna reducerades kraftigt i och med den ammunitionsröjning som genomfördes under sommaren 2020. Innan åtgärden beräknades riskerna utifrån 10,5 cm granater och efter åtgärden dimensioneras riskerna utifrån 20 mm granater, vilket är den typ av ammunition som eventuellt kan finnas kvar i sjön, tillsammans med sprängdeg. Det kan även förekomma små OXA och/eller OXA begraven djupare än en meter ner i sedimentet. Av denna anledning har riskreducerande åtgärder utarbetats.

MEODEC föreslår att två områden, enligt Figur 7, undviks vid muddring för att minimera risk från möjlig förekomst av sprängdeg. I övriga delar av sjön bedöms en säker muddring kunna genomföras ned till en meters djup under sedimentens överyta utan risk för OXA.



Figur 7: Förslag på område som inte bör muddras (gula cirklar), samt platser där OXA lokaliserats vid ammunitionsröjning i augusti 2020.

## Bänkskaleförsök frysavvattning

Bänkskaleförsök med frysavvattning av sediment genomfördes. Resultaten från försöket visar att sedimenten från Ala Lombolo reagerar bra på frysprocessen, vilket innebär att det går att styra resultatet av avvattningen till önskad TS-halt. Inga kemikalier eller tillsatsämnen är nödvändiga för frysavvattning (Jens Eriksson, 2020).

Utan kompaktering minskade provets storlek till ca 1/8 del av sitt ursprung. Med efterföljande kompaktering bedöms volymen kunna reduceras ytterligare. Materialet är efter frysavvattning stackbart.

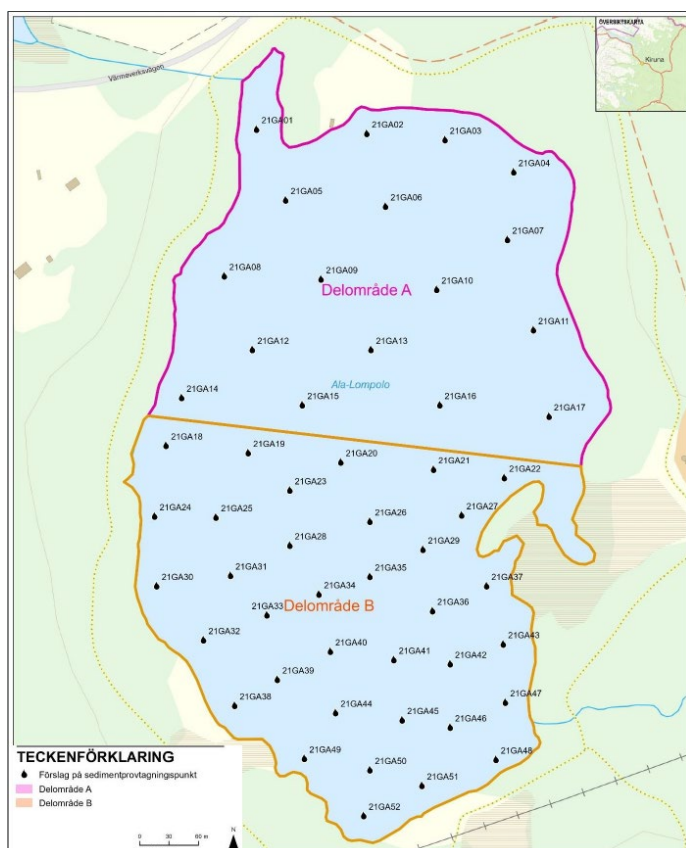
Analyser av rejeqtvatten från frysavvattningen visade endast på låga halter av metaller.

Då den tekniska utrustningen för frysavvattning är skalbar bedöms alla alla flödesbehov kunna mötas. För att kunna dimensionera en fullskalig anläggningen och räkna på kostnader för en sådan behöver tekniken testas i pilotskala. Vid sådant pilotförsök behöver också frågan om rejeqtvattnets sammansättning studeras vidare liksom effekten av kompaktering av det avvattnade materialet.

## 4.9 2021

### Provtagning av sediment

För att erhålla ytterligare kännedom om föroreningarnas utbredning i plan och profil i sjön har Golder genomfört ytterligare en sedimentprovtagning (Golder Associates, 2021). Provtagningen genomfördes i 52 provpunkter fördelade över hela sjön (Figur 8) indelat i två delområden. I samband med provtagningen genomfördes även sticksondering med syfte att bestämma djupet till fast botten under sedimenten. Vid provtagningen noterades oljefläckar i sedimenten samt lukt av olja. Vidare genomfördes även geotekniska provningar med syfte att fastställa sedimentens egenskaper. Dessa resultat utvärderas inte i denna rapport.



