

# Projekt Ala Lombolo

## Huvudstudierapport för Ala Lombolo

**Undersökningar  
Riskbedömning  
Åtgärdsutredning**

**Preliminär version**

**15 oktober 2007**



# Sammanfattning

## Bakgrund

I början av 1990-talet upptäcktes att sedimenten i Ala Lombolo är kraftigt förorenade av kvicksilver, men även av andra metaller såsom bly, koppar, zink och kadmium. Det uppskattas att sedimenten innehåller över 200 kg kvicksilver, vilket gör den till Norrbottens mest förorenade sjö.

En projektgrupp bildades med representanter från kommunen, Länsstyrelsen i Norrbotten och LKAB. Projektgruppen har initierat ett antal utredningar som sökt svar på frågorna om föroreningens ursprung, vilka risker för hälsa och miljö föroreningen innebär samt vilka åtgärder som kan vidtas.

Utredningarna visade att kvicksilvret främst härstammade från LKAB:s gamla laboratorium, men till viss del även från folktandvården. Man kunde bekräfta att föroreningarna sprider sig till Luossajoki och Torne älv, bland annat hittade man förhöjda halter av kvicksilver i ytsedimenten i Torneälven nedströms Ala Lombolo.

Förslag till åtgärder togs fram och en ansökan om bidrag för sanering lämnades in till Naturvårdsverket. De bedömde projektet som angeläget och Ala Lombolo finns nu på den lista av områden som är prioriterade för statliga bidrag för sanering.

En ny utmaning visades sig vara de sprickor i berget som orsakas av brytningen av järnmalm vid Kiirunavaaragruvan. Dessa medför rörelser i marken och förändrar hur vattnet rör sig. Redan nu berörs de övre delarna av Luossajoki som tillför vatten till Ala Lombolo och inom några decennier beräknas att Ala Lombolo hamnar inom det område som berörs av sprickutbredningen. Detta medför en minskad tillrinning till sjön, en sänkt vattenyta och andra flödesvägar från sjön. Därför är det av vikt att hitta en lösning för de förorenade sedimenten som är säker också i framtiden.

För att hitta en sådan lösning har en särskild projektgrupp bildats med representanter från kommunen och länsstyrelsen samt med expertstöd från Sveriges Geologiska undersökning (SGU) och Kemakta Konsult. Projektgruppen har i uppgift att genomföra de undersökningar och utredningar som krävs för att komma igång med en sanering.

## Framtida risker

Den ökade sprickutbredningen innebär att allt mindre vatten rinner i Luossajoki och mer vatten rinner mot gruvan. Vatten kan tillföras Ala Lombolo på konstgjord väg genom kulvertar och ledningar, men vattenflödet kommer på sikt att minska rejält, vilket även medför en lägre vattennivå i sjön.

En lägre vattennivå i Ala Lombolo medför att sediment torrläggs. Detta kan orsaka problem på flera sätt, bland annat genom ökad bildning av metylkvicksilver. Denna form av kvicksilver tas mycket lätt upp av växter och djur vilket gör den mycket farlig. Sediment som kommer i kontakt med luftens syre kan också förändras så att föroreningarna lättare lakas ut. Torrlagda sediment är också mer tillgängliga för människor och djur som vistas i området och de riskerar därmed att få i sig kvicksilver och andra föroreningar. Sprickor i marken kan också skapa nya vägar för vatten så att föroreningar från sjön sprids till grundvattnet och rinner ner i gruvan.

## Åtgärder krävs

Projektgruppen har gått igenom alla de undersökningar som genomförts samt kompletterat dessa med undersökningar i Luossajoki samt lakförsök på sediment från Ala Lombolo för få ett bra underlag för att kunna bedöma riskerna nu och i framtiden.

Underlaget har också använts för att ta fram olika alternativ för saneringen. Den utredning som nu håller på att slutföras visar att det finns risker med de förorenade sedimenten i Ala Lombolo:

- Ala Lombolo bidrar i dagsläget med en transport av 50 – 100 g kvicksilver per år till nationalälven Torne älv. Dessutom finns även delar av Luossajoki där sedimenten och översilningsmarken är förorenad. Denna förorening kan på nytt frigöras och spridas vidare ut i Torne älv.
- Sedimenten i Ala Lombolo har ett dåligt utvecklat liv och bottenlevande djur uppvisar skador som kan härröras till föroreningssituationen. Gäddor fångade i Torne älv utanför Jukkasjärvi har förhöjda halter av kvicksilver jämfört med gäddor från en opåverkad del uppströms i älven.
- De sprickbildningar som förväntas i berggrunden runt gruvan riskerar att innebära en ökad rörlighet av föroreningen och därmed en ökad spridning. Bildning av metylkviksilver kan öka i en grundare sjö, vilket medför ett större upptag i växter och djur.

Det är därför mycket angeläget att åtgärda de förorenade sedimenten i Ala Lombolo samt delar av Luossajoki.

### **Mål för åtgärden**

Inom projektgruppen har vi arbetat med de övergripande mål som kommunen antog 2001. Dessa har formulerats som:

- *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*

### **Möjliga åtgärder**

Eftersom hela sjön är förorenad med kvicksilver innebär det att mycket stora mängder sediment måste åtgärdas. Ytan som är förorenad motsvarar 40 fotbollsplaner och det uppskattas finnas ca 100 000 kubikmeter förorenade sediment. Dessutom finns dumpad ammunition i sjön som måste tas upp innan en sanering kan påbörjas. Försvaret har med hjälp av tekniska hjälpmedel, hund och dykare hittat de platser där ammunitionen ligger och bedömer att det är möjligt att påbörja en bärgning av ammunitionen under 2008.

Projektgruppen har gått igenom olika typer av åtgärder som skulle kunna vara möjliga att genomföra. Ur dessa har fyra huvudalternativ tagits fram som jämförs med ett nollalternativ, dvs. ett alternativ där ingen åtgärd genomförs förutom en långvarig kontroll av situationen. De huvudalternativ som utvärderats är:

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

För de olika huvudalternativen har olika underalternativ tagits fram med olika tekniska lösningar eller olika platser där muddrade massor kan deponeras. Dessutom föreslås sanering av delar av Luossajoki.

<p><b>A1 Förbiledning</b></p> <p><i>Förbiledning – Luossajoki leds i en kanal runt Ala Lombolo. Vattennivån sjunker gradvis och sjön växer igen.</i></p>	<p><b>A2 Övertäckning</b></p> <p><i>Övertäckning – Sedimenten på sjöbotten täcks med t.ex. gråbergsmassor.</i></p>
<p><b>A3 A4 Inkapsling</b></p> <p><i>Inkapsling – Sjön torrläggs och täcks över med ett tätt material.</i></p>	<p><b>A5-AB Muddring</b></p> <p><i>Muddring – De förorenade sedimenten muddras upp, avvattnas och läggs på en deponi.</i></p>

### Jämförelse mellan olika åtgärdsalternativ

De olika alternativen skiljer sig åt på flera sätt, bland annat i hur väl de uppfyller de uppställda målen för åtgärden, om de ger en långsiktig lösning, vilka andra intressen som kan beröras, vilket behov som finns av framtida begränsningar på användning av området, deras praktiska genomförbarhet och kostnad.

För att utvärdera alternativen har ett antal kriterier satts upp som beskriver de viktigaste förutsättningarna som måste bedömas. Utvärderingen har sammanfattats i en riskvärderingsmatris. Där värderas de kriterier som satts upp i en enkel färgskala.

Åtgärd	Föroreningsöde	Riskreduktion kort sikt	Riskreduktion lång sikt	Risker vid åtgärd	Påverkan på övriga intressen	Åtgärdens beständighet	Restriktioner	Genomförbarhet	Transport och energi	Kostnad	Krav på tillstånd
Nollalternativ	Orange	Orange	Orange	Grön	Orange	Orange	Orange	Grön	Grön	Grön	Grön
Förbiledning av Luossajoki	Orange	Orange	Orange	Orange	Grön	Orange	Orange	Grön	Orange	Orange	Orange
Övertäckning av sediment	Orange	Orange	Orange	Orange	Grön	Orange	Orange	Grön	Orange	Orange	Orange
Inkapsling på plats	Orange	Grön	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Muddring - befintlig deponi	Grön	Grön	Grön	Orange	Orange	Grön	Grön	Grön	Orange	Orange	Orange
Muddring - ny deponi i Kiruna	Grön	Grön	Grön	Orange	Orange	Grön	Orange	Grön	Orange	Orange	Orange

*Exempel på en riskvärderingsmatris. Grönt anger lösningar som väl uppfyller kriterierna, medan rött anger en lösning som inte uppfyller kriterierna. Orange anger lösningar som till en del uppfyller kriterierna.*

### **Övriga delar av huvudstudien**

Denna rapport ger ett underlag till den process som kallas för riskvärdering. I riskvärderingen jämförs och värderas de framtagna åtgärdsalternativen med avseende på olika miljömässiga, tekniska, ekonomiska och andra aspekter. Under denna fas är det viktigt med en bred förankring av framtaget material bland politiker, allmänhet och andra berörda. Inkomna synpunkter bearbetas och utgör underlag för den riskvärdering som presenteras i en separat rapport.

Riskvärderingsrapporten utgör underlag för Kiruna kommuns beslut om att ta på sig huvudmannaskap för efterbehandlingen av Ala Lombolo. Ett huvudmannaskap innebär både ett praktiskt och ekonomiskt deltagande.

# Innehållsförteckning

<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>1</b>
<b>1 INLEDNING .....</b>	<b>7</b>
1.1 UPPDRAG OCH SYFTE .....	7
1.2 BAKGRUND .....	7
<b>2 OMRÅDESBESKRIVNING.....</b>	<b>8</b>
2.1 LÄGE.....	8
2.2 HISTORISK REDOGÖRELSE.....	8
2.3 OMRÅDETS NUVARANDE OCH FRAMTIDA ANVÄNDNING .....	10
2.3.1 Nuvarande användning.....	10
2.3.2 Framtida förhållanden .....	10
2.4 OMGIVNINGSFÖRHÅLLANDEN .....	11
2.4.1 Topografi.....	11
2.4.2 Geologiska förhållanden .....	12
2.4.3 Hydrogeologiska förhållanden .....	12
2.5 SEDIMENTFÖRHÅLLANDEN .....	13
2.5.1 Ala Lombolo .....	13
2.5.2 Luossajoki.....	14
2.5.3 Ammunitionsförekomst .....	14
2.6 LAGLIGT FASTSTÄLLDA SKYDDSOBJEKT I OMGIVNINGEN.....	14
2.7 ALLMÄNNA SKYDDSOBJEKT.....	14
2.8 MILJÖSTÖRANDE VERKSAMHET I OMGIVNINGEN.....	15
2.8.1 Gruvdrift.....	15
2.8.2 Värmeverk.....	16
2.8.3 Avloppsverk .....	16
2.8.4 Deponier.....	17
2.8.5 Annat .....	17
<b>3 GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR.....</b>	<b>18</b>
3.1 UNDERSÖKNINGAR AV SEDIMENT .....	18
3.1.1 Genomförda undersökningar innan huvudstudien.....	18
3.1.2 Undersökningar i huvudstudieskedet.....	20
3.2 UNDERSÖKNINGAR AV ÖVERSILNINGSMARK.....	21
3.2.1 Undersökningar i huvudstudieskedet.....	21
3.3 UNDERSÖKNINGAR AV YTVATTEN .....	21
3.3.1 Genomförda undersökningar innan huvudstudien.....	21
3.3.2 Undersökningar i huvudstudieskedet.....	22
3.4 UNDERSÖKNINGAR AV GRUNDVATTEN .....	23
3.4.1 Genomförda undersökningar innan huvudstudien.....	23
3.4.2 Undersökningar i huvudstudieskedet.....	23
3.5 BIOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR .....	24
3.5.1 Genomförda undersökningar innan huvudstudien.....	24
3.6 UNDERSÖKNING AV FÖRORENINGSINNEHÅLL I SNÖ .....	25
3.6.1 Genomförda undersökningar innan huvudstudien.....	25
3.6.2 Undersökningar i huvudstudieskedet.....	25
3.7 UNDERSÖKNING AV AMMUNITIONSFÖREKOMST.....	25
3.7.1 Genomförda undersökningar innan huvudstudien.....	25
3.7.2 Undersökningar i huvudstudieskedet.....	26
<b>4 FÖRORENINGSSITUATIONEN.....</b>	<b>27</b>
4.1 SEDIMENT OCH ÖVERSILNINGSMARK .....	27
4.1.1 Ala Lombolo .....	27
4.1.2 Luossajoki.....	32
4.2 YTVATTEN .....	37
4.2.1 Ala Lombolo .....	37
4.2.2 Luossajoki.....	38

4.3	GRUNDVATTEN .....	41
4.4	BIOTA .....	41
<b>5</b>	<b>RISKBEDÖMNING .....</b>	<b>43</b>
5.1	FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR RISKBEDÖMNING .....	43
5.2	BEDÖMNING AV SPRIDNINGSRISKER.....	44
5.2.1	<i>Spridningsvägar och recipienter .....</i>	44
5.2.2	<i>Transport av partikelbundna föroreningar.....</i>	44
5.2.3	<i>Utvärdering av föroreningarnas lakbarhet .....</i>	45
5.2.4	<i>Transport av lösta föroreningar.....</i>	45
5.2.5	<i>Uppskattad spridning från Ala Lombolo .....</i>	47
5.2.6	<i>Utsläpp från andra källor.....</i>	51
5.2.7	<i>Framtida spridning.....</i>	51
5.3	BEDÖMNING AV HÄLSO- OCH MILJÖEFFEKTER .....	52
5.3.1	<i>Bedömning av hälsoeffekter vid vistelse i området.....</i>	52
5.3.2	<i>Bedömning av miljöeffekter inom området.....</i>	53
5.3.3	<i>Metylkvikksilver.....</i>	54
5.4	BEDÖMNING AV ÅTGÄRDSBEHOV .....	55
<b>6</b>	<b>ÅTGÄRDSUTREDNING.....</b>	<b>57</b>
6.1	MÖJLIGA ÅTGÄRDS- OCH BEHANDLINGSALTERNATIV .....	57
6.1.1	<i>In situ metoder.....</i>	57
6.1.2	<i>Muddring .....</i>	58
6.1.3	<i>Omhändertagande av förorenade massor .....</i>	59
6.2	UTVÄRDERADE ÅTGÄRDSALTERNATIV .....	62
6.2.1	<i>Åtgärdsalternativ för Ala Lombolo.....</i>	62
6.2.2	<i>Åtgärdsalternativ för Luossajoki .....</i>	66
6.2.3	<i>Volym sediment för eventuell åtgärd.....</i>	67
6.2.4	<i>Riskreduktion för olika alternativ.....</i>	68
6.2.5	<i>Risker i samband med åtgärder.....</i>	71
6.2.6	<i>Påverkan på övriga intressen .....</i>	73
6.2.7	<i>Åtgärdens beständighet och framtida restriktioner .....</i>	74
6.2.8	<i>Metodens genomförbarhet.....</i>	76
6.2.9	<i>Kostnader för åtgärd .....</i>	78
6.2.10	<i>Tillstånd.....</i>	83
6.3	LOKALISERINGSUTREDNING FÖR DEPONI .....	85
<b>7</b>	<b>REFERENSER.....</b>	<b>86</b>

Bilagor:

Bilaga 1 – Provtagningsprotokoll från provtagning 2006

Bilaga 2 – Kostnadsberäkningar för åtgärder i Ala Lombolo och Luossajoki

Bilaga 3 – Sammanställning över samtliga utredningar i Ala Lombolo



# 1 Inledning

## 1.1 Uppdrag och syfte

Kiruna kommun genomför en huvudstudie i Projekt Ala Lombolo enligt Naturvårdsverkets kvalitetsmanual för efterbehandling av förorenade områden. Projektet finansieras med bidragsmedel från Naturvårdsverket utbetalda genom Länsstyrelsen i Norrbotten. Projektet ingår sedan 2000 i Naturvårdsverkets åtgärdsram, vilket innebär att det ingår bland de prioriterade projekt som är aktuella för statligt finansierad efterbehandling.

Syftet med denna rapport är att utifrån befintligt utredningsmaterial och inom huvudstudien utförda kompletteringar ta fram en slutlig fördjupad riskbedömning och en komplett åtgärdsutredning. Den fördjupade riskbedömningen och åtgärdsutredningen har sammanställts till en huvudstudierapport i enlighet med Naturvårdsverkets kvalitetsmanual. Inom uppdraget ingår även att ta fram ett underlag för riskvärdering samt sammanställa en separat riskvärderingsrapport.

Utredningen har utförts av projektgruppen för Projekt Ala Lombolo. Projektgruppen ingår Kiruna kommun, miljöskydds enheten vid Länsstyrelsen i Norrbotten, Kemakta Konsult AB, SGU som länsstyrelsens projektstöd, representanter från LKAB, Försvarsmakten och Jukkasjärvi byallmänning.

Mark Elert och Karin Jonsson från Kemakta Konsult har ansvarat för den fördjupade riskbedömningen och åtgärdsutredningen samt haft ansvar för den skriftliga sammanställningen av huvudstudien.

## 1.2 Bakgrund

Sjön Ala Lombolo är idag svårt förorenad av metaller och klassas som Norrbottens mest förorenade sjö, främst på grund av de över 200 kg kvicksilver som anrikats i sedimentet. Föroreningen härstammar framförallt från LKAB:s laboratorium som tidigare släppt ut avloppsvatten i sjön. En mindre del av kvicksilverutsläppet härstammar från andra verksamheter, t ex tidigare utsläpp från folktandvården. Förutom föroreningar ligger drygt 170 lådor instabil ammunition i sjön, vilka dumpades på 1950-talet av Försvarsmakten.

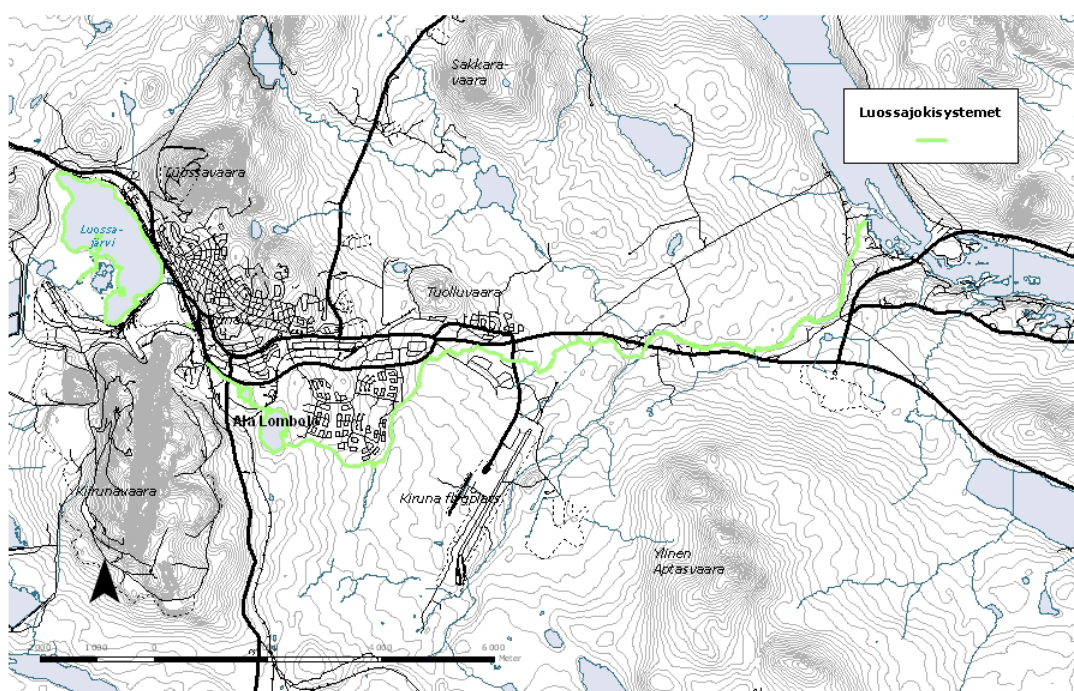
Den omfattande kvicksilverföroreningen i sedimenten upptäcktes på 1990-talet och en rad olika undersökningar och utredningar har sedan dess gjorts i sjön Ala Lombolo samt i övriga delar av Luossajokis vattensystem. Föroreningssituationen i Ala Lombolo gör sjön till ett av Norrbottens 30 mest förorenade områden och sjön tillhör riskklass 1, enligt länsstyrelsens riskklassning.

Järnmalmsbrytningen vid Kiirunavaaragravan leder till stor påverkan på omgivande markområden i form av markdeformationer. Stora delar av centrala Kiruna måste flyttas till nya spricksäkra områden. Enligt LKABs sprickprognos från 2003 beräknas deformationerna nå Ala Lombolo inom 30 år, men redan i nuläget ligger Luossajokikulverten, som tillför vatten i systemet, inom deformationszonen. Sprickutbredningen kommer således på kort sikt påverka vattentillförseln till Ala Lombolo och på lång sikt även sjön. Därmed påskyndas behovet av en sanering av sjön.

## 2 Områdesbeskrivning

### 2.1 Läge

Sjön Ala Lombolo har en yta på drygt 25 ha och är belägen ett par kilometer söder om Kiruna centrum (Figur 2-1). Ala Lombolo tillhör Luossajokis avrinningsområde. Vatten från den uppströms belägna sjön Luossajärvi leds genom en ca 1,5 km lång kulvert innan en naturlig bäck bildas uppströms sjön Yli Lombolo. Från Yli Lombolo rinner vattnet i Luossajoki vidare in i Ala Lombolo. Ytterligare ett inflöde sker via en dagvattenkulvert. Ala Lombolo avvattnas via Luossajoki som ca 1,5 mil österut rinner ut i Torne älv. Inom sjöns tillrinningsområde ligger den nedlagda koppargruvan Viscaria samt järnmalmgruvan Kiirunavaara och Luossavaara Kiirunavaara AB:s (LKAB) upplag för gråbergsmassor. Runt sjön går ett elljusspår och i närområdet ligger bostadsområdet Lombolo, ett ridhus samt Kiruna Värmeverk.



Figur 2-1 Kiruna centralort med omgivningar och sjön Ala Lombolo

### 2.2 Historisk redogörelse

Brytningsaktiviteterna i Kiruna började i liten skala redan 1764. Malmbrytningen i ett dagbrott i Kiirunavaara var i gång i full skala 1902/1903. På 1960-talet övergick verksamheten till underjordsbrytning. I den största malmkroppen bryts magnetit och de viktigaste gångartsmineralen är fluorapatit och hornblände. Förutom detta förekommer i mindre mängder även kalcit, biotit, kvarts, titanit, diopsid, talk, albit och sulfider (Pontèr, 1993). Under dagbrottsverksamheten bröts ca 100 miljoner ton gråbergsmassor som i dag ligger utlagda runt Kiirunavaara och dräneras till Luossajokisystemet. Järnmalm-brytningen har gett en tydlig påverkan på Luossajokisystemet. Läckaget från gråbergsmassorna har orsakat bl.a. förhöjda halter kalcium och sulfat. Gråbergsmassornas innehåll av kopparkis, bornit och molybdenglans har även orsakat

en ökning av koppar, kobolt, molybden, strontium och barium i Luossajokisystemet jämfört med naturliga haltnivåer. Användandet av sprängmedel vid dagbrottsbrytningen har även bidragit till att nitrathalterna i Luossajokisystemet ökat och mineralet apatit har resulterat i ett läckage av fosfor. Fosfor och kväve har även tillförts Luossajokisystemet från den fiskodling som funnits i Norra Luossajärvi och från det kommunala avloppet som fram till 1967 dränerades till Ala Lombolo (Ponter, 1993).

År 1991 upptäcktes de höga kvicksilverhalterna i Ala Lombolo och sedan dess har en rad undersökningar genomförts i och omkring Ala Lombolo, se kapitel 3.

Den största delen av det kvicksilver som i dag påträffas i sedimenten i Ala Lombolo härstammar från järnanalyser som utfördes under närmare 70 år vid LKAB. LKAB:s laboratorium har vid bestämningen av järnhalten i malmproverna tidigare använt sig av tenn-, kvicksilver- och kromhaltiga kemikalier. Sedan 1896 har 3,6 miljoner titromeriska järnanalyser genomförts vilket motsvarar en förbrukning av 540 kg kvicksilver, 757 kg tenn och 336 kg krom (LKAB, 1994). 1956 började LKAB bestämma järnhalten med röntgenfluorescens (XRF), varför den titrometiska metoden successivt minskat i användningen fram till 1993 då metoden togs helt ur drift.

Fram till 1915 är det möjligt LKAB:s laboratorium hade ett eget avlopp som gick direkt till Ala Lombolo och Luossajoki. Därefter har avloppet troligen anslutits till det kommunala avloppssystemet.

En mindre del av kvicksilverföroreningen härstammar även från Folkvandvårdens verksamhet som med start på 1950-talet släppt ut kvicksilver genom det kommunala avloppet. Under en stor del av 1900-talet fanns ingen avloppsrening och fram till mitten av 50-talet leddes det orenade avloppsvattnet ut i Luossajoki uppströms Ala Lombolo. 1954/55 byggdes ett reningsverk för mekanisk rening vid Ala Lombolo, men med obetydlig avskiljningen av metaller. Stora mängder avloppsslam från det kommunala avloppet har sedimenterat i sjön. Ett nytt reningsverk byggdes 1967 med utsläpp nedströms Ala Lombolo.

Vid sprängningen i dagbrottet användes kvicksilverfulminat för att detonera sprängämnet vilket möjligen även kan utgöra en del av den förorening av kvicksilver som i dag observerats i Ala Lombolo (Ponter, 1993). Senare utredningar har dock bedömt denna källa som mindre trolig till Ala Lombolos föroreningar då kvicksilvret vid detonationen omvandlas till gasfas och en stor del därmed borde ha avgått till atmosfären vid dagbrottsverksamheten (LKAB, 1994).

Efter andra världskrigets slut dumpade försvarsmakten år 1954 173 förzinkade plåtlådor med trähölje innehållande ca 17 300 ljusspränggranater med instabila tändsatser. Lådornas placering i sjön har lokaliserats med georadar, sonar, magnetsonder, bombhund, bombpik och dykare (Försvarsmakten, 2007a,b). Försvarsmaktens undersökningar under 2006 och 2007 visar att lådorna huvudsakligen finns i den nordöstra delen av sjön. Det stora flertalet av lådorna ligger i dagsläget ca 50-70 cm ner i sedimenten (Försvarsmakten, 2007a).

## **2.3 Områdets nuvarande och framtida användning**

### **2.3.1 Nuvarande användning**

Ala Lombolo med omgivning är ett populärt rekreationsområde och används i dagsläget för skidåkning, löpning, promenader och ridning. Runt sjön går ett elljusspår och grillplatser finns runt sjön. I sjöns närhet finns också bostadsområdet Lombolo och ett ridhus. Sjön ligger i den zon som utsett som SGU:s riksintresse för utvinning av värdefulla ämnen och mineraler. Fiske har tidigare skett i sjön, men påverkan från tungmetaller och utsläpp av avloppsvatten har stört fiskbeståndet och endast spigg lär förekomma i sjön, vilket medför att inget fiske sker i dagsläget.

### **2.3.2 Framtida förhållanden**

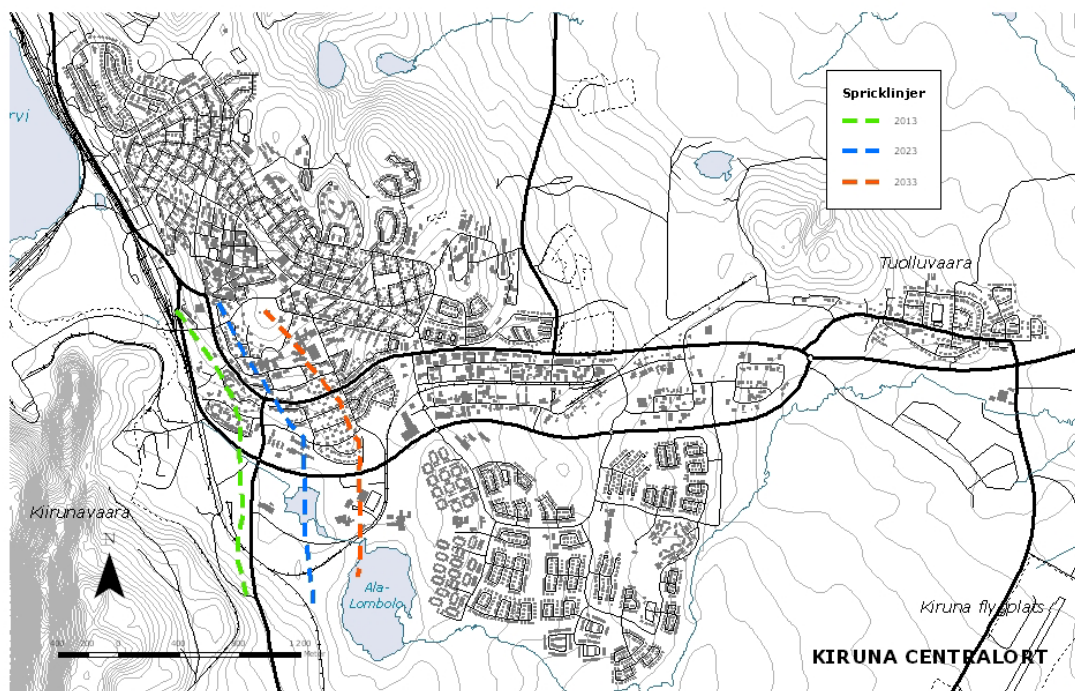
Ala Lombolo ligger inom ett område som enligt Kiruna kommuns översiktsplan (2002) avsatts för användning som bostadsområde.

Gruvverksamheten vid Kiirunavaara och den pågående brytningen av Sjömalmen ger upphov till markdeformationer som rör sig mot öster in mot Kiruna stad, vilket kommer att leda till stora förändringar för Kiruna och dess invånare under en lång tid framöver. Inom mindre än 10 år beräknas med nuvarande brytningstakt deformationerna påverka väg E10 och järnvägen. På lite längre sikt kommer Kiruna centrum att påverkas. I Figur 2-2 visas sprickutbredningen enligt LKABs sprickprognos från 2003.

I den fördjupade översiktsplanen för Kiruna C från 2006 beskrivs flera alternativ för att flytta om de delar av Kiruna som kommer att beröras av deformationerna.

I de prognoser som LKAB gjort för hur brytningen av Sjömalmen påverkar landskapet är det nuvarande utloppet från Luossajärvi en av de mest sårbara punkterna. För Ala Lombolos del innebär det att vattentillförseln via Luossajoki hotas och att det finns risk för skador på den kulvert som leder vatten från Luossajärvi.

Ala Lombolo kan inom en 30-års period hamna inom deformationsområdet vilket kan ge sprickbildning i anslutning till sjön som leder till förlust av vatten ned mot gruvan (LKABs sprickprognos från 2003). Vatten som rinner in i gruvan pumpas upp till slamdammar för naturlig sedimentation varefter processvattnet pumpas ut i Kalixälven. Förorenat vatten som rinner in i gruvan riskerar därmed att föras ut i Kalixälven.



**Figur 2-2 Sprickutbredning enligt LKABs sprickprognos från 2003**

LKAB planerar att ansöka om tillstånd från miljödomstolen för att ändra avbördningen från Luossajärvi samt anlägga en ny damm som kommer att torrlägga en del av Luossajärvi. På längre sikt kommer avbördningen från sjön troligtvis att ske norrut. Därmed kommer huvuddelen av flödet som idag passerar Lombolosjöarna att försvinna och helt eller delvis behöva kompenseras med vattentillförsel på annat sätt.

För närvarande pågår en förstudie i syfte att ta fram alternativa placeringar av den nya dammvallen. En möjlighetsanalys av framtida avbördningsvägar från sjön har genomförts som bland annat tar upp olika alternativ att säkra vattenföringen i Luossajoki.

Effekten på de hydrologiska förhållandena diskuteras närmare i avsnitt 2.4.3.

## 2.4 Omgivningsförhållanden

### 2.4.1 Topografi

Ala Lombolo ligger i den s.k. förfjällsregionen som karakteriseras av vidsträckt, högt liggande plåtar samt berg och lågfjäll. Sjön ligger på en mindre plåta och har en nivå på ca 497 m.ö.h. Väster om Ala Lombolo reser sig Kiirunavaara med en högsta höjd 733 m. Norr och söder om sjön är omgivningen relativt flack. Ala Lombolos utlopp (Luossajoki) rinner i en mindre ravin som sluttar mot öster.

Ala Lombolo har ett medeldjup på 1,5 -2 m och ett max djup på 3,5 m.

## 2.4.2 Geologiska förhållanden

I markområdet runt Ala Lombolo utgörs jordlagren i huvudsak av morän med en mäktighet på 2-3 m. I huvudsak två typer av moräner förekommer i området, en grövre grusig sandig morän och en finkornigare siltigare morän. Generellt är morändjupet något större i den södra delen än i den norra.

Överlagrande moränen påträffas siltlager i områdena väster och öster om Ala Lombolo. På flera ställen överlagras moränen och siltlagret av torv (Golder, 1993).

Markområdet vid värmeverket, vid Ala Lombolos norra strand, utgörs av utfyllnadsmassor (Mäki, 1991). Enligt uppgift skall den största utfyllnaden ha skett 1984-1985 (Hydroconsult, 1997).

Berggrunden i omgivningarna runt Ala Lombolo utgörs av kvartsitsandsten som västerut övergår i kvartsförande porfyr. Vid georadarundersökningar har det även visat sig att berget ligger relativt ytligt (MRM, 1994). Såväl vid georadarundersökningar som vid provgropsgrävningar har berget funnits vara vittrat och uppsprucket s.k. rösberg. Mäktigheten av rösberget har uppskattats till ca 0,2-0,3 m (Golder, 1993).

## 2.4.3 Hydrogeologiska förhållanden

### *Tillrinningsområde*

Inflöden till Ala Lombolo sker huvudsakligen via Luossajoki, men även via andra bäckar samt en dagvattenkulvert. Det totala avrinningsområdet inklusive Luossajärvi har uppskattats ha en yta mellan 21 och 25 km<sup>2</sup>. Det lokala tillrinningsområdet för yt- och grundvatten mellan Ala Lombolos in- och utlopp har uppskattats till ca 5,3 km<sup>2</sup> respektive 4,3 km<sup>2</sup> beroende på hur områden avgränsas (Golder, 1993; MRM, 1994).

Medelvattenföringen i Luossajoki vid utloppet från Ala Lombolo har beräknats till 0,27 m<sup>3</sup>/s (SMHI, 1991) Under åren 2001, 2003, 2005 och 2006 var beräknat årsmedelflöde något högre, 0,42 m<sup>3</sup>/s, motsvarande 13 miljoner m<sup>3</sup> per år. Variation mellan åren är relativt stor (0,2 – 0,6 m<sup>3</sup>/s).

Nedströms Ala Lombolo ökar flödet i Luossajoki till i medeltal 2,2 m<sup>3</sup>/s vid utloppet i Torne älv.

### *Hydrogeologi*

I området finns två grundvattenförande formationer, moränen och den underliggande berggrunden. Moränen överlagras ställvis av silt och torv, vilket även resulterar i ett ytligt grundvattenflöde i anslutning till övergången silt/torv. Berget utgörs av sk rösberg dvs berg med uppsprucken yta, vilket resulterar i att stora mängder vatten kan transporteras där. Den pågående gruvdriften med länsvattenhållning och resulterande trycksänkningen runt Kiiruunavaara påverkar strömningsriktningen i berget vilket resulterar i en grundvattenströmning mot gruvan (Golder, 1993).

### *Framtida förutsättningar*

Den pågående gruvdriften innebär att markdeformationer utbreder sig mot Kiruna stad. För Ala Lombolos del innebär markdeformationerna att vattentillförseln via Luossajoki

hotas och att sjön enligt LKABs sprickprognos från 2003 inom en 30-års period hamnar inom deformationsområdet.

LKAB har utrett olika scenarier för hur vattenflödena i Luossajoki kan utvecklas i framtiden då tillrinningsområdet till gruvan ökar på grund av sprickbildningen (Ramböll, 2007). Vattenflödet i Luossajokisystemet har beräknats för åren 2005, 2015, 2025 och 2050 utifrån bedömningar av framtida förändringar i tillrinningsområdenas storlek under antagande att i områden som hamnar inom deformationszonerna sker en tillrinning till gruvan. Vidare har beräkningar gjorts för fall där funktionen av kulverten från Luossajärvi antas kunna bevaras med nuvarande nivå, med ett halverat flöde respektive helt upphöra att fungera. Deras uppskattningar visar att år 2050 skulle området kring Ala Lombolo helt avvattnas mot gruvan och flödet i Ala Lombolo blir helt beroende av kulverten. Vid en oförändrad funktion av kulverten skulle utflödet från Ala Lombolo minska med 35% år 2050 och vid en halverad funktion skulle flödet minska med 67%. Uppskattningar har också gjorts av nivån i Ala Lombolo där det beräknas att nivån i sjön skulle kunna minska med 0,3 m vid normalvattenföring och 0,5 meter vid högsta vattenföring vid bibehållen funktion hos kulverten. Dessa beräkningar bygger dock på antagandet att inget läckage sker genom sjöbotten till grundvattenmagasinet.

## 2.5 Sedimentförhållanden

### 2.5.1 Ala Lombolo

Sedimenten i Ala Lombolo är mycket lösa med ett högt vatteninnehåll (TS-halt ~ 10-30%) och hög organisk halt samt stora mängder järn och svavel. Sedimenten utgörs till största del av finkorniga gyttjesediment som är relativt okompakterade. Inslag av aggregat av sandstorlek förekommer dock i sedimentprofilen (Hydroconsult, 1997).

Mäktigheten på sedimentet har uppskattats m h a georadarundersökning och sticksondering (MRM, 1995). Terratema (1997a) redovisar en karta med sedimentmäktigheten från dessa undersökningar där det framgår att mäktigheten av sedimenten ovanpå moränen varierar mellan 0,5-4 m. Mäktigheten är som störst i den nordöstra delen av sjön. Totalt uppskattas ca 425 000 m<sup>3</sup> sediment finnas ovanpå moränen (MRM, 1995). I strandzonerna finns stenar och block vilket är ett resultat av att dessa stabiliserats genom termisk ispressning (Hydroconsult, 1997).

Sedimentationshastigheten är bestämd till 0,27 cm/år i de översta 0,2 m av sedimentprofilen genom datering av <sup>210</sup>Pb i en sedimentkärna vid Ala Lombolos inlopp (Pontér, 1993). Sedimentationsförhållandena har under det senaste århundrade varit relativt konstanta, dock observeras en störning av sedimentskiktet under 1940/50-talet (Pontér, 1993) då äldre material överlagrats av mer nyligen sedimenterat material. Anledningen till denna störning kan vara ett resultat av den ammunitionsdumpning som skedde under denna period eller tömningen av halva Luossajärvi i slutet på 1950-talet som därmed kan ha orsakat en sedimenttransport till Ala Lombolo.

I sedimentskikt som motsvarar slutet på 1800-talet påträffades kiselalgskal i hög omfattning. Kiselalgaktiviteten har sedan dess avtagit då dessa inte går att finna i ytligare sediment (Pontér, 1993). Vid provtagning av sediment har även doft av svavelväte noterats, vilket indikerar att syrebrist råder i sedimenten. Även doft av olja har noterats.