Figur 8: Provpunkternas lägen, provtagning 2021.

## Geoteknik

Sweco har genomfört en översiktlig geoteknisk undersökning inför omvandling/torrläggning av Ala Lombolo. Syftet med undersökningen var att översiktligt kartlägga jordlager- och grundvattenförhållandena inom området (Sweco, 2021a).

## RFI mottagningsanläggningar

Intresseförfrågan skickades till mottagningsanläggningar för att undersöka intresse och möjlighet att ta emot avvattnade muddringsmassor från Ala Lombolo. I förfrågan informerades mottagningsanläggningarna om att massorna klassas som ickefarligt avfall med relativt höga metallhalter och hög organisk halt. Den organiska halten innebär att massorna klassas som organiskt avfall och omfattas av förbudet att deponera organiskt avfall, varför en dispens från förbudet krävs för deponering. Den totala mängden torrsbstans i massorna beräknas till ca 5 000 ton.

Intresseförfrågan visade att det finns anläggningar i regionen som har möjlighet att ta emot massorna.

## Risakanalys sprängdeg

Det ammunitionstekniska arbetet har steg för steg reducerat riskerna inför en kommande muddring/sanering av sedimenten i Ala Lombolo. Den sista risken som fullt ut inte reducerats är risken kopplat till förekomst av sprängdeg i sedimenten. Främst gäller denna risken om sprängdeg skulle hamna i en förbränningsanläggning men även risken vid muddringsförfarandet.

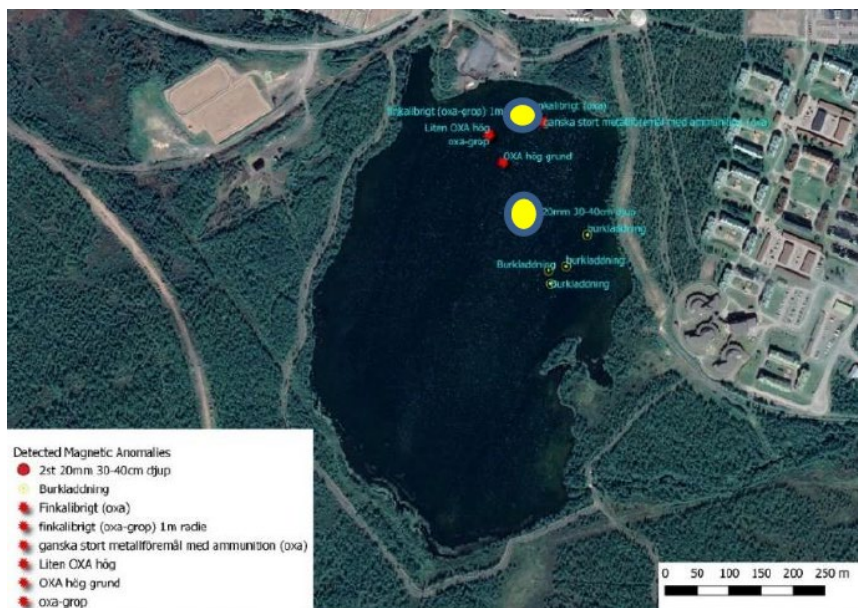
Försvarsmakten lokaliserade en halv sprängdegspatron under sin insats 2013. De sedimentprover som togs 2020 i Ala Lombolo påvisade ingen förekomst av pentyl som är en komponent i sprängdeg. Sprängdeg skiljer sig från nitrolit på det sätt att det inte sönderdelas när det hamnar i vattnet. Det finns mineralolja som binder explosivämnet (pentyl). Det innebär att de sedimentprover som togs under 2020 inte kan detektera sprängdeg (pentyl) på samma sätt som nitrolit från burkladdningarna.

Även om det var en begränsad mängd sprängdeg som hittades av Försvarsmakten behöver den ändå omhändertas i det ammunitionstekniska arbetet. I samband med ammunitionsröjningen i augusti 2020 påträffades ingen sprängdeg.