## **2.5.2 Luossajoki**

Omfattning och typ av sediment är inte lika väl undersökt i Luossajoki som i Ala Lombolo. Bottenförhållandena i Luossajoki varierar med vattnets strömningshastighet. Till största delen utgörs bottenarna av erosions- och transportbottnar där det strömmande vattnet inte tillåter en kontinuerlig deposition av material. I områden med lugnare flytande vatten eller stagnanta zoner går det dock att finna bottnar som mer utgörs av botten typen ackumulationsbotten.

Sediment från fyra lokaler i Luossajoki med lugnare vattenflöde provtogs under 2006 av Kiruna kommun, se avsnitt 3.2.1.

## **2.5.3 Ammunitionsförekomst**

På 1950-talet dumpade Försvarsmakten ungefär 170 lådor med instabila spränggranater i Ala Lombolo. Ammunitionen är lokaliserad till främst den nordöstra delen av sjön och under 2007 kommer vidare undersökningar att utföras för att detektera exakta positioner på lådorna. Försvarsmakten har utfäst sig att bärga ammunitionen om Ala Lombolo ska saneras.

## **2.6 Lagligt fastställda skyddsobjekt i omgivningen**

Kiruna stadsmiljö har enligt riksantikvarieämbetets beslut 1990-05-02, 1997-11-17 utsetts till riksintresse för kulturmiljövård enligt Miljöbalken 3:6.

Stor delar av Kiruna med omnejd utgörs av SGUs riksintresse för utvinning av värdefulla ämnen och mineraler (MB 3:7). Enligt miljöbalken ska sådana områden så långt som möjligt skyddas mot åtgärder som påtagligt försvårar utvinningen av mineraler.

Torne älv, i vilken Luossajoki mynnar ca 1,5 mil nedströms Ala Lombolo, tillhör det område som enligt Naturvårdsverkets beslut 2000-02-07 klassats som riksintresse för naturvård enligt Miljöbalken 3:6. Till skyddsområdet hör berg, fauna, flora, lösa avlagringar, urskog och vattendrag. Torneälven, tillsammans med vissa sjöar och vattendrag i avrinningsområdet, är även klassat som ett Natura 2000-område samt ingår i riksintresset för friluftsliv enligt Naturvårdsverkets beslut 1988-01-14 i enlighet med Miljöbalken 3:6.

Omkring Kiruna tätort finns även en rad olika områden som fastställts till riksintresse för rennärings i enlighet med Statens Jordbruksverks beslut 2005-12-15.

Ett område söder om Kiruna, Aptasvare fjällurskog, har enligt Miljöbalken kap 7 § 4 klassats som Naturresevat.

## **2.7 Allmänna skyddsobjekt**

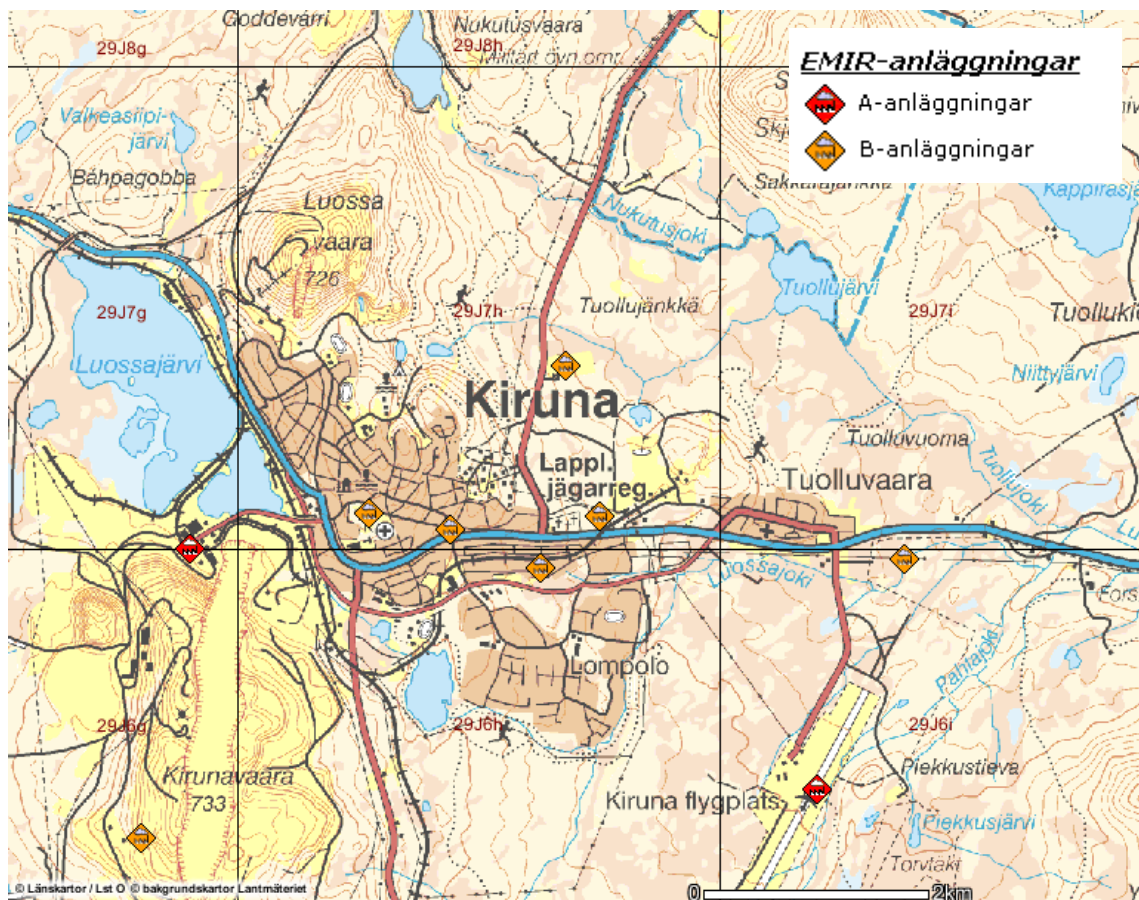
Allmänt skall föroreningsituationen i Ala Lombolo inte leda till risker för människors hälsa vid exponering för sediment eller vatten och området skall kunna användas för friluftsliv och rekreation utan risk. Vidare skall miljön i och kring Ala Lombolo skyddas så att överföring av miljöfarliga ämnen till omgivningen förhindras. Särskilt skall Ala Lombolo inte utgöra en framtida föroreningskälla av miljöfarliga ämnen till Torne älv.



## 2.8 Miljöstörande verksamhet i omgivningen

I Figur 2-3 visas en karta med tillståndspliktiga anläggningar (A- och B-anläggningar) i omgivningarna runt Ala Lombolo. Informationen är hämtad från Länsstyrelsens länskartor och databasen CEMIR.

Nordväst om Ala Lombolo ligger LKABs gruva och malmbehandlingsanläggning som i CEMIR klassats som en A-anläggning. I omgivningarna uppströms Ala Lombolo eller längs med Luossajoki finns även ett antal anläggningar som i CEMIR-databasen klassats som B-anläggningar, t ex Kiruna krematorium, Kiruna värmeverk, Kuusakoski Kirunaanläggningen, Stena Miljö AB (mellanlagring) och Kiruna avloppsreningsverk. Ännu lite längre norrut ligger Kiruna deponi/återvinningscentral.



**Figur 2-3 Tillståndspliktiga anläggningar i omgivningarna runt Ala Lombolo. Länsstyrelsens länskartor, databasen CEMIR.**

### 2.8.1 Gruvdrift

Som tidigare nämnts har den historiska gruvverksamheten varit den dominerande källan för föroreningen av Ala Lombolos sediment, dels från de titrometriska järnanalyser som genomförts (analyskemikalier innehållande kvicksilver, tenn och krom) och dels från läckage av de upplagda gråbergsmassorna. Sulfidvittringen av gråbergsmassorna och vidare transport med grundvattnet till Ala Lombolo bedöms vara en betydande faktor för t ex koppar, nickel, kobolt, bly och zink, där mätningar av halten i grundvattnet indikerar ett betydande bidrag (LKAB, 1995). I flera studier har det dock konstaterats

att kvicksilverföroreningen i Ala Lombolo inte kan förklaras av gråbergsvittringen (Golder 1993; LKAB, 1995). Vid mätning av halterna i grundvattnet mellan gråbergssupplaget och Ala Lombolo uppmättes kvicksilver endast i halter motsvarande bakgrundsnivåer (LKAB, 1995). Den största källan för kvicksilver i Ala Lombolo har därmed hänförts till laboratorieverksamheten och järnanalyserna. Från år 1896 till år 1993 bedöms 540 kg kvicksilver, 757 kg tenn och 336 kg krom ha använts i analyskemikalier vid laboratoriet. Motsvarande mängder under perioden då avloppet munnade direkt i Ala Lombolo är 509 kg för kvicksilver, 713 kg för tenn och 317 kg för krom (LKAB, 1994).

Inom LKAB's industriområde ligger Viscariagruvan och Viscarias avfallsdammar med stora mängder koppar. Den vattenfyllda gruvan dräneras mot norr via en bäck.

### 2.8.2 Värmeverk

I värmeverket sker bland annat sopförbränning. Värmeverket har avancerade reningsanläggningar för rening av utsläpp till luft och vatten för att klara de utsläppsvillkor som finns. Sedan 1994 har det renade kondensatvattnet från rökgasreningen släppts ut i Luossajoki strax nedströms Ala Lombolo. Förbränning av bland annat hushållsavfall resulterar i utsläpp av bl a metaller, koldioxid, kolmonoxid, stoft och svaveldioxid. Utsläpp sker såväl till luften som till Luossajoki. Värmeverkets utsläpp till Luossajoki under 2006 redovisas i Tabell 2-1.

**Tabell 2-1 Utsläppsmängder från Värmeverket till Luossajoki under 2006.**

Ämne	Utsläppsmängd (kg)
Krom	0,039
Bly	0,179
Nickel	0,081
Zink	0,937
Kvicksilver	0,035
Kadmium	0,022

### 2.8.3 Avloppsverk

Det tidigare reningsverket, fram till 1967, släppte ut sitt vatten direkt till Ala Lombolo och kan därmed ha bidragit till en del av föroreningssituationen i sjön. Under hela 1900-talet, fram till mitten av 50-talet släpptes orenat avloppsvatten ut i Luossajoki uppströms Ala Lombolo. Folkhälsovårdens verksamhet, med start 1951, har resulterat i att orenade utsläpp gjorts under 16 års tid till Ala Lombolo via det kommunala avloppet. Utsläppet har inneburit att kvicksilver från amalgam släppts ut till Ala Lombolo. Hur stort detta utsläpp är inte helt klart, olika uppskattningar varierar i spannet 27-300 kg.

Det nuvarande avloppsreningsverket som byggdes 1967 är beläget nedströms Ala Lombolo och kan därmed ej ha orsakat förorening av sedimenten i Ala Lombolo. Utgående avloppsvatten kan dock bidra med förorening till de delar av Luossajoki som ligger nedströms det nuvarande reningsverket.

#### **2.8.4 Deponier**

Ca 3 km norr om Kiruna ligger Kiruna deponi och återvinningscentral. Här finns en deponi för icke-brännbart avfall samt farligt avfall från Kiruna Värmeverk. Dessutom finns på området en återvinningscentral samt ett mellanlager för hushållsavfall. Nedströms deponin ligger myrområdet Tuolluvuoma som fastlägger metaller och andra föroreningar. Recipienten är sjön Toullajärvi som via bäcken Toullajoki rinner ut i Luossajoki för att senare rinna ut i Torne älv.

Kiruna tätorts gamla deponi för hushållsavfall och industriavfall finns på området Lombolo, och är belägen drygt en km nordost om Ala Lombolo. Vattnet leds via diken bort från deponiområdet ned till industriområdet och vidare mot Luossajoki. Deponin är inte undersökt men Kiruna kommun bedömer att föroreningsrisken är stor. Prover har vid ett tillfälle tagits på vattnet i diket strax nedströms deponin. Analyserna visade att halter av kvicksilver i detta dike låg under rapporteringsgränsen 0,002 µg/l. Zink uppmättes i halten 69 µg/l och koppar i halten 7,6 µg/l.

Stena Miljö AB söker tillstånd för mellanlagring av farligt avfall och annat avfall på fastigheten Industrin 9:11, Kiruna kommun. Tillståndsprövning pågår hos länsstyrelsen. (Källa: Miljökontoret).

#### **2.8.5 Annat**

I Kuusakoski Kirunaanläggningen sker bilskrotning samt mellanlagring av batterier. Tillståndsprövning hos länsstyrelsen pågår (Källa: Miljökontoret).

Ett visst utsläpp av kvicksilver sker från krematoriet i Kiruna. Då endast relativt få kremeringar sker i Kiruna krematorium finns inga krav på att rökgasrening m a p kvicksilver skall införas. Enligt Naturvårdsverket skall rökgasrening installeras som avskiljer 90% av kvicksilvret om det i krematoriet utförs fler än 700 förbränningar per år (Kiruna kommun, 2007b). Då detta inte är fallet i Kiruna har krematoriet inga reningsanläggningar och kan därmed orsaka ett visst utsläpp av kvicksilver till omgivningen. Kremeringen har dock bedömts ha en ringa miljöpåverkan Kiruna kommun, 2007b).

## 3 Genomförda undersökningar

I detta avsnitt redovisas en sammanfattande översikt av de huvudsakliga undersökningar som har gjorts rörande Ala Lombolo och Luossajokisystemet med omgivningar innan arbetet med huvudstudien påbörjades. Dessutom redovisas en beskrivning av de undersökningar som gjordes i samband med huvudstudiens upprättande. En resumé har främst gjorts av de tidigare rapporter som innehåller resultatet från fältundersökningar och analyser (av sediment, ytvatten och biota) och som har använts som underlag till den fördjupade riskbedömningen. En förteckning över samtliga utredningar rörande Ala Lombolo ges i Bilaga 3.

### 3.1 Undersökningar av sediment

#### 3.1.1 Genomförda undersökningar innan huvudstudien

Sedimenten i Ala Lombolo har undersökts vid ett flertal tillfällen med start 1992 då Miljökontoret i Kiruna under året lät provta sedimenten på 10 platser i sjön som analyserades med avseende på kvicksilver (Miljökontoret i Kiruna, 1992). Vid dessa provtagningar uppmättes en maximal kvicksilverhalt på 87 mg/kg TS och ett medelvärde (samtliga punkter och djup) på 40 mg/kg TS. En bottenfaunaundersökning genomfördes också under 1991 (Mäki, 1991), men inga sedimentprov för kemiska analyser uttogs vid denna undersökning.

En sedimentprofil ner till 40 cm djup provtogs av Pontér (1993) ca 100 m från inloppet i Ala Lombolo. Vid samma provtagning uttogs även ytsediment (0-1 cm) i en linje mellan inloppet och utloppet i sjön. Sedimentationshastigheten bestämdes genom datering av sedimenten med  $^{210}\text{Pb}$ -metoden. Sedimentproven analyserades med avseende på kvicksilver och på en rad andra metaller. Kvicksilver, kadmium och zink uppmättes i mycket höga halter medan bly uppmättes i höga halter. En anrikning observerades även av andra mer ovanliga metaller, såsom Ag, Au, Bi, Mo, Pd, Ab och U.

I syfte att bestämma sedimentens mäktighet samt vattendjupet i Ala Lombolo genomförde MRM en kartering med georadar (MRM, 1995). Sedimentens mäktighet ovanlagrande moränen uppskattades i delar av sjön upp till ca 4 m och den totala sedimentvolymen till ca 425 000 m<sup>3</sup>. Vid denna undersökning gjordes även en översiktlig lokalisering av de dumpade ammunitionslådorna.

På uppdrag av Länsstyrelsen i Norrbottens län genomförde Terratema provtagning av sediment från is i två omgångar under 1995-1996 (Terratema, 1997a, b). Vid den första provtagningen uttogs sedimentproppar på fyra platser i sjön medan det vid den andra provtagningen uttogs ett större antal proppar över hela sjön. Sedimenten analyserades främst med avseende på kvicksilver, men ett fåtal prov analyserades även med avseende på övriga metaller, metylkvicksilver och PCB. Kvicksilver, koppar och zink påträffades i mycket höga halter i sedimenten medan kadmium och bly uppmättes i höga halter. Övriga metaller uppmättes i måttlig höga eller låga halter. Lakförsök i form av skakförsök och en tillgänglighetstest utfördes även på sedimenten. Den totala mängden kvicksilver i sjön uppskattades till ca 200 kg.

Sedimenten i de strandnära områdena har undersökts inom ramen för ett examensarbete vid Umeå universitet (Popper, 2004). Prover av strandnära sediment togs ut i sex transekter samt vid tre punkter på ackumulationsbotten och analyserades med avseende



### 3.1.2 Undersökningar i huvudstudieskedet

#### *Ala Lombolo*

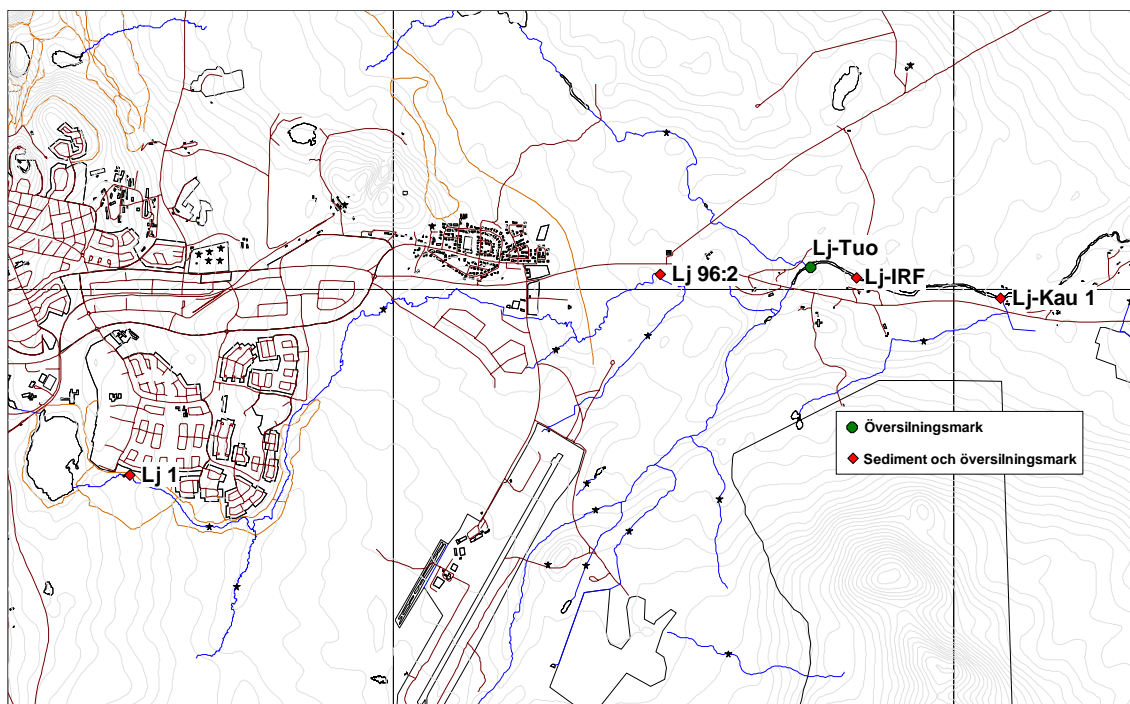
Terratema utförde 1996 lakförsök (skaktest och tillgänglighetstest) på ett sedimentprov samt genomförde analyser av porvatten från 4 sedimentprov. I en kompletterande undersökning genomfördes analyser av kvicksilver i porvatten från sediment från olika djup i en sedimentprofil. Undersökningen som utfördes av Terratema visar på en låg lakbarhet från sedimentet i nuläget. En förändrad kemisk-fysikalisk miljö i sjön kan dock påverka fastläggningen. En bestämning av sedimentens lakbarhet är därför viktigt dels för riskbedömningen då en bedömning görs av hur mobilt det kvicksilver som finns i sedimenten är och dels för åtgärdsutredning då lakbarheten är viktig för att avgöra hur sedimenten skulle uppträda vid en eventuell deponering eller torrläggning av sjön.