Slutsatserna av riskanalysen med avseende på sprängdeg säger att det går inte att utesluta att sprängdeg som hamnar i en bränningsanläggning kan detonera utifrån analysen av kritisk diameter. Muddring kan genomföras och sprängdegen innebär inga risker för muddringsanläggningen (MEODEC, 2021a).

## Ammunitionsteknisk analys granater 20 mm

MEODEC har genomfört en riskanalys avseende den ammunitionstekniska risken vid muddring i Ala Lombolo (MEODEC, 2021b). Den kvarvarande risken som föreligger är förekomsten av 20 mm granater i sjön. Innan pilotmuddring genomförs i sjön där risken föreligger att 20 mm granater kan finnas krävs riskreducerande åtgärder. Figur 9 redovisar de områden som berörs.



**Figur 9: Placering av funna 20 mm granater markerat i gult.**

Vid muddring förutsätts personal styra muddringshuvudet från en båt på sjön. De risker som finns är att kopparazid på tändrören reagerar och får granaten att detonera. De platser som identifierats där tillräckligt mycket energi kan tillföras för att en granat ska kunna detonera är vid pumpar på flotte och vid landanläggning.

FOI har beräknat riskområdet för splitter från en 20 mm granat till 350 m. Försvarmakten däremot har beräknat att riskområdet från en oskyddad person är 150 meter och för skyddad person 25 meter. Enligt MEODEC är det ammunitionstekniskt sakkunnigs och kvalitetskontrollants uppfattning att det praktiska riskavståndet är 150 m. Dock behöver dessa riskavstånd inte nyttjas om skyddsåtgärder används.

Vidare kan det även finnas risk för övertryck om en granat detonerar, risken kan minimeras genom användning av hörselskydd och sandsäckar. Med en öppning/utblås går det att reducera övertrycket så att det inte utgör någon risk.

Om detonation sker under vatten finns risk för ytgenombrott med möjliga splitterskador på personal som följd. Ett vattendjup om minst 1 m krävs för att skydda mot en detonation av en 20 mm granat under vatten.

De riskreducerande åtgärderna samt den tekniska informationen som behövs för förfrågningsunderlag listas i rapporten (MEODEC, 2021b).

### **Bänkskaleförsök med HTC**

Med syfte att studera möjligheten att behandla sedimenten från Ala Lombolo med HTC-teknik och studera massbalansen för kvicksilver i processen har ett bänkskaleförsök genomförts (Sweco 2021b). Resultaten från utförda bänkskaleförsök visar att HTC-behandling är tekniskt möjlig för sediment från Ala Lombolo. Andelen organiskt material i sedimentet är tillräcklig för HTC-processen och metaller fastläggs i biokolet till stor uträkning (70 - 100%). För metylkvicksilver kunde inte ingående mängder balanseras mot utgående mängder i biokol och filtrat. Mängden avfall reduceras kraftigt (cirka 80%) vilket innebär minskade kostnader för transport och mottagning av avfall. HTC-biokolet klassas som icke-farligt avfall.

Resultaten från utförda försök visar på behov av vattenrening av utgående vatten från HTC-anläggningen, främst avseende vissa metaller och TOC. Kraven på vattenrening styrs av vilka utsläppsvillkor som fastställs för åtgärden.



En fullskalig anläggning för behandling av sediment med HTC kan komma att kräva kolfilter eller annan motsvarande skyddsåtgärd för utsläpp till luft.

## 5.0 REVIDERADE ÅTGÄRDSMÅL

Projektgruppen för Ala Lombolo har under 2021 fattat beslut om reviderade övergripande åtgärds mål för projektet enligt följande:

**ÅM 1-2021:** "Sedimenten i Ala Lombolo ska inte utgöra en risk med avseende på spridning av miljöfarliga ämnen via ytvatten eller grundvatten till Torne älv och Kalix älv"

**ÅM 2-2021:** "Människor ska kunna vistas i Ala Lombolos omgivning utan risk för sin hälsa"

**ÅM 3-2021:** "Möjligheten att nyttja Ala Lombolo och dess omgivningar för friluftsliv ska inte minska i jämförelse med dagens situation"

Ovan redovisade övergripande åtgärds mål kan komma att revideras av annan huvudman.

Det första övergripande åtgärds målet (ÅM1) avser risker för spridning av föroreningar via ytvatten till Torne älv via Luossajoki och via grundvatten till Kalix älv via inströmning i gruvan med tillhörande vattenhantering. I huvudstudierapporten (Kiruna kommun, 2008b) redovisas en massbalans för kvicksilvertransport i Luossajoki som inte entydigt pekar ut Ala Lombolo som den dominerande källan. Frågan har sedan dess diskuterats i omgångar och det finns fortsatt osäkerheter ifall spridning av kvicksilver med utströmmande vatten från Ala Lombolo till Luossajoki utgör en miljörisk. Frågan bör utredas vidare.

Genom den reglering av utloppet som finns i Ala Lombolo finns en fysisk barriär mot spridning av föroreningar från Ala Lombolo till Luossajoki om vattennivån i sjön sjunker under denna nivå.

### Underlag för att fastställa mätbara åtgärds mål

Mätbara åtgärds mål för avhjälpan åtgärden fastställs i samband med riskvärdering där formuleringen av de mätbara åtgärds målen anpassas till de åtgärdsalternativ som värderas. I riskvärderingen görs sedan en bedömning av hur väl de olika alternativen uppfyller de övergripande åtgärds målen genom de mätbara åtgärds målen.

Tabell 2 redovisar beräknad massreduktion med avseende på kvicksilver vid ett antal möjliga mätbara åtgärds mål. Beräkningarna baseras på resultat från sediment 0-0,5 meter från provtagningar genomförda 2021. Vid beräkningarna har TS-halten för sedimenten i sjön antagits vara 10% och sedimentens densitet 1,1 ton/m<sup>3</sup>. Redovisad massreduktion beräknas baserat på total halt kvicksilver i sedimenten inräknat naturliga bakgrundshalter. Siffrorna i Tabell 2 ska ses som ett exempel på underlag för värdering av en åtgärd med syfte att reduceras mängden kvicksilver i sedimenten i Ala Lombolo. I den riskvärdering som redovisats som del av huvudstudien (Kiruna kommun, 2008) har ett åtgärdsalternativ förordats med en mängdreduktion av kvicksilver motsvarande 95%.

**Tabell 2: Beräknad massreduktion beroende av åtgärds mål**

Mätbart åtgärds mål	Mängd sediment (ton)	Mängd kvicksilver (kg)	% av total beräknad mängd Hg	g Hg/ton sediment
1,0 mg/kg TS	80 274	182	98,9	2,2
2,0 mg/kg TS	72 205	179	98,2	2,5
4,0 mg/kg TS	67 567	177	97,6	2,6
10 mg/kg TS	58 404	173	95,0	3,0

## 6.0 SAMLAT KUNSKAPSLÄGE 2021

Sedan mitten av 1990-talet har ett flertal utredningar och andra arbeten utförts med syfte att utreda behov av avhjälpandeåtgärder avseende förorenade sediment i Ala Lombolo. Nedan redovisas i punktform aktuellt kunskapsläge i projektet.

- Föroreningarna i sedimenten i Ala Lombolo är avgränsade i plan och djup. Kvicksilver är den dimensionerande föroreningen men förhöjda halter av andra metaller och petroleumkolväten har också påvisats. Befintligt underlag bedöms vara tillräckligt för att bedöma miljö- och hälsorisker kopplade till sedimenten och för att upprätta handlingar för upphandling av entreprenad för avhjälpandeåtgärder.
- Muddring av de förorenade sedimenten kan genomföras med konventionell sugmuddring ner till ett djup av 1,0 meter under sedimentytan utan oacceptabel risk med avseende på OXA och explosivämnen i sedimenten med endast mindre kompletterande skyddsåtgärder och rutiner. För sugmuddring finns förslag upprättat för dessa skyddsåtgärder.
- Föravvattning av sediment kan utföras i geotub utan oacceptabel risk med avseende på OXA och explosivämnen i sedimenten. Tillsats av polymer/flockningsmedel till sedimenten utgör inget hinder.
- Avvattning av sediment kan utföras med konventionell mekanisk avvattning utan oacceptabel risk med avseende på OXA och explosivämnen i sedimenten.
- Avvattnade sediment klassas som icke-farligt avfall men har ett innehåll av organiskt kol som kräver dispens för deponering av organiskt avfall vid deponering. Sedimentens syrabildande förmåga och tillhörande läckage av tungmetaller från de avvattnade sedimenten kan utgöra en begränsning vid slutligt omhändertagande.
- Risker med avseende på människors hälsa, tekniska anläggningar och ekonomi på grund av förekomst av sprängdeg i avvattnade sediment kan inte uteslutas vid förbränning som metod för slutligt omhändertagande.
- Frysavvattning och HTC är potentiella tekniker för effektiv avvattning av sediment från Ala Lombolo.
- Externa anläggningar finns i regionen för mottagning av avvattnade sediment. De geografiska avstånden till anläggningarna gör att transporten kan komma att utgöra en inte obetydande kostnad och miljöpåverkan vid en avhjälpandeåtgärd.
- Utförda riskreducerande åtgärder med avseende på OXA och explosivämnen i sedimenten har reducerat relaterade risker i hög utsträckning. Återstående risker kan hanteras genom mindre omfattande skyddsåtgärder på utrustning och med utbildning av berörd personal. Som ytterligare en riskreducerande åtgärd kan ett begränsat område vid OXA-groparna (Figur 7) undantas från muddring förutsatt att åtgärds målen för avhjälpandegården ändå kan uppfyllas.