I syfte att erhålla information om lakbarheten hos sediment i den form som de kan uppträda vid i en framtida deponi eller vid en torrläggning av sjön genomfördes under 2006 kompletterande laktester då även ett bredare spektra av metaller beaktades än tidigare. Prov uttogs ner till ca 20 cm djup vid två lokaler i Ala Lombolo, Sed 0601 och Sed 0603, se Figur 3-1. Provtagningsprotokoll återfinns i bilaga 1. Från båda provpunkterna uttogs ett prov som skickades direkt till laboratoriet för totalhaltsanalys av metaller och metylkvicksilver samt bestämning av lakbarheten av metaller, metylkvicksilver, DOC, klorid, fluorid samt sulfat genom utförande av lakförsök (skakförsök vid L/S 2 och 10 enligt SS-EN 12457-3). Ytterligare ett prov från varje provlokal uttogs som först fick lufttorka i 2 månader innan provet sändes till laboratoriet för totalhaltsbestämning och lakbarhet genom utförande av lakförsök. Med hjälp av resultaten från dessa försök kunde en bedömning göras av om lakbarheten förändrades vid en torkning av sedimenten.

Tidigare undersökningar i Ala Lombolo har påvisat närvaro av organiska föroreningar i sedimenten (PCB). För att säkerställa att det inte finns några organiska föroreningar i sedimenten som kan påverka valet av åtgärd uttogs sediment ner till ca 20-40 cm djup vid de tre provtagningslokalerna Sed0601, Sed0602 samt Sed0603 inför screeninganalys av organiska (semivolatila) föreningar.

#### *Luossajoki*

I syfte att undersöka om förorenade sediment från Ala Lombolo har transporterats ut ur sjön och ackumulerats längre nedströms i systemet uttogs under 2006 ytsedimenten (0-5 cm) vid 4 provtagningslokaler längs med Luossajoki (Lj1, Lj96:2, Lj-IRF samt Lj-Kau1) (Figur 3-2). Provpunkterna förlades inom varje lokal längs den sträcka som Kiruna kommun identifierat som gynnsam för provtagningen, dvs där sannolikheten är störst att påträffa ackumulerade sediment. Proven skickades för kemisk analys av metaller.



**Figur 3-2** Provtagningspunkter för sediment och översilningsmark i Luossajoki nedströms Ala Lombolo vid provtagning 2006.

## 3.2 Undersökningar av översilningsmark

### 3.2.1 Undersökningar i huvudstudieskedet

#### *Luossajoki*

Då vissa sträckor längs med Luossajoki tidvis svämvas över av bäckvatten genomfördes en provtagning av översilningsmark för att utreda om en ackumulation av föroreningar har skett i dessa. Ytliga markprov (0-5 cm) uttogs vid totalt fem lokaler, fyra av dem vid de lokaler där sedimentprov uttogs samt ytterligare ett prov vid lokal Lj-Tuo (Figur 3-2). Proverna analyserades med avseende på kvicksilver, metylkvicksilver samt andra tungmetaller.

## 3.3 Undersökningar av ytvatten

### 3.3.1 Genomförda undersökningar innan huvudstudien

Sedan de höga halterna av kvicksilver påträffades i sedimenten i Ala Lombolo under 1990-talet har Luossajokisystemets ytvatten provtagits i syfte att undersöka hur stor mängd förorening som transporteras ut från Ala Lombolo och ut i Torne älv (Pontér, 1993; Terratema 1996, Kiruna kommun 1998, 1999, 2002, 2004, 2006a. Analyserna vid dessa provtagningar har främst varit inriktade på kvicksilver och näringsämnen. Vid undersökningen av Pontér (1993) provtogs tre stationer längs med Luossajokis vattensystem, södra Luossajärvi samt in- och utloppet till Ala Lombolo under 5

månader. De högsta halterna av kvicksilver uppmättes i Ala Lombolos utlopp inom intervallet 24-60 ng/l.

I syfte att verifiera tidigare undersökningar, undersöka om sedimentmaterial förs ut ur Ala Lombolo vid ändrade flöden i Luossajoki samt undersöka förändring i halter kring värmeverkets kondensutsläpp provtogs ytvatten i Luossajoki i fyra punkter under 1996 (Terratema, 1996). En bestämning gjordes av halten totalkvicksilver samt löst kvicksilver.

Kiruna kommun har under ett antal år provtagit ytvatten i Luossajokisystemet och analyserat främst på kvicksilver, men även alkalinitiet, pH, sulfat och näringsämnen i syfte att se hur mycket förorening som transporteras ut i Torne älv. Provtagning skedde i fyra punkter (Lj96:1, Lj1, Lj96:2 och Lj2, se Figur 3-3) under 1997, 1998, 2001, 2003 och 2005. Provtagningspunkten Lj96:1 är belägen strax nedströms Ala Lombolos utlopp, Lj1 strax nedströms värmeverket och Lj96:2 är belägen nedströms reningsverket. Provtagningspunkten Lj2 är förlagd till en plats strax innan Luossajoki rinner ut i Torne älv.

### **3.3.2 Undersökningar i huvudstudieskedet**

#### ***Ala Lombolo***

Innan 2006 har främst undersökningar av vattenkvalitén i Luossajokisystemet nedströms Ala Lombolo genomförts i syfte att undersöka hur mycket som sprids från Ala Lombolo nedströms. Under 2006 utökade Kiruna kommun sitt tidigare provtagningsprogram i Luossajokisystemet med provtagning även av sjövattnet i Yli Lombolo (YL-06) och Ala Lombolo (AL-06), vatten från bäcken mellan sjöarna (LJ-06) samt i den dagvattenkulvert som mynnar ut i Ala Lombolo (DK-06). I Ala Lombolo skedde provtagning på två olika djup, i regel på 1 respektive 2 m djup. Provtagningspunkternas läge återfinns i Figur 3-3.

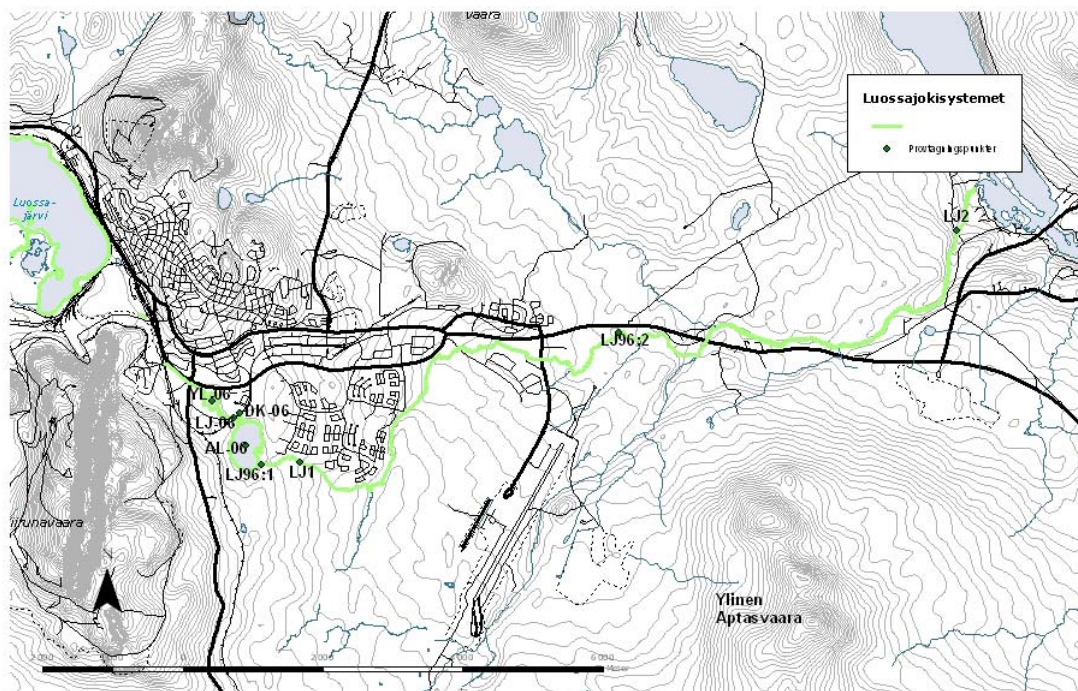
Provtagningar gjordes vid 15 tillfällen under 2006. Analys gjordes av kvicksilver, övriga tungmetaller samt fysikalisk-kemiska parametrar såsom suspenderat material, pH, Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, S, Si. Vid sex tillfällen analyserades även metylkvicksilver.

#### ***Luossajoki***

I Figur 3-3 visas de provtagningslokaler för ytvatten i Luossajoki, både uppströms och nedströms Ala Lombolo, där provtagning skedde vid 15 tillfällen under 2006.

Vid utökningen av provtagningsprogrammet i Luossajokisystemet under 2006, då även Yli Lombolo, Ala Lombolo och till Ala Lombolo tillrinnande dagvattenkulvert provtogs, utökades analysparametrarna i Luossajoki till att gälla även ett bredare spektra av metaller utöver tidigare analyserat totalkvicksilver och metylkvicksilver.





**Figur 3-3** Provtagningslokaler för ytvattenprov i Luossajokisystemet.

## 3.4 Undersökningar av grundvatten

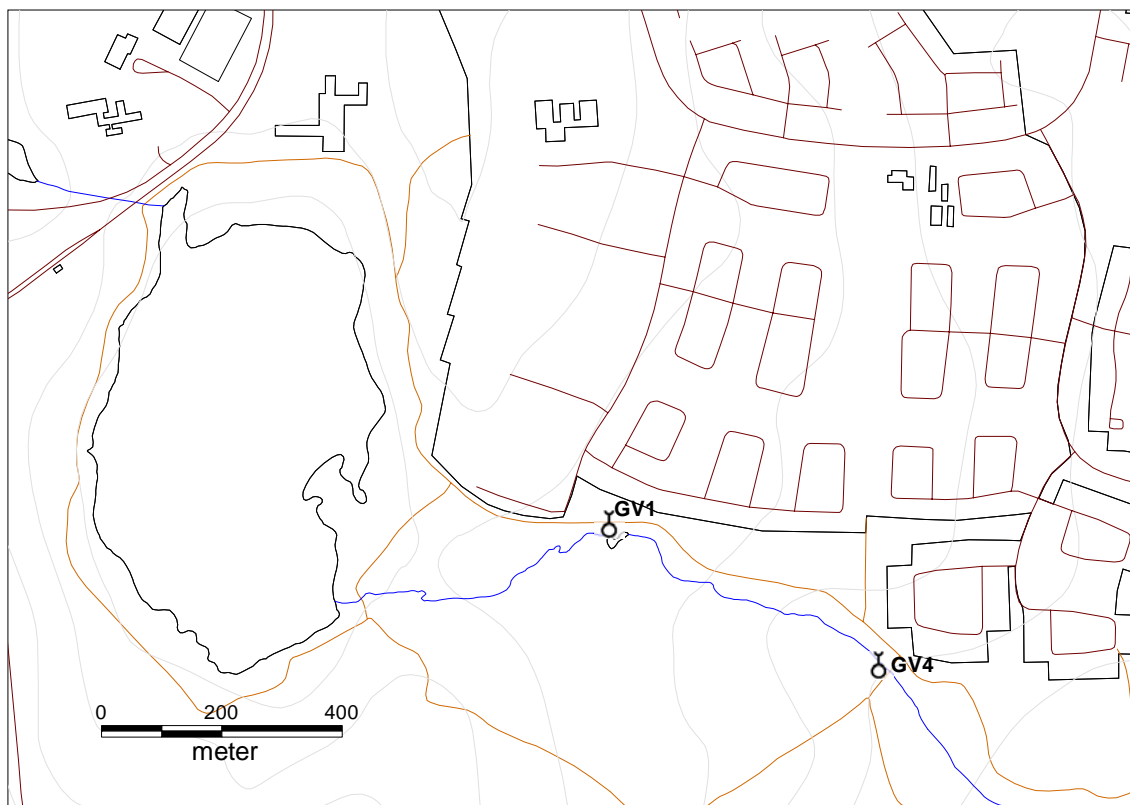
### 3.4.1 Genomförda undersökningar innan huvudstudien

Grundvattnet i Ala Lombolos omgivning har undersökts i några olika undersökningar innan huvudstudien genomfördes (Golder, 1993; LKAB, 1995; MRM, 1995). En del av undersökningarna har varit inriktade på att undersöka föroreningsnivån i grundvatten väster om Ala Lombolo i syfte att undersöka om läckaget med grundvatten från gråbergsupplaget kan förklara den förorening som i dag finns i Ala Lombolos sediment. Undersökningar av grundvattnet har också gjorts i området norr om Ala Lombolo i syfte att undersöka om läckage sker till Ala Lombolo från området med det tidigare reningsverket där deponering av slam kan ha skett. Vidare har undersökningar gjorts för att undersöka eventuell transport av förorening genom sedimenten i Ala Lombolo för vidare transport med grundvattnet längre nedströms till Luossajoki.

### 3.4.2 Undersökningar i huvudstudieskedet

I syfte att undersöka om grundvattentransport från Ala Lombolo till Luossajoki kan vara en orsak till de höga halter av framförallt kvicksilver som påträffas i Luossajokis sediment sattes under 2006 två grundvattenrör i nedströms riktning från Ala Lombolo i närheten av bäckfåran (Figur 3-4). GV1 installerades på djupnivån ~4 m medan GV4 på djupet ~1,2 m.

Grundvattennivån inmättes och prov uttogs för analys av metaller i november 2006 samt i maj 2007. Beräknade gradienter och uppmätta halter låg sedan till grund för en uppskattning av läckaget av metaller med grundvattnet till Luossajoki.



**Figur 3-4 Platser för installation av grundvattenrör.**

## 3.5 Biologiska undersökningar

### 3.5.1 Genomförda undersökningar innan huvudstudien

Biologiska undersökningar har genomförts i syfte att undersöka effekten av föroreningar på biota. Mäki genomförde 1991 en bottenfaunaundersökning i Luossajärvisystemet dvs norra och södra Luossajärvi (varav den senare delen i dag är tömd), Ala- och Yli Lombolo samt Luossajokki där bottenfaunaprover uttogs för kartläggning av bottenfaunan.

Försök till provfiske i Ala Lombolo genomfördes 1996, dock påträffades ingen fisk (Terratema, 1997a). Fisk uttogs i Torneälven utanför Jukkasjärvi vid två undersökningar 1993 inför analys av kvicksilver.

En förnyad bottenfaunaundersökning genomfördes i Luossajokissystemet 2005 (Pelagia, 2005). Syftet med undersökningen var att undersöka kvicksilverinnehållet i bottenfauna och gädda samt undersöka om mundelsskador hos fjädermygglarver uppkommit pga föroreningsförekomst i systemet. Fisken som uttogs för analys uttogs nedströms Ala Lombolo i Torneälven utanför Jukkasjärvi och i Kallojärvi (referensområde uppströms).

## 3.6 Undersökning av föroreningsinnehåll i snö

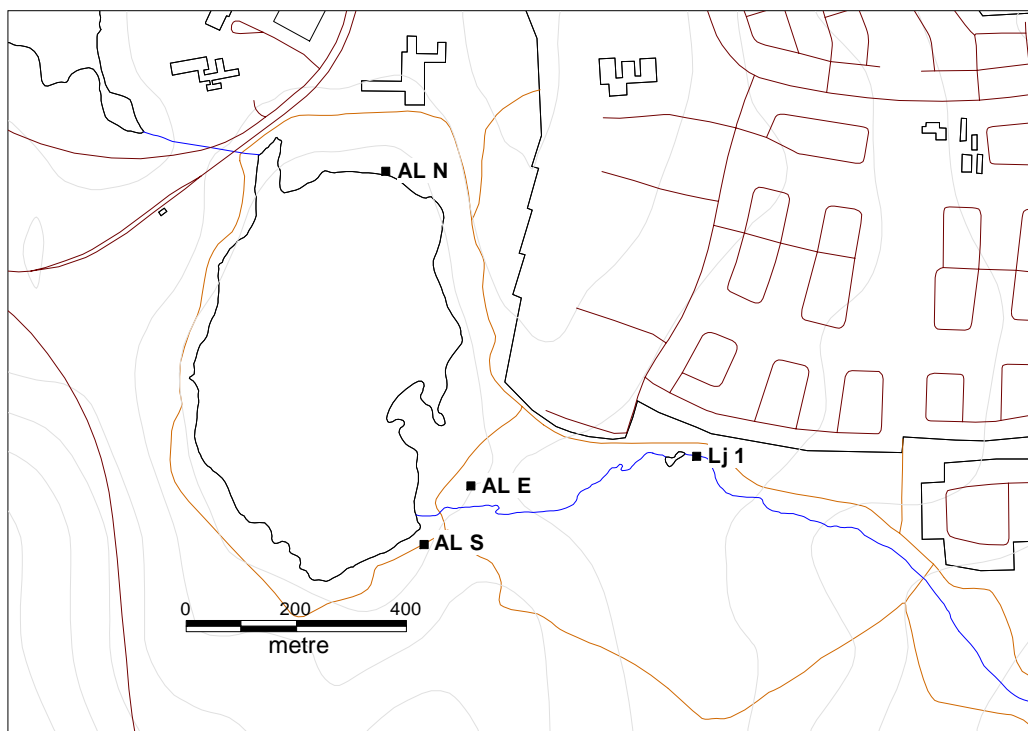
### 3.6.1 Genomförda undersökningar innan huvudstudien

Vid den undersökning som gjordes av föroreningssituationen av kvicksilver i Luossajokisystemet under 1996 uttogs även ett snöprov på Ala Lombolo för analys av kvicksilver (Terratema 1996). Slutsatsen som drogs från den uppmätta halten av kvicksilver på 30 ng/l var att ett visst atmosfäriskt nedfall verkar förekomma, men att underlaget var ringa för att kunna dra några långtgående slutsatser angående detta.

### 3.6.2 Undersökningar i huvudstudieskedet

Snö provtogs vid tre platser norr, söder och öster om Ala Lombolo (AL N, AL S, AL E) i maj 2006 och vid fyra platser, norr, söder och öster om Ala Lombolo samt längs med Luossajoki (AL N, AL S, AL E, Lj1) i april 2007 i syfte att undersöka innehållet av luftdeponerat kvicksilver i snön. Provtagningsplatserna visas i Figur 3-5.

Vid dessa provtagningar uppmättes lägre halter i snön än vid provtagningen 1996, då högsta halten som uppmättes var 9,1 ng/l norr om Ala Lombolo.



**Figur 3-5** Ungefärligt läge för områden där snöprov uttogs under 2006 och 2007.

## 3.7 Undersökning av ammunitionsförekomst

### 3.7.1 Genomförda undersökningar innan huvudstudien

I Försvarets Materialverk (1977 redovisas ungefärliga lägen för möjliga dumpningsområden för ammunition, ett i den norra delen och ett i den östra delen av Ala Lombolo. Vid karteringen av sedimentmäktigheten som genomfördes 1995

genomfördes även en översiktlig lokalisering av ammunitionslådorna i sjön med georadar (MRM, 1995). Även dessa undersökningar visade på förekomst av föremål främst i den norra och nordöstra delen av sjön men även ett fåtal ekon från georadarn registrerades i den södra delen av sjön. I en metodstudie av Försvarmakten (Försvarmakten, 2003) avråder Försvarmakten från att använda frysteknik på sedimenten pga risken för detonation om vatten trängt in i ammunitionen. Inga praktiska försök genomfördes dock utan rekommendationen baserades på en bedömning av experter vid FOI.