## 7.0 PÅGÅENDE OCH PLANERADE FORTSATTA ARBETEN

Utöver de utredningar och åtgärder som redovisats ovan finns ett antal pågående och planerade arbeten med syfte att tillföra ytterligare kunskap till projektet. Dessa aktiviteter redovisas nedan.

### *Pilotförsök frysavvattning*

Utförda bänkskaleförsök med frysavvattning av sediment från Ala Lombolo har visat lovande resultat (se avsnitt 5.0). Med syfte att få ett bättre underlag för dimensionering och kostnadssättning av en anläggning för frysavvattning av sediment i full skala planerar och förbereder LKAB för att genomföra ett pilotförsök under 2022. Pilotförsöket kommer att omfatta sugmuddring, inledande avvattning av sediment i geotub med tillsats av flockningsmedel och fortsatt avvattning med frysavvattningsteknik.

Det förfrågningsunderlag som upprättas för upphandling av pilotförsöket omfattar riskreducerande åtgärder med avseende på OXA (20 mm granater) med syfte att testa och bedöma genomförbarheten av dessa vid arbeten i full skala.

### *Lakvatten från avvattnade sediment*

Vid pilotförsök med densitetssortering muddring 2019 muddrades en mindre mängd sediment upp för avvattning i geotub. Sedimenten tilläts ligga kvar i tuberna under vinter 2019/2020. Under sommaren 2020 noterades ett oväntat lågt pH-värde på vattnet i invallningen runt geotuberna. Det är inte känt om pH-sänkningen orsakats av oxiderande sulfider i materialet eller oxiderande organiskt material i materialet eller båda.

Med syfte att studera lakvatten från avvattnade sediment pågår ett fuktkammarförsök med material från utfört bänkskaleförsök med frysavvattning av sediment. Försöket simulerar en torr deponi med begränsat läckage av vatten och syre genom tätningen och de kemiska processer som äger rum i materialet och vilken effekt det får på utgående vatten från deponin. Analysresultaten från försöket har i skrivande stund inte utvärderats. Försöket bekostas av LKAB.

## 8.0 ÅTERSTÅENDE ARBETEN

Under åren har ett stort arbete lagts ner på utredningar avseende föroreningsituationen i Ala Lombolo och många frågor har besvarats. Trots detta återstår fortfarande ett antal frågeställningar som behöver hanteras innan ett åtgärdsalternativ för avhjälpandeåtgärd kan förordas. Ett antal av dessa frågor som återstår att besvara redovisas nedan. Listan gör inte anspråk på att vara komplett och kan komma att förändras.

### *Massbalans kvicksilver i Luossajoki*

I huvudstudierapporten för Ala Lombolo (Kiruna kommun, 2008b) redovisas en massbalans för kvicksilvertransport i Luossajoki som inte entydigt pekar ut Ala Lombolo som den dominerande föroreningskällan. Frågan har sedan dess diskuterats i omgångar och det finns fortsatt osäkerheter ifall spridning av kvicksilver med utströmmande vatten från Ala Lombolo till Luossajoki utgör en miljörisk. Detta bör utredas vidare inför bedömning av måluppfyllelse av det första övergripande åtgärds målet (ÅM1) avseende risker för spridning av föroreningar via ytvatten till Torne älv via Luossajoki och grundvatten till Kalix älv via inträngning i gruvan med tillhörande vattenhantering.

Genom den reglering av utloppet som finns i Ala Lombolo finns idag en fysisk barriär mot spridning av föroreningar från Ala Lombolo till Luossajoki om vattennivån i sjön sjunker under denna nivå. Regleringen av sjön utgör ett vandringshinder för fisk och lyder därför under ett tidsbegränsat tillstånd som nyligen förlängts.