### **3.7.2 Undersökningar i huvudstudieskedet**

Under oktober 2006 genomfördes en undersökning av ammunitionsutbredningen i Ala Lombolo längs transekter i sjön med ett avstånd på ca 60 m med sonar, hund samt magnetsonder. Med sonaren kan föremål på sedimentytan lokaliseras och med magnetsonder som mäter förändringar i jordmagnetiska fältet kan föremål i sedimenten lokaliseras.

Då de inledande undersökningarna inte gav tillräcklig information på djupet i sedimenten genomfördes en fördjupad undersökning av ammunitionsförekomst med georadar under sommaren 2007.

Sonar och georadar har använts heltäckande över den nordöstra delen av sjön, ca 80% av sjöns nordvästra del. Undersökning har inte gjorts med sonar och georadar i området söder om den lilla udden på östra sidan, däremot har området undersökts med magnetsonder och hund (Försvarmakten, 2007a, b).

Som komplement har även undersökning med bombpik och dykare gjorts. Vid undersökningen under sommaren 2007 påträffades lådor främst i två lokaler i den nordöstra delen av sjön. Vid varje position hittades i storleksordningen ca 10 lådor vardera som låg oregelbundet i sedimenten. Försvaret anger dock att det troligen finns ett större antal lådor. Positions noggrannheten runt dessa två punkter angavs till ca 10 m (Försvarmakten, 2007a,b).

## 4 Föroreningssituationen

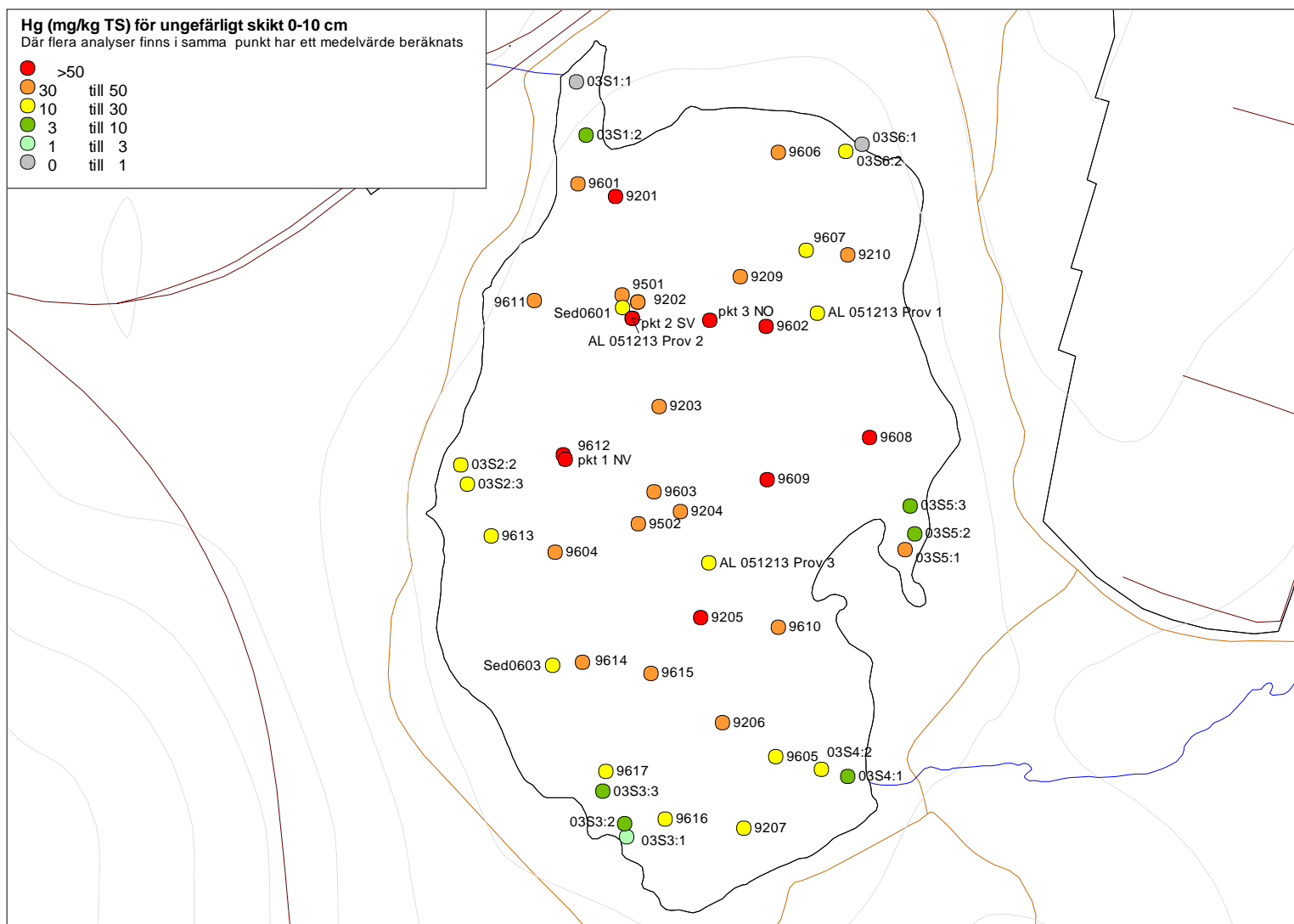
### 4.1 Sediment och översilningsmark

#### 4.1.1 Ala Lombolo

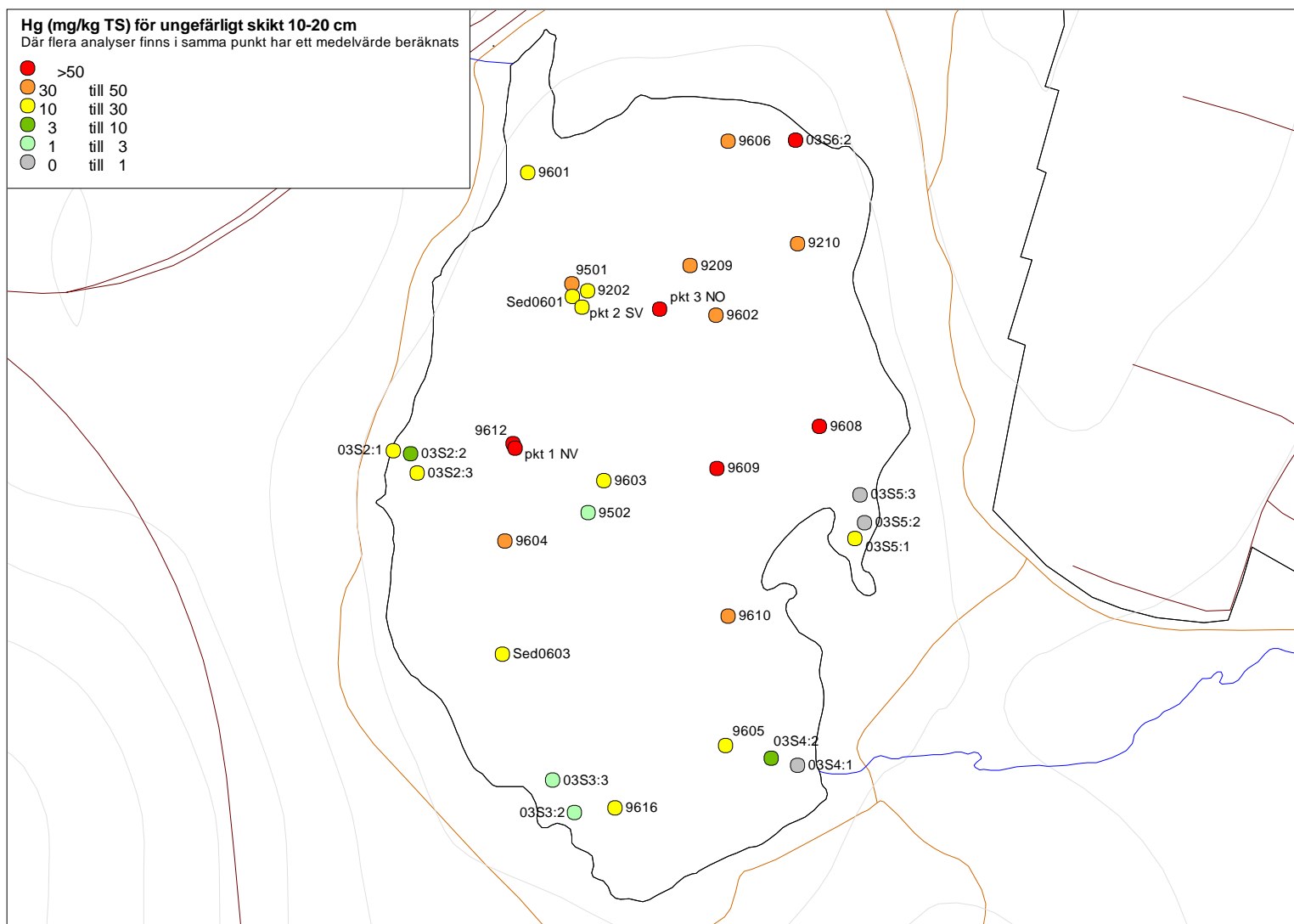
Sedimenten i Ala Lombolo är kraftigt förorenade av metaller, framförallt av kvicksilver men även av andra metaller. Totalt har 425 000 m<sup>3</sup> sediment uppskattas finnas ovanlagrande moränen, varav drygt 40 000 m<sup>3</sup> utgör svårt förorenade sediment med mycket höga halter kvicksilver och koppar, höga halter zink samt måttligt höga halter kadmium, krom, bly och nickel. Medelhalten av samtliga kvicksilverhalter uppmätta i Ala Lombolo från samtliga djup fram t o m huvudstudiens genomförande är 28 mg/kg TS. Variationen i kvicksilverhalter är stor, halterna varierar inom intervallet 0,04-213 mg/kg TS. Huvuddelen av proverna visar dock på en väsentlig kvicksilverförorening (90% av proverna har halter över ca 1 mg/kg TS).

Metylkvicksilver i sedimenten har uppmätts i halter inom intervallet 0,8-29,2 µg/kg TS (Kiruna kommun, 2006b; Erhagen, 2007). Kvicksilvret utgör maximalt 0,06% av den total kvicksilverhalten i sedimenten.

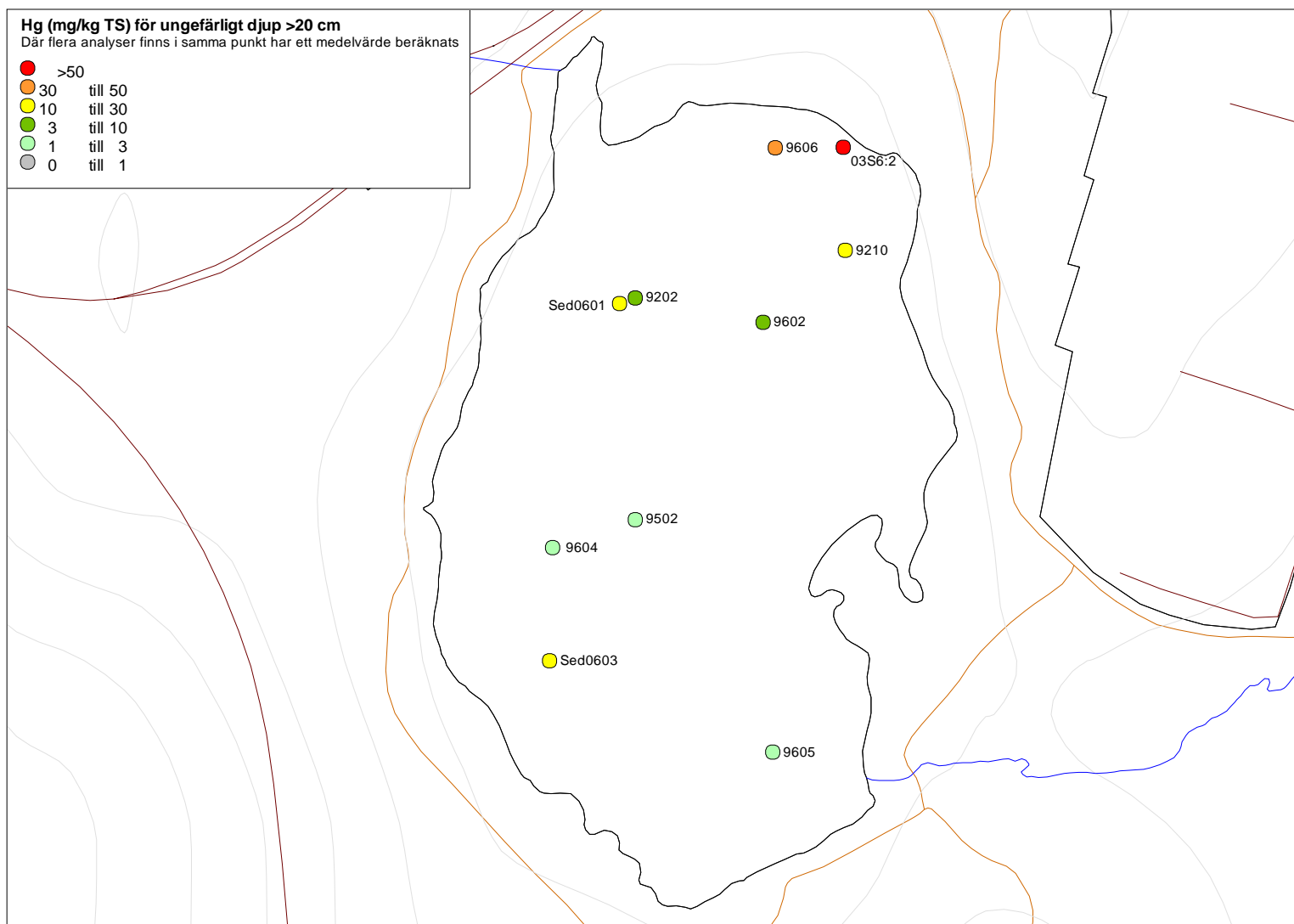
I Tabell 4-1 listas maxhalterna av metaller i sedimenten i Ala Lombolo från samtliga provtagningar gjorda fram tom huvudstudiens (Miljökontoret i Kiruna, 1992; Terratema, 1997a,b; Pontér, 1993, Popper, 2004; Pelagia, 2006; Kiruna kommun, 2006). I Figur 4-1 till Figur 4-3 visas kvicksilverhalten i sedimentet för de ungefärliga djupskikten 0-10, 10-20, >20 cm. I de fall fler analyser finns inom ett skikt har ett medelvärde beräknats. I Figur 4-4 visas djupprofilerna för kvicksilver i sedimentet för ett urval av provpunkterna.



**Figur 4-1** Kviksilverhalter i sedimentet för det ungefärliga djupskiktet 0-10 cm. Där fler analyser finns inom detta skikt har ett medelvärde beräknats. En del analyser är även gjorda på samlingsprov över större djup.

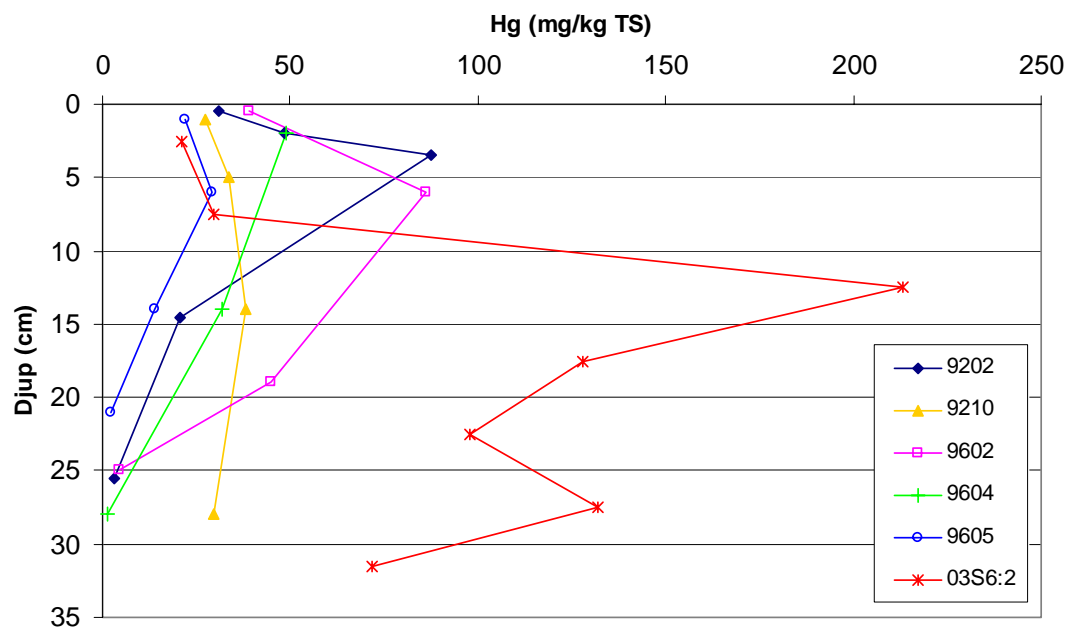


**Figur 4-2 Kviksilverhalter i sedimentet för det ungefärliga djupskiktet 10-20 cm. Där fler analyser finns inom detta skikt har ett medelvärde beräknats. En del analyser är även gjorda på samlingsprov över större djup.**



**Figur 4-3 Kviksilverhalter i sedimentet för djup större än ungefär 20 cm. Där fler analyser finns inom detta skikt har ett medelvärde beräknats. En del analyser är även gjorda på samlingsprov över större djup.**





**Figur 4-4 Djupprofiler av kvicksilver i sedimenten i ett urval av provpunkterna**

Föroreningen finns som framgår av Figur 4-1 - Figur 4-3 över hela sjön, men de högsta halterna av kvicksilver har uppmätts i sedimenten i den nordöstra delen. Uppskattningar som gjorts av sedimentens totala föroreningsinnehåll visar att totalt ca 200 kg kvicksilver kan finnas i sedimenten (Terratema, 1997a, Pontér 1993, Kemakta, 1999). I Tabell 4-2 redovisas uppskattade mängder i sedimenten av övriga metaller.

**Tabell 4-1 Uppmätta maxhalter av metaller i sedimenten i Ala Lombolo (Miljökontoret i Kiruna, 1992; Terratema, 1997a,b; Pontér, 1993; Popper, 2004; Pelagia, 2006; Kiruna kommun, 2006)**

Ämne	Maxhalt i sediment Ala Lombolo (mg/kg ts)	Medelhalt i sediment Ala Lombolo (mg/kg ts)
As	6,46	4,4
Ba	1154	761
Cd	8,67	4,1
Co	39	23,6
Cr	94	65,6
Cu	871	500
Fe	70000	52 500
Hg	213	28
Mn	670	386
Mo	154	90
Ni	49,7	34,3
Pb	329	190
V	92	77
Zn	2510	1437

**Tabell 4-2 Uppskattningar av sedimentens föroreningsinnehåll enligt Pontér 1993.**

Ämne	Cu	Mo	Pb	Zn	Hg	Cd
Mängd (kg)	3000	1000	1600	10 000	200	33

De uppskattade mängderna i sedimentet är att betrakta som osäkra. Om de medelhalter som redovisas i tabell 4-1 multipliceras med uppskattad sedimentmängd i de översta 0,3 meterna av sedimenten (17 800 ton TS) erhålls drygt två gånger större mängd än den uppskattning som redovisas i tabell 4-2.

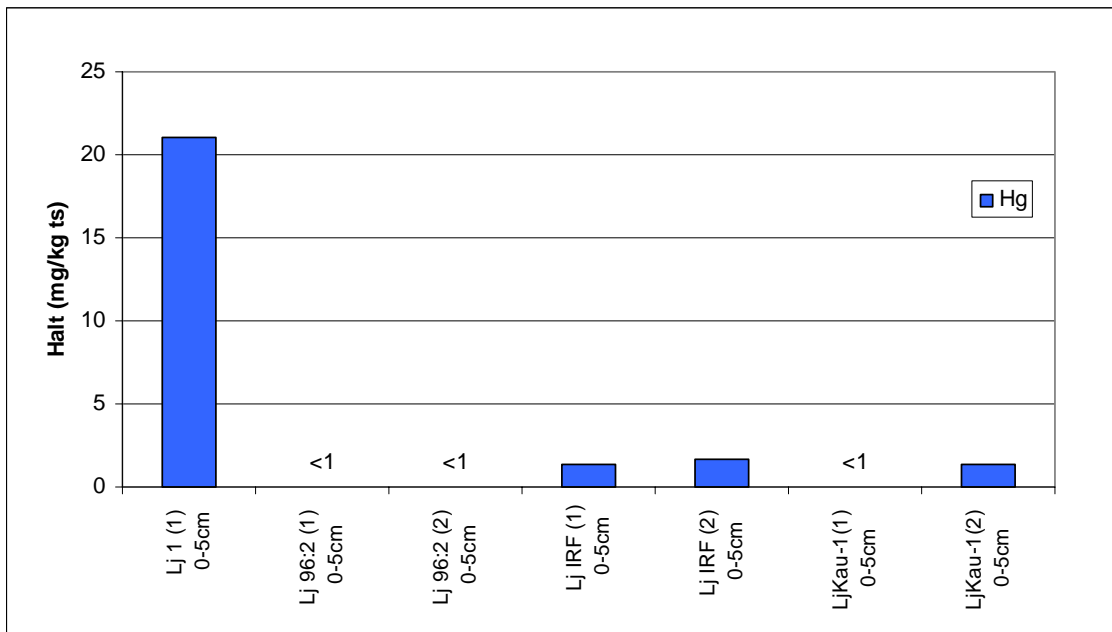
Vid tidigare undersökningar har PCB uppmätts i halter upp till 1,7 mg/kg TS i sedimenten i Ala Lombolo (1997a). Vid den screeninganalys av semivolatila organiska ämnen, som gjordes på sedimenten som provtogs under 2006, låg summahalter av PCB under detektionsgränsen 1 mg/kg TS. Vid samma provtagningstillfälle påträffades höga halter av såväl cancerogena (2,2-5,9 mg/kg TS) som övriga PAH (3,7-13 mg/kg TS). Även alifater i fraktionen C<sub>16</sub>-C<sub>35</sub> uppmätte i höga halter i Sed0601 och Sed0603 (4700 respektive 2300 mg/kg TS).

I övrigt detekterades i provpunkt Sed0601 ämnena fytol, kolestan och kolestanol. I övriga provpunkter kunde inte några övriga ämnen identifieras. Förekomsten av de organiska föroreningarna bedöms inte vara dimensionerande eller styrande för val av åtgärd.

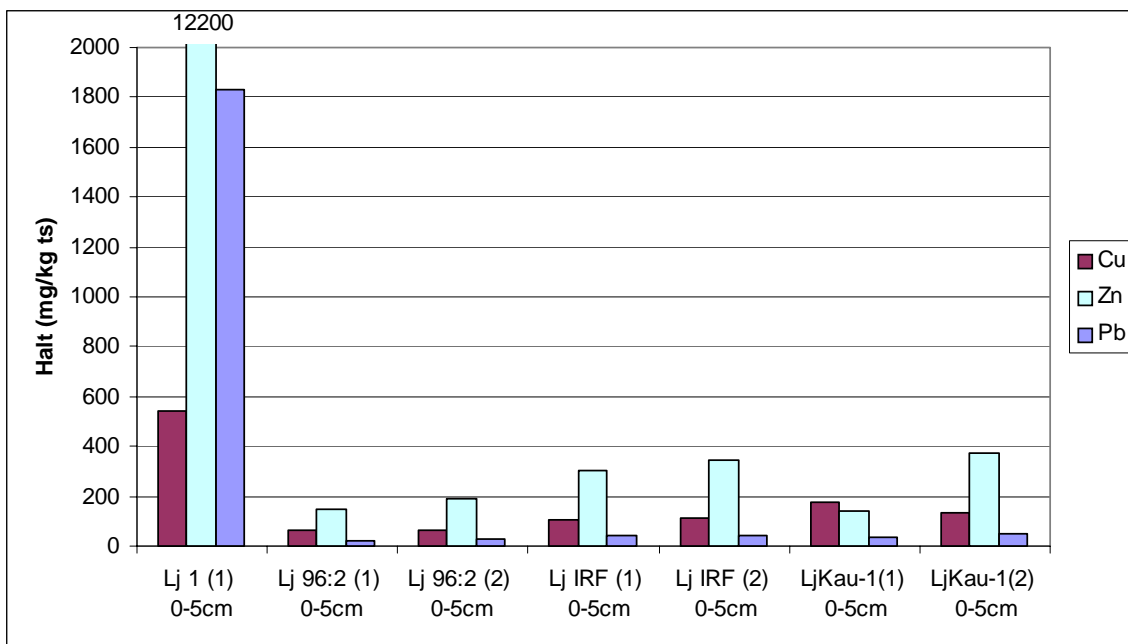
#### **4.1.2 Luossajoki**

Som framgår av Figur 4-5 till Figur 4-7 där metallhalterna i de provtagna sedimenten från Luossajoki under 2006 visas, uppmäts de högsta metallhalterna i sedimenten vid den mest uppströms belägna stationen i Luossajoki, Lj1. Här uppmättes mycket höga halter av Hg, Cu och Zn samt höga halter av As, Cd, Cr, Ni och Pb. Vid provtagningslokalen Lj96:2 är halterna väsentligt lägre för att sedan öka något igen i sedimenten nedströms Lj96:2.

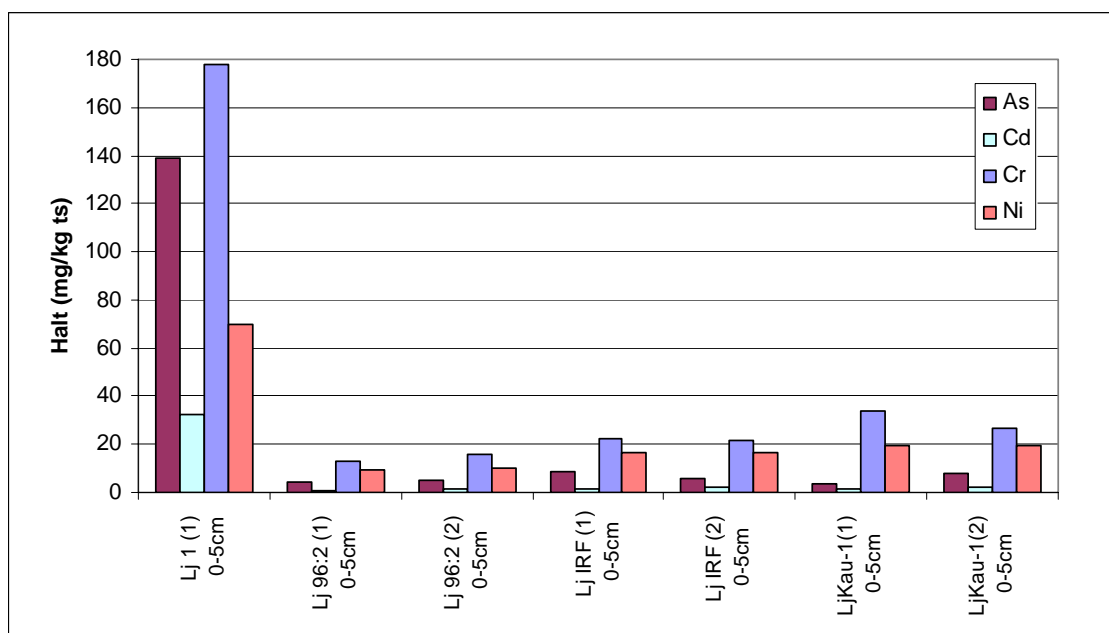
Metylkviksilver uppmäts i höga halter i sedimenten längs med Luossajoki, inom haltintervallet 18-75 µg/kg TS, där den högsta halten uppmäts vid station Lj-IRF (Figur 4-11). Metylkviksilvret utgör 0,1-5,3% av den totala kvicksilverhalten vid de olika provpunkterna. I avsnitt 5.3.3. görs en jämförelse av metylkvicksilverhalterna i Luossajoki och Ala Lombolo.



Figur 4-5 Halter av kvicksilver i sedimenten i Luossajoki vid provtagning 2006.



Figur 4-6 Halter av koppar, zink och bly i sedimenten i Luossajoki vid provtagning 2006.



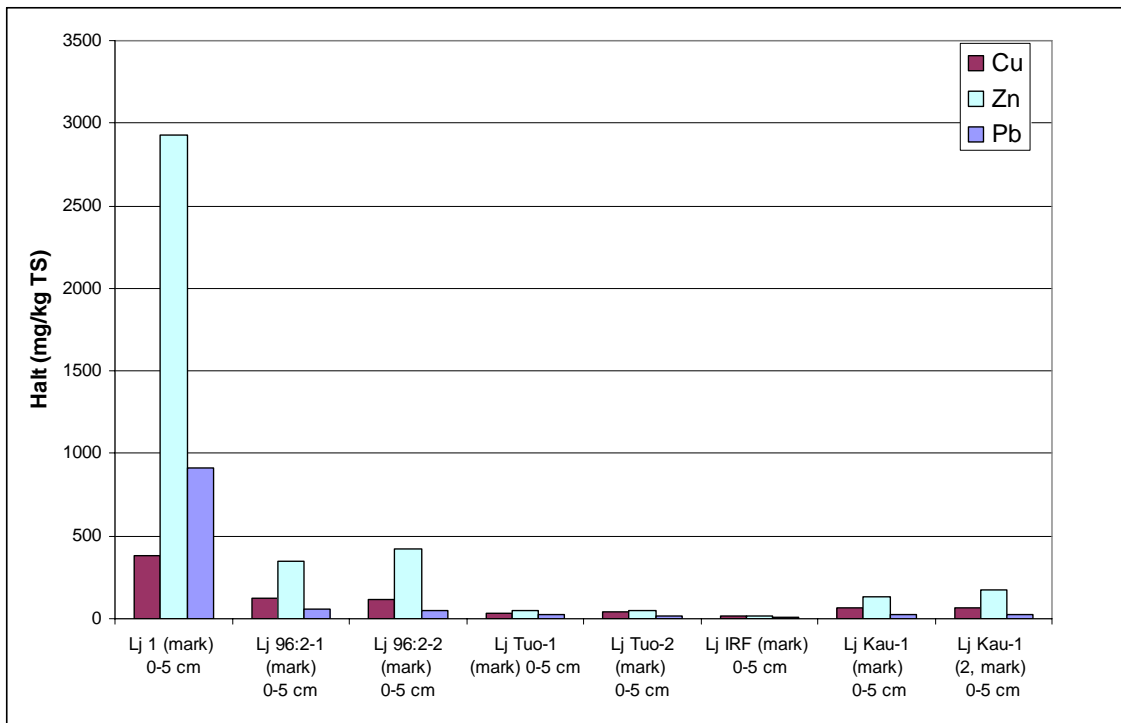
**Figur 4-7 Halter av arsenik, kadmium, krom och nickel i sedimenten i Luossajoki vid provtagning 2006.**

I Tabell 4-3 listas halter för samtliga analyserade metaller i sedimenten i Luossajoki vid Lj 1 från provtagningen 2006. Det kan konstateras att halterna av arsenik, kadmium, kobolt, krom, järn, mangan, nickel, bly och zink är högre vid Lj 1 än den maximala halt som uppmätts i sedimenten i Ala Lombolo.

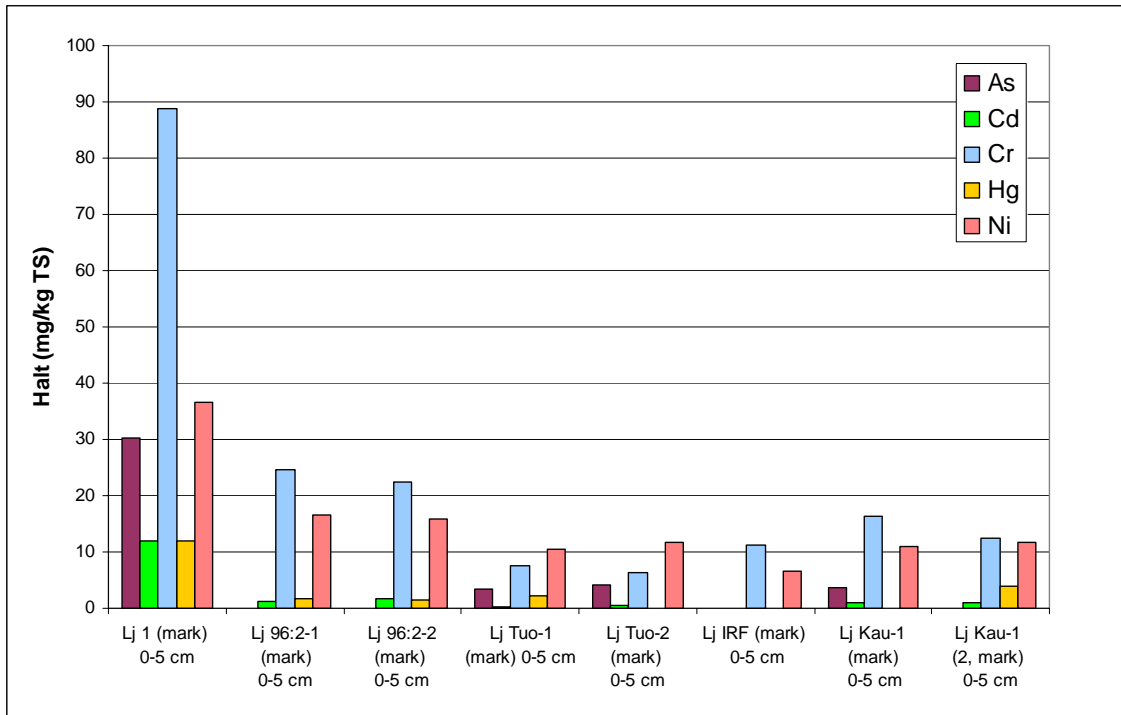
**Tabell 4-3 Uppmätta maxhalter av metaller i sedimenten i Luossajoki under 2006. Halter markerade med fet kursiv stil indikerar att halterna är högre än den uppmätta maxhalten i Ala Lombolo för respektive ämne.**

Ämne	Enhet	Provtagning Lj 1 (0-5 cm) 2006
As	mg/kg TS	<b>139</b>
Ba	mg/kg TS	449
Cd	mg/kg TS	<b>32,7</b>
Co	mg/kg TS	<b>93</b>
Cr	mg/kg TS	<b>178</b>
Cu	mg/kg TS	545
Fe	mg/kg TS	<b>89 600</b>
Hg	mg/kg TS	21
Mn	mg/kg TS	<b>827</b>
Mo	mg/kg TS	39
Ni	mg/kg TS	<b>70,1</b>
Pb	mg/kg TS	<b>1 830</b>
V	mg/kg TS	75,6
Zn	mg/kg TS	<b>12 200</b>

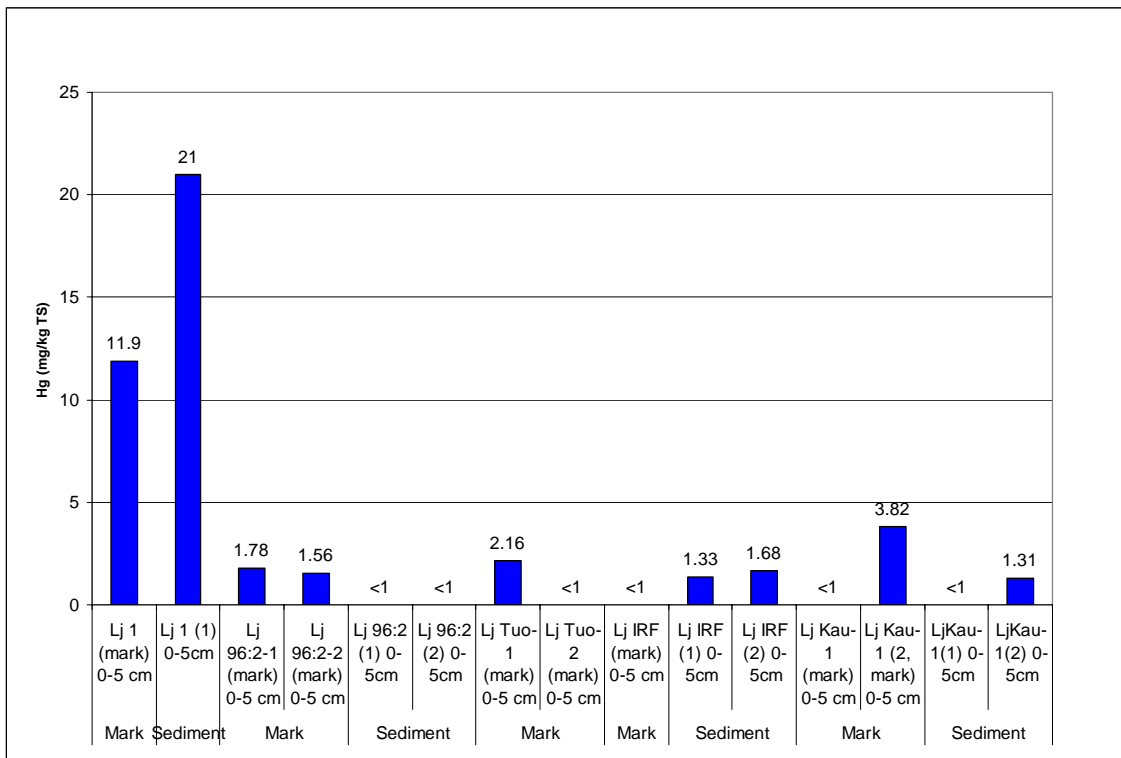
Metallhalterna i översilningsmarken visar på en tydlig föroreningspåverkan. Liksom för sedimenten uppmäts de högsta metallhalterna i översilningsmarken vid Lj 1 (Figur 4-9 och Figur 4-9). Halterna av kvicksilver, zink, koppar och bly överskrider de generella riktvärdena för mindre känslig markanvändning. Förhöjda halter uppmäts även av kadmium, kobolt, krom och arsenik. Metylkvicksilverhalterna i översilningsmarken varierar inom intervallet 5,7-140 µg/kg TS. Här uppmäts till skillnad från sedimenten den högsta halten av metylkvicksilver vid den första stationen, Lj 1 (Figur 4-11). För totalkvicksilver är föroreningsbilden mer samstämmig mellan översilningsmarken och sedimenten, där den högsta halten uppmäts i Lj 1 för både sedimenten och översilningsmarken (Figur 4-10).