Det utförs löpande provtagningar och mätningar av vatten i Luossajokisystemet i samverkan mellan flera aktörer. Befintlig data bör ses över med syfte att säkerställa att dessa kan nyttjas som underlag vid kommande tillståndsansökan för avhjälpandeåtgärd i Ala Lombolo. Vid behov kan provtagningarna med fördel kompletteras med de uppgifter som bedöms saknas.

### *Täckning av sediment*

Som alternativ till muddring av de förorenade sedimenten har täckning av sedimenten på plats diskuterats. Täckning av sedimenten är en ofta kostnadseffektiv metod och kan vara aktuell om målet främst är att minska spridning av förorening med ytvatten. En nackdel med metoden är att den inte minskar mängden förorening utan bara begränsar exponeringsrisken och spridningsrisken. Om risk föreligger att pågående markdeformationer skapar sprickor i sjöns botten och sjöns därmed riskerar dräneras i någon omfattning finns en risk för förorenings spridning in i gruvan där föroreningar i sedimenten sprids med inströmmande grundvatten och vidare med befintligt system för länshållning till Kalix älv. I ett sådant framtida scenario kan en täckning utgöra en begränsning i möjligheten att åtgärda den uppkomna situationen.

Täckning utreddes inom ramen för huvudstudien (Kiruna kommun, 2008) men avskrevs då åtgärden ansågs medföra att en stor mängd föroreningar kvarlämnas och därmed inte utgöra en långsiktig isolering av kvarlämnad förorening eller långsiktigt skydd mot spridning. Alternativet ansågs heller inte vara av engångskaraktär då de skulle behöva återkommande underhåll. Vidare skulle även restriktioner för användning av området behövas då sjön eventuellt kommer att torrläggas. Trots detta bedöms tekniken vara värd att utreda igen då kunskapen om täckning av sediment utvecklats sedan 2008 och lösningen sannolikt skulle vara kostnadsmässigt intressant.

Som en del av utredningen bör frågan om risker kopplade till avgång av gas från sedimenten hanteras liksom om stabilisering av sedimenten in situ kan vara ett intressant alternativ i kombination med täckning. Sannolikt skulle en täckningslösning komma att kräva både bänkskaleförsök och pilotförsök innan tekniken kan designas och tillämpas i full skala.

### **Sedimentens tätande funktion i sjön**

Utförda undersökningar har visat att det under perioder kan förekomma en omättad zon under sjöns botten vilket skapar förutsättning för ett dränage av vatten från sjön till underliggande jordlager (utströmning) istället för en inströmning av grundvatten till sjön från kringliggande områden. Det har också visats att det i begränsade delar av sjön saknas sediment som överlagrar underliggande morän. Förutsatt att sedimenten har en lägre genomsläpplighet för vatten än underliggande morän kan dessa områden utgöra ett mer aktivt inströmnings- eller utströmningsområde med ett större utbyte av vatten mellan sjön och underliggande jordlager.

Med syfte att utreda omfattningen av detta utbyte av vatten och dess betydelse för förorenings-spridning från Ala Lombolo bör sedimentens tätande funktion i systemet utredas liksom omfattningen av utbytet av vatten mellan Ala Lombolo och underliggande jordlager. Vidare bör frågan om vad en muddring av sediment kan innebära för vattenbalansen i Ala Lombolo utredas så att detta kan beskrivas i en miljökonsekvensbeskrivning om tillstånd för en avhjälpandeåtgärd ska sökas.

### **Utreda möjligheter till lokal deponi**

Efter muddring och avvattning behöver de avvattnade sedimenten omhändertas genom deponering eller förbränning eller annan metod. Genom intresseförfrågan till branschen har projektet säkerställt att det finns tillståndsgivna avfallsmottagare i regionen. Möjligheten att finna en lokal lösning bör dock utredas då det skulle minska behovet av transporter och därtill associerade kostnader och miljöbelastning.

De avvattnade sedimenten klassas som icke-farligt avfall. Den höga halten organsikt kol (TOC) i sedimenten medför att dispens för deponering av organiskt avfall kommer att krävas vid deponering av avvattnat sediment. Resultat från pågående fuktkammarförsök med syfte att karaktärisera lakvatten från deponi med avvattnade sediment behöver beaktas vid slutlig bedömning av avfallet.