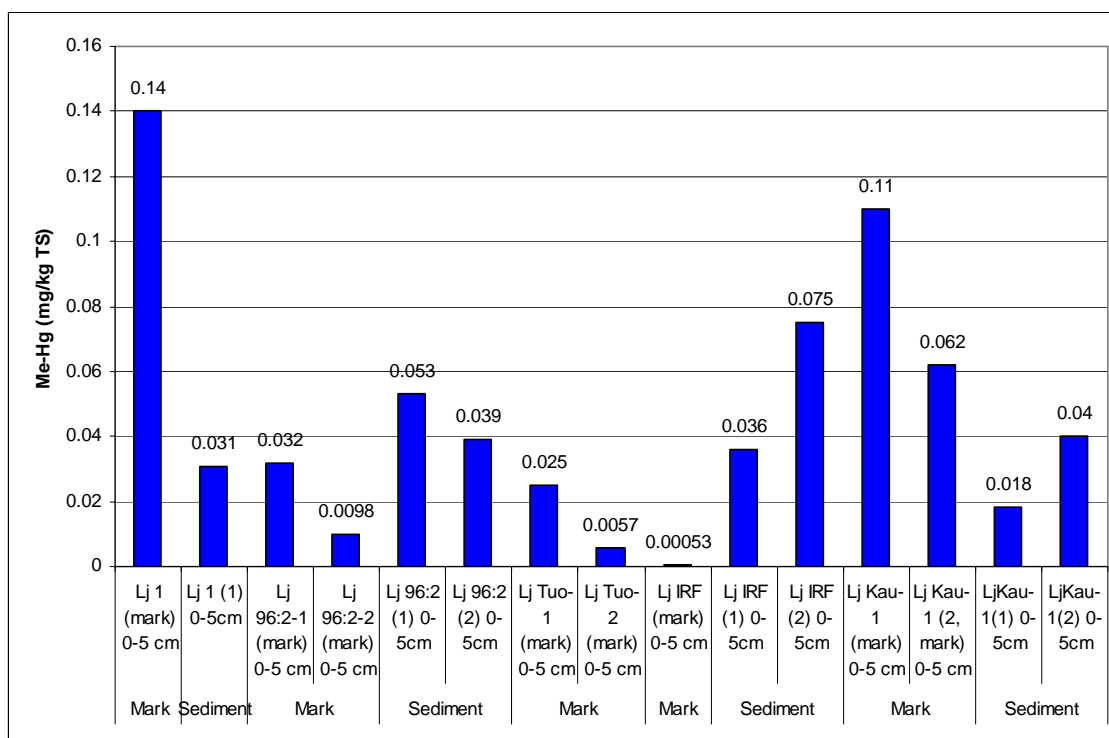
**Figur 4-8 Halter av koppar, zink och bly i översilningsmarken längs med Luossajoki vid provtagning 2006.**



**Figur 4-9 Halter av arsenik, kadmium, krom, kvicksilver och nickel i översilningsmarken längs med Luossajoki vid provtagning 2006.**



**Figur 4-10 Kvicksilverhalter i sediment och översilningsmark längs med Luossajoki vid provtagning 2006.**



**Figur 4-11 Metylkviksilverhalter i sediment och översilningsmark längs med Luossajoki vid provtagning 2006.**

## 4.2 Ytvatten

### 4.2.1 Ala Lombolo

Vid provtagningen av bottenvatten i Ala Lombolo 1995 uppmättes kvicksilverhalter i intervallet 2-3,2 ng/l i två punkter. I den ena punkten uppmättes en metylkvicksilverhalt på 0,17 ng/l (Terratema, 1997a). Som en jämförelse anger Naturvårdsverket (2000) en bakgrundsnivå av kvicksilver på 2 ng/l i opåverkade sjöar i norra Sverige.

I en provtagning under maj 1997 (Terratema, 1997b) uppmättes i ofiltrerade prov halter av kvicksilver i intervallet 4,5-10,8 ng/l. Halten av metylkvicksilver låg på nivån 1-2 ng/l. I augusti samma år hade halterna stigit till ca 26-28 ng/l kvicksilver och 4-5 ng/l metylkvicksilver i ofiltrerat prov (Terratema, 1997b). År 2005 uppmättes kvicksilver i en halt av 5,9 ng/l i bottenvattnet i Ala Lombolo och metylkvicksilver i september till 0,15 ng/l (Pelagia, 2005). Vid samma provtagning var halten av total-kväve mycket hög i Ala Lombolos vatten medan halten total-fosfor var låg.

I Tabell 4-4 listas halter av metaller och metylkvicksilver i det ytvatten som provtogs i Ala Lombolo under 2006. För att erhålla en lägre rapporteringsgräns för kvicksilver och metylkvicksilver gjordes dessa analyser hos IVL. Resterande metaller analyserades hos Analytica. Under året uppmättes en medelhalt av kvicksilver på ca 17 ng/l och en maximal halt på 79 ng/l i det ytligare provet och motsvarande 31 ng/l respektive 130 ng/l i provet djupare ner i vattenpelaren. För sötvattensystem har CCME (2003) ansatt riktvärdet för kvicksilver till 26 ng/l för skydd av akvatiskt liv. I EUs förslag till miljökvalitetsnormer anges 50 ng/l som riktvärde för kvicksilver i ytvatten (EC, 2006).

Metylkvicksilver visade på en variation över året i intervallet 0,34-3,2 ng/l. CCME (2003) anger 4 ng/l som riktvärde för metylkvicksilver i sötvattenssystem (garanterar dock inte fullt skydd för högre trofinivåer av fisk).

Av de övriga metallerna uppmättes arsenik i mycket låga halter, kadmium, krom, nickel och zink i mycket låga till låga halter, koppar i låga till måttligt höga halter samt bly i halter som klassas som mycket låga till mycket höga (Tabell 4-4).

**Tabell 4-4 Metallhalter uppmätta i ytvatten i Ala Lombolo under 2006 (ytprov respektive djupprov i regel uttaget på 1 respektive 2 m djup).**

Ämne	Enhet	Ala Lombol yt		Ala Lombol djup	
		Medel	Max	Medel	Max
As	µg/l	0.19	0.29	0.28	0.39
Cd	µg/l	0.0072	0.012	0.011	0.038
Co	µg/l	0.37	1.1	0.31	0.75
Cr	µg/l	0.082	0.22	0.079	0.13
Cu	µg/l	3.0	4.2	3.1	5.0
Hg	ng/l	17.2	79	31	130
Me-Hg	ng/l	0.42	0.73	0.94	3.2
Ni	µg/l	0.83	1.2	0.82	1.1
Pb	µg/l	0.18	0.41	1.8	18.4
Zn	µg/l	3.6	15	4.1	11.3

#### 4.2.2 Luossajoki

I Tabell 4-5 visas halterna av kvicksilver i Luossajoki från Kiruna kommuns provtagningar under åren 1996-2006 vid fyra provtagningslokaler. Såväl medel, median och max vid samtliga stationer överstiger den kvicksilverhalt som listats som bakgrundshalt i opåverkade sjöar i norra Sverige. En tydlig föroreningspåverkan av kvicksilver syns alltså i systemet. Det framgår vidare tydligt att de högsta halterna av kvicksilver i Luossajoki uppmäts vid provtagningslokal Lj 1, där halterna vid vissa tidpunkter är extremt höga, maxhalt uppmätt till 1961 ng/l. För sötvattenssystem har riktvärdet 26 ng/l ansatts för skydd av akvatiskt liv enligt CCME (2003). Enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder är kvicksilverhalter över 26 ng/l att beteckna som mycket stor avvikelse i vattendrag i norra Sverige (Naturvårdsverket, 2000). Enligt bedömningsgrunder från Statens forurensningstilsyn i Norge är halter större än 20 ng/l tecken på ett mycket starkt förorenat system (SFT, 1997). Den maximala kvicksilverhalten på 1961 ng/l sammanfaller med perioden innan Värmeverket införde rökgasrening.

Halterna av kvicksilver som uppmäts vid Lj 1 är generellt högre än halterna som uppmäts i ytvattnet i Ala Lombolo. Den högsta halten som uppmäts i Ala Lombolo ligger endast strax över medelhalten vid Lj 1 och halter i nivåer med den uppmätta maxhalten i Luossajoki har inte påträffats i Ala Lombolo vid någon mätning.

Att halterna vid Lj1 är så höga kan vara ett resultat av att tidigare kvicksilverläckage från Ala Lombolo har ackumulerats i sediment och översilningsmark som nu eroderas eller lakas ur. Text kan första tömningen av södra Luossajärvi under 1950-talet ha orsakat en störning i strömningen i Ala Lombolo och därmed fört ut stora mängder förorening från sjön som nu kan ha ansamlats i sedimenten runt Lj1. En annan tänkbar



förklaring till att halterna vid Lj1 är mycket större än vid övriga stationer kan vara att en annan källa än läckage från Ala Lombolo finns. Mellan Ala Lombolos utlopp och station Lj1 släpps t ex rökgaskondensat ut från Värmeverket.

**Tabell 4-5 Halter av kvicksilver i ytvatten i Luossajoki under perioden 1996-2006 (Kiruna kommuns provtagningar).**

Period 1996-2006	Lj96:1	Lj1	Lj96:2	Lj2
	Hg (ng/l)			
Medel	9,8	100,5	16,4	7,8
Median	7,7	23,7	11	5,4
Min	1,9	4	2,7	1,5
Max	59	1961	138	74,5

I Tabell 4-6 har medel- min- och maxhalter av arsenik och metaller i Luossajoki vid de olika provtagningslokalerna under 2006 listats. Koppar och zink förekommer som mest i måttligt höga halter, medan resterande metaller endast förekommer i mycket låga eller låga halter.

**Tabell 4-6 Halter av kvicksilver, metylkviksilver samt arsenik och övriga metaller i Luossajoki under 2006 samt jämförelse med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, tillstånd, metaller i vatten (Naturvårdsverket, 2000). För ämnen där kommentar markerats med – saknas bedömningsgrunder. För bedömning av kvicksilverhalter, se text ovan.**

Ämne	Enhet	Lj96:1				Lj1				Lj96:2				Lj2			
Hg	ng/l	1.9	8.3	24	-	4	13.1	38	-	3.4	11.1	25	-	1.5	4.8	11	-
Me-Hg	ng/l	0.34	0.46	0.72	-	0.17	0.4	0.6	-	0.065	0.29	0.44	-	0.13	0.22	0.3	-
As	µg/l	0.16	0.16	0.16	Mkt låga	0.19	0.22	0.26	Mkt låga	0.22	0.22	0.22	Mkt låga	0.11	0.11	0.11	Mkt låga
Cd	µg/l	0.0025	0.0048	0.0092	Mkt låga	0.0022	0.019	0.046	Mkt låga - Låga	0.076	0.031	0.086	Låga	0.0048	0.012	0.028	Mkt låga - Låga
Co	µg/l	0.18	0.52	3.2	-	0.17	0.4	1.7	-	0.27	0.38	0.61	-	0.051	0.15	0.28	-
Cr	µg/l	0.043	0.075	0.22	Mkt låga	0.057	0.13	0.24	Mkt låga	0.074	0.14	0.22	Mkt låga	0.082	0.12	0.23	Mkt låga
Cu	µg/l	1.7	3.0	4.3	Låga - Måttligt höga	1.6	2.9	4.4	Låga - Måttligt höga	1.5	2.7	3.9	Låga - Måttligt höga	1	1.6	2.4	Låga
Ni	µg/l	0.62	0.87	1.4	Mkt låga - Låga	0.56	0.82	1.2	Mkt låga - Låga	0.77	0.96	1.4	Låga	0.31	0.45	0.66	Mkt låga
Pb	µg/l	0.058	0.10	0.28	Mkt låga - Låga	0.15	0.88	2.7	Mkt låga - Måttlig höga	0.16	0.40	0.88	Mkt låga - Låga	0.025	1.15	0.35	Mkt låga - Måttligt höga
Zn	µg/l	0.89	2.7	10.4	Mkt låga - Låga	2	5.5	9.4	Mkt låga - Låga	4.2	6.2	11.2	Mkt låga - Låga	1.1	2.6	4.4	Mkt låga

### 4.3 Grundvatten

I den undersökning som gjordes av Golder (1993) provtogs grundvatten i provgropar såväl väster som norr om Ala Lombolo. Generellt uppmättes relativt höga halter av ett flertal metaller, framförallt i en provpunkt i Ala Lombolos nordvästra strandområde. En massbalans för Ala Lombolo visade att läckage med grundvattnet från gråbergssupplagen skulle kunna vara orsak till det nettotillskott som observeras mellan in- och utlopp i Ala Lombolo för samtliga metaller utom för kvicksilver. Halterna i grundvattnet skulle behöva vara ca 130 gånger högre än den maximala halt som uppmättes till 12 ng/l för att förklara nettotillskottet av kvicksilver till Ala Lombolo. Vittring från gråbergssupplagen har därför uteslutits som möjlig källa för kvicksilvret i Ala Lombolo.

De grundvattenprov som uttogs i grundvattenrör GV1 och GV4 som sattes under 2006 (Figur 3-4) visade vid provtagningen i november 2006 på halter av kvicksilver i såväl ofiltrerade som filtrerade prov i nivåer mellan 0,2 – 1,3 ng/l. Bly uppmättes i ofiltrerade prov från båda grundvattenrören i höga halter (4,6 respektive 3,2 µg/l). Källan till dessa blyhalter är dock ej klarlagd. I övrigt uppmättes låga halter av t ex kadmium, zink och arsenik.

I provtagningen i maj 2007 uppmättes låga halter av kvicksilver i GV1 (0,12 – 0,15 ng/l) och i det filtrerade provet från GV4 (0,86 ng/l) medan halten i det ofiltrerade provet från GV4 var hög 10 ng/l. Det ofiltrerade provet från GV4 visade också på höga halter bly (18 µg/l). Det ofiltrerade provet visade på höga halter av järn, mangan och aluminium vilket indikerar närvaro av partiklar av oxidhydroxider på vilka kvicksilver och bly kan ha fastlagts.

### 4.4 Biota

Den bottenfaunaundersökning som gjordes i Luossajärvisystemet 1991 (Mäki, 1991) visar att såväl Ala Lombolo som Yli Lombolo har en mycket låg diversitet i bottenfaunasamhällena som utgörs i princip enbart av fjädermygglarver.

En förnyad bottenfaunaundersökningen gjordes 2005 (Pelagia, 2005) vilken även den visade på att bottenfaunan var kraftigt påverkad av föroreningar. Mundelskador på fjädermygglarver förekom på 27% (4 av totalt 15 stycken) av fjädermygglarver av gruppen Chironomus sp. (Pelagia, 2005). I ett opåverkat sediment skall skadefrekvensen vara mindre än 1%. Undersökningen visar att kvicksilver assimileras i biota (fjärdermygglarver, snäckor och vattengråsuggor). En möjlig förbättring i livsbetingelserna för bottenlevande organsimer kan dock ses om resultaten från undersökningen 2005 (Pelagia, 2005) jämförs med undersökningen 1991 (Mäki, 1991), då ett flertal taxa påträffades vid undersökningen 2005.

Historiskt har fiske skett i Ala Lombolo men i dagsläget förekommer endast spigg i sjön (Terratema, 1997a). Vid provfiske under 1996 påträffades inga fiskar (Terratema, 1997a). Analyser har gjorts av kvicksilver i fisk i nedströms belägna Jukkasjärvi. Gädda som fångades i Jukkasjärvi 1993 hade en halt av 0,6 mg/kg våtvikt att jämföra med ett genomsnitt i länet på 0,3 mg/kg och i Kiruna kommun på 0,18 mg/kg våtvikt. Kvicksilverhalterna i gädda i Jukkasjärvi var signifikant lägre 2005 jämfört med 1993, 0,30 mg/kg våtvikt (Pelagia, 2005). Som eventuell förklaring till detta har föreslagits olika provtagningsplatser samt minskade utsläpp från reningsverket i Kiruna. Halten är

alltså lägre än vad den varit men är fortfarande förhöjd jämför med bakgrundshalten i Kiruna kommun och i referensområdet.

## 5 Riskbedömning

### 5.1 Förutsättningar för riskbedömning

I riskbedömningen ingår att göra en bedömning av de risker för hälsa och miljö som rådande föroreningsituation innebär i nuläget (diagnos) samt en bedömning av hur riskerna kan förväntas förändras i framtiden (prognos). Vidare görs en bedömning av vilket behov som finns av åtgärder för att reducera riskerna till en acceptabel nivå.

De risker för hälsa och miljö som kan uppstå inom det förorenade området beaktas, men även risken att föroreningar skall spridas från området och påverka omgivningen.

För sjöar med förorenade sediment är det oftast risken för det biologiska livet i sjön samt risken för spridning av föroreningar till omgivningen som är styrande för riskbedömningen, medan hälsorisker oftast är av mindre betydelse eftersom sedimenten har begränsad tillgänglighet.

I bedömningen av de framtida riskerna ingår att ta hänsyn till de förändringar i sjö och sediment som påverkar föroreningsituationen om inga efterbehandlingsåtgärder vidtas. Dessa behandlas i det nollalternativ som riskbedöms. Riskerna kan förändras med tiden till exempel genom inlagring av föroreningar i sedimentet som gör dem mer svåråtkomliga, men även av förändringar i vattennivå, kemiska förändringar i sedimenten samt ändrad användning av sjön.

Det som är speciellt för Ala Lombolo är att stora förändringar i sjön kan förväntas på relativt kort sikt (några decennier) samt att dessa förändringar till stor del beror på mänskliga aktiviteter i omgivningen, se avsnitt 2.3.2. Därigenom kommer nollalternativet innebära stora förändringar i sjön och sannolikt även att Ala Lombolo upphör att existera som sjö inom en överskådlig tid. Detta påverkar de hälso- och miljörisker som kan uppkomma i framtiden.

De frågeställningar som berörs i riskbedömningen är:

- Ala Lombolo som källa för förorenings-spridning till Luossajoki och Torne älv med speciell hänsyn till spridning av metylkvicksilver.
- Hälsorisker på grund av de förorenade sedimenten och speciellt med tanke på att sjöns vattennivå riskerar att kraftigt sänkas på grund av den utökade gruvsdriften.
- Miljörisker som föroreningarna ger upphov till i Ala Lombolo och i angränsande områden.

Riskbedömningen utgår från de övergripande åtgärds mål som formulerats för Ala Lombolo enligt följande:

- Ala Lombolo ska inte utgöra en framtida föroreningskälla av miljöfarliga ämnen till Torne älv.
- Föroreningar ska säkras så att överföring av miljöfarliga ämnen till omgivningen förhindras.
  - 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
  - vara attraktivt för friluftslivet

- möjligheten att ha en fri vattenspiegel bevaras
- vattenomsättning tillräcklig för biologiskt liv

Det är dock osäkert om möjligheten att bevara en fri vattenspiegel som ett inslag i landskapsbilden kan uppfyllas på längre sikt med tanke på den ökade sprickbildningen från gruvbrytningen och risken för torrläggning av sjön.

## 5.2 Bedömning av spridningsrisker

### 5.2.1 Spridningsvägar och recipienter

I en förorenad sjö ligger den stora merparten av föroreningar i sedimenten. I Ala Lombolo finns endast ca 0,001% av kvicksilvret i vattenmassan och resten finns i sedimentet. Eftersom spridning huvudsakligen sker via det strömmande vattnet så är överföringen mellan sediment och vattenmassa mycket betydelsefull för spridningen och en uppskattning av de processer som styr denna överföring är viktig för att bedöma storleken på denna spridning.

Överföring av förorening mellan sediment och vattenmassa kan ske genom:

- Erosion och resuspension av förorenade sedimentpartiklar som sprider partikelbundna föroreningar till vattenmassan.
- Diffusion av lösta föroreningar i sedimentets porvatten till vattenmassan.
- Strömning av vatten genom sedimenten som för med sig lösta föroreningar.

### 5.2.2 Transport av partikelbundna föroreningar

Ala Lombolo är grund och saknar några egentliga djuphålur. Ungefär 40 procent av sjön har ett djup mindre än 1,5 meter (Hedlund, 2005). Höga föroreningshalter finns även i grunda områden, vilket medför en stor risk för erosion. Mätningar av kvicksilverhalten i filtrerat och ofiltrerat vatten vid utloppet från Ala Lombolo under åren 2001, 2003 och 2005 visar att i medeltal 78-96 procent av kvicksilvret föreligger i partikelbunden form. Halten suspenderat material i utloppet av Ala Lombolo är relativt låg (medelvärde för mätningar år 2001, 2003 och 2006 ca 2,5 mg/l, max=6,3 mg/l, min< 1 mg/l).