### **Uppdaterad miljö- och hälsoriskbedömning**

Baserat på utförda utredningar och det nya kunskapsläge som råder för projektet bör en uppdatering av tidigare upprättad miljö- och riskbedömning utföras med syfte att definiera risker och behov av riskreducerande åtgärder. Som underlag för riskbedömningen kan redovisat förslag till övergripande åtgärdsområde nyttjas men dessa kan också vid behov formuleras om.

### **Förorda förslag till systemlösning**

När de tekniska utredningarna är avslutade kan olika alternativ för muddring, avvattning och omhändertagande sättas samman och jämföras i en riskvärdering där olika aspekter av åtgärden vägs samman. Som en del av denna riskvärdering ingår att jämföra effekter och konsekvenser av olika förslag till mätbara åtgärdsområde. Utfallet av riskvärderingen blir ett från projektet förordat alternativ till systemlösning för avhjälpandeåtgärden.

### **Uppdatera riskanalys med avseende på OXA**

När ett alternativ till systemlösning förordats bör en översyn av riskanalys med avseende på OXA och explosivämnen utföras med syfte att säkerställa att den föreslagna åtgärden bedöms kunna utföras utan oacceptabla risker. Detta gäller speciellt om nya åtgärdsalternativ utretts inom ramen för projektet.

### ***Tillståndsansökan och handlingar för upphandling av avhjälpandeåtgärd***

När valet av systemlöning för avhjälpandeåtgärden gjorts kan arbetet med tillståndsansökan till mark- och miljödomstolen påbörjas förutsatt att finansiering finns och det är beslutat vem som ska stå som sökande. Ansökan kan med fördel omfatta samtliga delar i avhjälpandeåtgärden (muddring, avvattnings och vattenrening samt anläggande av deponi (om tillämpligt)). Tillståndsansökan baseras på en teknisk beskrivning och en miljökonsekvensbeskrivning. Till miljökonsekvensbeskrivningen kan det komma att krävas baseline-data på exempelvis vattenkvalitet som med fördel kan börja samlas in omgåenden om så krävs.

För upphandling av entreprenaden för avhjälpandeåtgärden behöver ett förfrågningsunderlag upprättas efter att val av entreprenadform fattats. Förfrågningsunderlaget bör som minst omfatta administrativa föreskrifter, teknisk beskrivning med tillhörande dokument, mängdförteckning (i förekommande fall) och utkast till arbetsmiljöplan att överlämna från BAS-P till BAS-U.

Om vilja finns att utföra entreprenaden i samverkan kan totalentreprenad enligt ABT06 med fördel väljas som entreprenadform.

## REFERENSLISTA

- B. Zachhuber (2019), *HTC-labbförsök för förorenad sediment från sjön Ala Lombolo, Kiruna*, 2019-06-17. På uppdrag av SGU.
- Clinton Marine Survey AB (2020), *Korrigerig av MBES ytan relativt den faktiska botten*. På uppdrag av LKAB.
- FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut (2018), *Metodvalidering för explosivämnesanalys av sediment från Ala Lombolo, FOI Memo 6361*, 2018-03-01. På uppdrag av SGU.
- FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut (2019), *Explosivämnesanalys av sediment från sjön Ala Lombolo, FOI Memo 6783*, 2019-06-26. På uppdrag av SGU.
- FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut (2020), *Extraktion och analys av slamprov från Ala Lombolo*, 2020-06-18. På uppdrag av LKAB.
- Fortum (2021), *Ala-Lompolo, 2021-01-29*. På uppdrag av LKAB.
- Försvarsmakten (2014), *Rapport OXA-sanering Ala Lombolo 2014*, 2014-12-22. På uppdrag av SGU.
- Geosigma AB (2018), *Hydrogeologiska förutsättningar samt yt- och grundvattenmodellering – Kiruna underjordsgruva*, 2018-03-14. På uppdrag av LKAB.
- Golder Associates AB (2013), *Förnyad sedimentkartering inför efterbehandling- Ala Lombolo, Kiruna*, 2013-01-16. På uppdrag av SGU.
- Golder Associates AB (2014), *Uppdaterad åtgärdsutredning, Ala Lombolo*, 2014-06-17. På uppdrag av SGU.
- Golder Associates AB (2019), *Sediment- och ytvattenprovtagning, Ala Lombolo, Kiruna*, 2019-05-06. På uppdrag av SGU.
- Golder Associates AB (2020), *Sedimentprovtagning April 2020, Ala Lombolo, Kiruna*, 2020-06. På uppdrag av LKAB.
- Golder Associates AB (2021), *Intresseförfrågan för mottagning av avfall*, 2021-03-30. På uppdrag av LKAB.
- Golder Associates AB (2021), *Resultatrapport sedimentprovtagning April 2021, Ala Lombolo*, 2021-08-12. På uppdrag av LKAB.
- Jens Eriksson AB (2020), *Avvattningstest, Ala Lombolo*, 2020-12-26. På uppdrag av LKAB.
- Kiruna kommun, *Riskvärdering för Ala Lombolo – Projekt Ala Lombolo*, 2008-05-05. På uppdrag av Kiruna kommun.
- Kiruna kommun (2008), *Huvudstudierapport för Ala Lombolo – Projekt Ala Lombolo*, 2008-06-11. På uppdrag av Kiruna kommun.
- MEODEC (2016a), *Metod för ammunitionstekniskt riskvärdering (ATRV) Ala Lombolo*, 2016-03-27. På uppdrag av SGU.
- MEODEC (2016b), *Ammunitionstekniskt säkerhetsutlåtande, Ala Lombolo 2016*, 2016-04-03. På uppdrag av SGU.
- MEODEC (2018), *Metodvalidering för explosivämnesanalys av sediment från Ala Lombolo*, 2018-03-01. På uppdrag av LKAB.
- MEODEC (2020a), *Ammunitionstekniskt utlåtande muddermassor från pilotförsök i Ala Lombolo*, 2020-05-11. På uppdrag av LKAB.

MEODEC (2020b), *Rapport och erfarenhetsskrivning från metodutveckling, OXA-sanering Ala Lombolo, 2020-07-24*. På uppdrag av LKAB.

MEODEC (2020c), *Ammunitionstekniskt utlåtande explosivämnen i Ala Lombolo aug 2020, 2002-08-26*. På uppdrag av LKAB.

MEODEC (2020d), *Rapport OXA-sanering Ala Lombolo, Augusti 2020, 2020-10-02*. På uppdrag av LKAB.

MEODEC (2020e), *Ammunitionstekniskt säkerhetsutlåtande, Ala Lombolo 2015-2020, 2020-12-31*. På uppdrag av LKAB.

MEODEC (2021a), *Ammunitionsteknisk analys av sprängdeg, 2021-03-15*. På uppdrag av LKAB.

MEODEC (2021b), *Ammunitionsteknisk analys a 20 mm granater i Ala Lombolo, 2021-10-18*. På uppdrag av LKAB.

MRM Konsult AB (1995), *Georadarundersökning av bottensediment i Ala-Lombolo, Kiruna kommun. MRAP 95062. 1995-12-08*. På uppdrag av Länsstyrelsen i Norrbotten.

Teknikmarknad (2019), *Pilotprojekt Ala Lombolo 2019, Lågflödesmuddring, 2019-10-23*. På uppdrag av SGU.

Sweco Environment AB (2012), *Avvattningsförsök sediment, 2012-11-16*. På uppdrag av SGU.

Sweco Environment AB (2014), *En jämförelse av tillgängliga avvattningstekniker inför åtgärd av Ala Lombolos kvicksilverförorenade sediment, 2014-06-16*. På uppdrag av SGU.

Sweco Environment AB (2015), *Avvattningsförsök sediment, Ala Lombolo, 2015-07-06*. På uppdrag av SGU.

Sweco AB (2021a), *Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik, 2021-05-14*. På uppdrag av LKAB.

Sweco AB (2021b), *Bänksaleförsök avseende HTC-behandling av sediment från Ala Lombolo, slutrapport, 2021-12-10*. På uppdrag av SGU.

Sweco Viak AB (2008), *Sedimentkartering och avvattningsförsök, Ala Lombolo, 2008-03-12*. På uppdrag av Kiruna kommun.



# Signatur sida

## Golder Associates AB

Edit Felding  
*Handläggare*

Johan Hörnsten  
*Uppdragsledare*

EF/JH

Org.nr 556326-2418  
VAT.no SE556326241801  
Styrelsens säte: Stockholm

i:\projekt\2018\18104259 sgu projektstöd htcl8.rapporter\slutrapport\slutrapport\_ala lombolo\_till sgu 211228.docx



**[golder.com](http://golder.com)**