Utifrån halten av partikelbundet kvicksilver i vatten kan medelhalten kvicksilver i det suspenderade materialet beräknas till 2,9 mg/kg TS år 2003 (variationen mellan olika provtagningstillfällen 1 – 6,4 mg/kg TS) och 4,7 mg/kg TS år 2001 (variation 1 – 4,5 mg/kg TS). Detta är mindre än medelhalten av kvicksilver i Ala Lombolo som är ca 30 mg/kg TS, vilket tyder på att det suspenderade materialet som strömmar ut ur Ala Lombolo delvis har ett annat ursprung än sjöns sediment. En överslagsberäkning baserat på ett årsmedelflöde på 15 miljoner m<sup>3</sup> per år skulle med en halt suspenderat material på 2 mg/l innebära en årlig transport av 30 ton material. Om det suspenderade material höll en medelhalt på 4 mg/kg TS skulle det innebära en transport av kvicksilver på 120 gram per år. Detta visar att partikeltransport har förutsättningar att vara en viktig transportprocess för att föra kvicksilver ut från Ala Lombolo, men processens betydelse för frisättning av kvicksilver är mer osäker.

En hypotes har varit att ökad partikeltransport i samband med islossning och vårflod skulle ge en ökad kvicksilvertransport. De mätningar som gjorts i utloppet av Ala Lombolo har dock inte visat på några ökade halter av suspenderat material i samband med vårfloden. Snarare är andel partikelbundet kvicksilver lägre i början av

provtagningsperioderna än i slutet. Detta kan bero på att andra processer såsom vågrörelser vid kraftiga stormar frigör partikelbundet kvicksilver. Däremot noteras en markant högre halt suspenderat material i bottenvattnet i Ala Lombolo vid första provtagningstillfället under 2006 (vecka 19). Vidare kan ett svagt positivt samband ses mellan vattenföring och halt suspenderat material för de provpunkter som ligger längst nedströms i Luossajoki (Lj96:2 och Lj2).

Ytterligare en osäkerhet är om allt partikelbundet material fångas upp i den provtagning som utförts vid utloppet från Ala Lombolo. Vattenflödet är tidvis mycket starkt vilket gör det möjligt för tyngre partiklar att transporteras längs botten (så kallad bed load). Denna typ av transport är svår att mäta, men kan ha betydelse för transporten ut ur Ala Lombolo.

### 5.2.3 Utvärdering av föroreningarnas lakbarhet

De lakförsök som gjorts på blöta och torkade sediment från Ala Lombolo visar på en hög lakbarhet av molybden, antimon, sulfat och löst organiskt material. Zink uppvisar en hög lakbarhet i de prover som torkats innan lakning. Detta kan bero på att vittring av sulfider sänker pH-värdet. Låga pH-värden noterades i kvarvarande vatten i södra Luossajärvi efter dess tömning.

Kvicksilver uppvisar en relativt låg lakbarhet där kvoten mellan halt i fastfas och halt i eluat varierar mellan 18 000 – 1 500 000 l/kg. De högsta halterna i eluaten uppmättes vid L/S=2 för de torkade proverna. Motsvarande resultat saknas för de blöta proverna eftersom de inte gick att utvärdera vid L/S=2, vilket gör det svårt att bedöma om torkningen innebär en ökad utlakning av kvicksilver. Eluathalterna i de torra sedimenten överstiger dock de som uppmättes i porvattnet in situ i sedimenten, se Figur 5-1. Detta tyder på att en uttorkning av sedimenten leder till en ökad lakning av kvicksilver.

Även halterna av metylkvicksilver är högre i både den fasta fasen och eluaten i de torkade proverna. De höga halterna ses framförallt vid L/S=2, men även vid L/S=10 är halterna signifikant högre än för de blöta proverna.

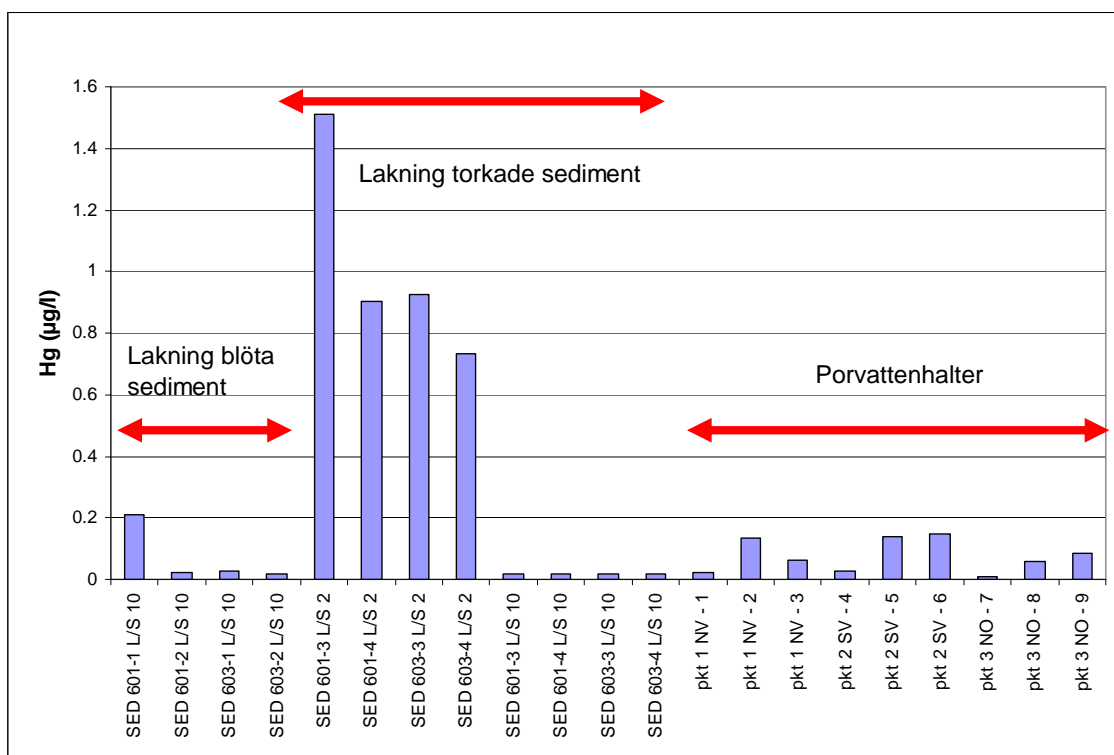
### 5.2.4 Transport av lösta föroreningar

Lösta föroreningar som finns i sedimentens porvatten kan genom diffusion tas sig upp i ovanliggande vattenmassa. Storleken på överföringen beror av halten i porvattnet (gradienten i porvattenhalt), diffusiviteten i sedimentet samt eventuellt motstånd i gränsskiktet mellan sediment och vattenfas. Diffusiviteten är en relativt långsam process, men eftersom den kan ske över stora ytor kan den ge ett viktigt bidrag. Halterna i porvattnet har undersökts vid ett par tillfällen (Terratema, 1998) och Erhagen (2007). Dessutom ger de lakförsök som utförts på sedimenten en viss fingervisning till vilka halter som kan finnas i sedimentens porvatten.

De maximala porvattenhalter som mätts upp ligger i storleksordningen 0,15 µg/l (Umeå universitet, 2007), med de högsta halterna uppmätta i skiktet 5 – 10 cm. De lakförsök som utförts på blöta sediment vid L/S=10 visar på lägre halter, från mindre än 0,02 µg/l till ca 0,025 µg/l i alla prover utom ett som hade en halt på 0,2 µg/l, se Figur 5-1. Vid så höga L/S-tal som 10 sker en väsentlig utspädning av det vatten som finns i sedimentet, vilket innebär att dessa värden inte bedöms vara representativa för porvattenhalten.

På de prover som torkats utfördes även lakning vid L/S=2. Dessa prover visade på väsentligt högre halter i lakvattnet, mellan 0,73 och 1,5 µg/l. Försöken på de torkade proverna vid L/S=10 visade på halter under detektionsgränsen (0,02 µg/l). De halter

som uppmätts vid det låga L/S-talet bedöms som mer representativa för vilka halter som skulle kunna erhållas från sediment som torkats ut och fått tillgång till syre.



**Figur 5-1 Halter av kvicksilver i lakvatten (µg/l) från genomförda lakförsök samt från mätningar i porvatten.**

Eftersom vattenhalten är stor i sediment är diffusiviteten endast något mindre än i fritt vatten, vanligen 2 – 10 gånger lägre. En diffusivitet på  $10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s (hälften av den i fritt vatten), en gradient i halt på 0,15 µg/l över 5 cm och en yta på 250 000 m<sup>2</sup> skulle ge ett diffusivt utsläpp på 24 g/år. Om diffusiviteten skulle vara lägre,  $2 \cdot 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s skulle det årliga utsläppet via diffusion vara 4 g/år. Om gradienten var större, 0,15 g/l över 1 cm skulle utsläppet av kvicksilver från sedimenten genom diffusion vara ca 120 g/år.

Även om det är svårt att göra en exakt kvantifiering av utsläppet genom diffusion finns det indikationer på att diffusion kan ge ett markant bidrag till utsläppet från Ala Lombolo. De mätningar som gjorts av halterna i Ala Lombolo och dess utlopp indikerar att diffusion skulle kunna vara en betydelsefull process. Kviksilverhalterna i yt- och bottenvatten i Ala Lombolo samt i dess utflöde minskar med ökande flöde och ökar svagt med ökande temperatur. Detta kan tolkas att frigörelsen från sedimenten är relativt konstant och oberoende av flödet genom Ala Lombolo och att ökningen vid högre temperaturer beror på att biologiska och kemiska processer påverkas av temperaturen. Vattnet i Ala Lombolo uppvisar också en markant ökning av pH under år 2006. I samband med vårfloden ligger pH på 7 – 7,5 för att sedan öka till 9,7 i slutet av augusti. Därefter avtar pH igen ner mot 8. Liknande förändringar av pH uppmättes även 2001, 2003 och 2005. Orsaken till de höga pH-värdena kan vara kalcitvittring som ger högt pH i tillrinnande vatten (alternativt kan en hög primärproduktion öka pH). Kviksilverhalterna i vatten i Ala Lombolo är positivt korrelerade till pH. Detta kan dock vara ett indirekt samband eftersom perioden med högt pH sammanfaller med



perioden med höga temperaturer och låg vattenföring som också medför stor kvicksilveravgång från sedimenten.

Vatten kan även tillföras eller bortföras genom sjöns botten. Tillförsel av föroreningar från omgivningen har diskuterats i tidigare utredningar (Pontér, 1993, Golder, 1993). Ala Lombolos placering i topografin (en platå mellan Kirunavaara och gråbergsmagasin i väster och Luossajokis ravin i öster) skulle möjliggöra att inströmning av grundvatten sker i de västra delarna av sjön och att i de östra delarna "läcker" sjön till grundvattnet. En strömning genom sedimenten innebär att lösta föroreningar i sedimenten kan frigöras, vid en uppåtriktad strömning till vattenmassan i sjön och vid en nedåtriktad strömning till underliggande grundvatten. I en tidigare utredning (Kemakta, 1998) gjordes uppskattningar av transporten med advektion utgående från en liten grundvatteninströmning (2000 m<sup>3</sup>/år) och en medelstor inströmning (20 000 m<sup>3</sup>/år). Det större flödet skulle med en porvattenhalt på 0,15 µg/l ge en frigörelse av 3 g kvicksilver per år. Läckaget av kvicksilver på grund av strömning genom sedimenten bedöms därför inte vara någon dominerande transportprocess. Detta styrks även av de relativt låga grundvattenhalter som uppmätts i de borrhål som ligger nedströms Ala Lombolo (GV1 och GV4).

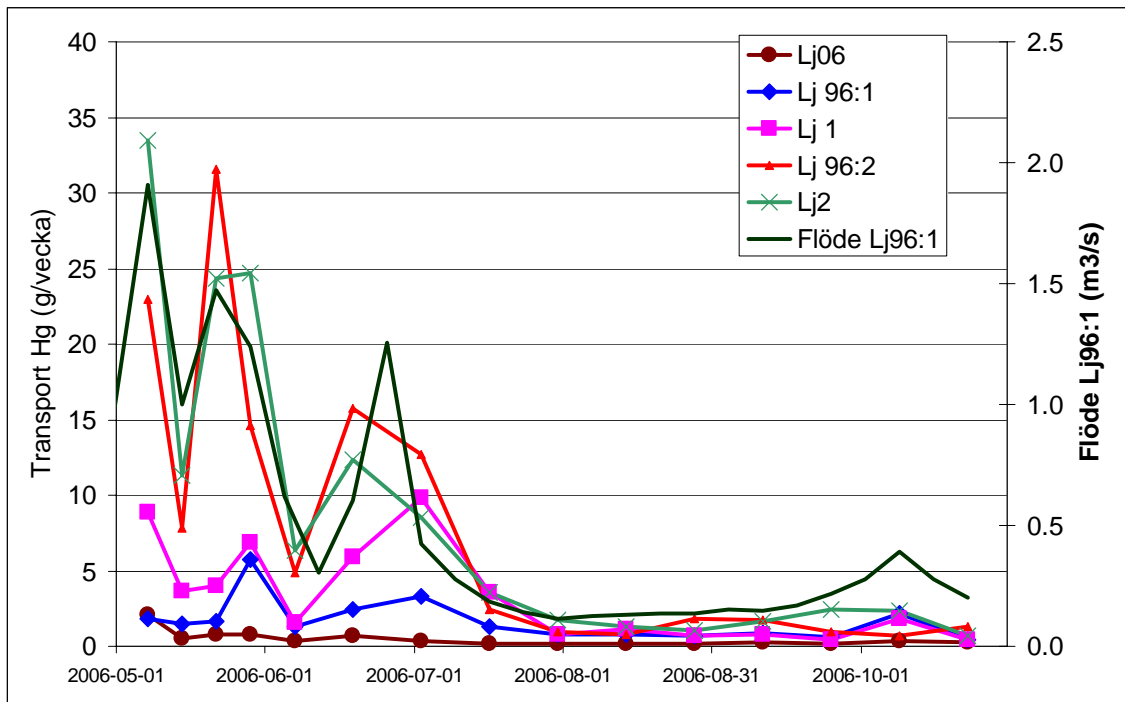
## 5.2.5 Uppskattad spridning från Ala Lombolo

### *Spridning i nuläget*

De mätningar av halter i Luossajoki samt de uppskattningar som gjorts av flödet i Luossajoki har använts för att uppskatta transporten av metaller i de olika provtagningsstationerna i nuläget. Placering av provstationerna visas i Figur 3-3. Transporten i de olika provpunkterna i Luossajoki har beräknats genom att medelhalten av föroreningar i vattnet (mätningar var 7 eller 14 dag) har multiplicerats med SMHI:s beräkningar av flödet i de olika mätstationerna. Mätningar har skett mellan vecka 20 och 46. För beräkningar av årstransporten har transporten under de övriga perioderna uppskattats genom att anta att:

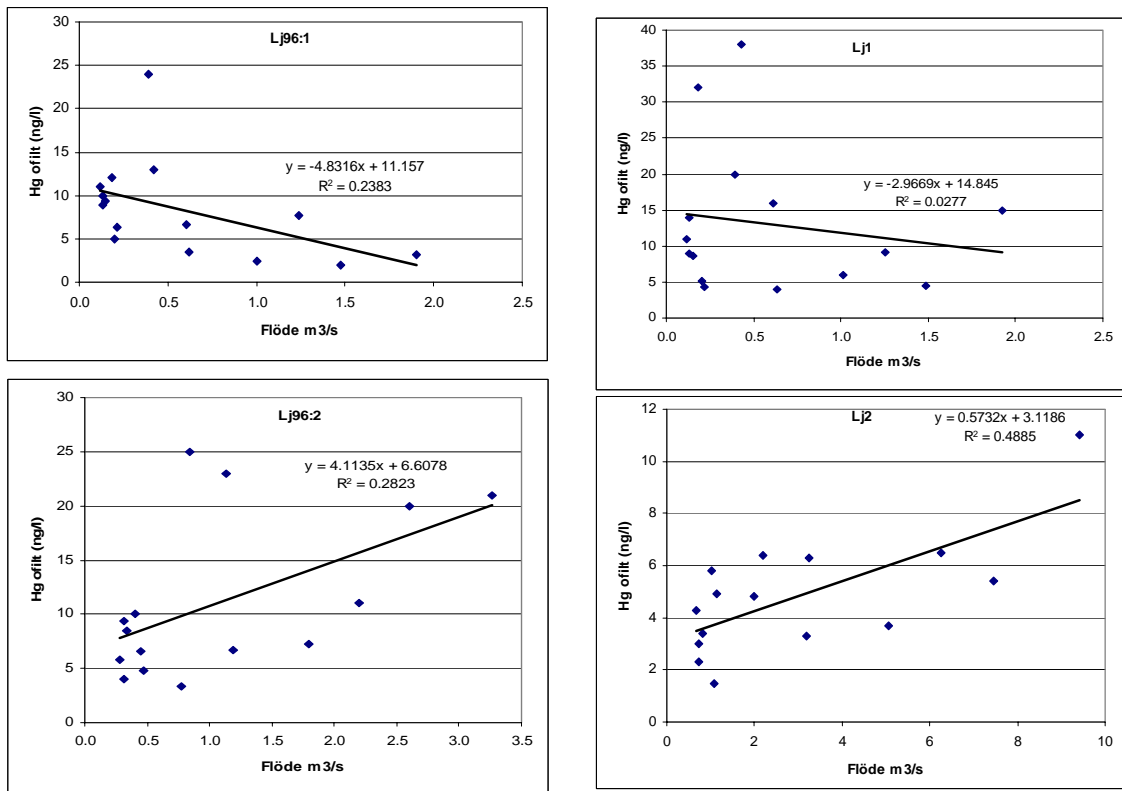
- Halterna i Luossajoki under vecka 1-19 motsvarar de som uppmättes vecka 43 och flödet är beräknat utifrån SMHI:s uppmätta flöde i Altajärvi under perioden korrelerat mot flödet i Luossajoki.
- Halterna i Luossajoki under vecka 44-52 motsvarar de som uppmättes vecka 43 och flödet är beräknat utifrån SMHI:s uppmätta flöde i Altajärvi under perioden korrelerat mot flödet i Luossajoki.

Ur Figur 5-2 framgår att i de nedre delarna av Luossajoki (Lj96:2 och Lj2) är transporten av kvicksilver störst i samband med högflödesperioden på våren och är starkt korrelerad till flödet. Vid utloppet från Ala Lombolo (Lj96:1) och strax nedströms (Lj1) är transporten störst senare under säsongen. En stor del av transporten sker under de tre månaderna maj-juli (40% - 70%).



**Figur 5-2 Uppskattad veckotransport av kvicksilver i Luossajoki under 2006.**

De stora variationerna i vattenflöde i Luossajoki (största utflöde från Ala Lombolo ca 2 m<sup>2</sup>/s och minsta flöde 0,12 m<sup>3</sup>/s) gör att kvicksilvertransporten blir starkt beroende av flödet. Kviksilverhaltenas beroende av vattenflödet varierar mellan de olika provpunkterna, se Figur 5-3. I utloppet från Ala Lombolo är kvicksilverhalten svagt negativt korrelerad till flödet, dvs. halten är lägre när flödet är högt vilket indikerar att utläckaget från sedimenten i Ala Lombolo i stor utsträckning är oberoende av vattenflödet. I punkten Lj1 kan ingen korrelation ses mellan halten av kvicksilver och flödet, medan i punkterna Lj96:2 och Lj2 är halten positivt korrelerade till flödet. Detta kan tolkas som att frigörelsen av kvicksilver ökar vid höga vattenflöden, t.ex. genom erosion eller resuspension av material som tidigare sedimenterat i bäckfåran.

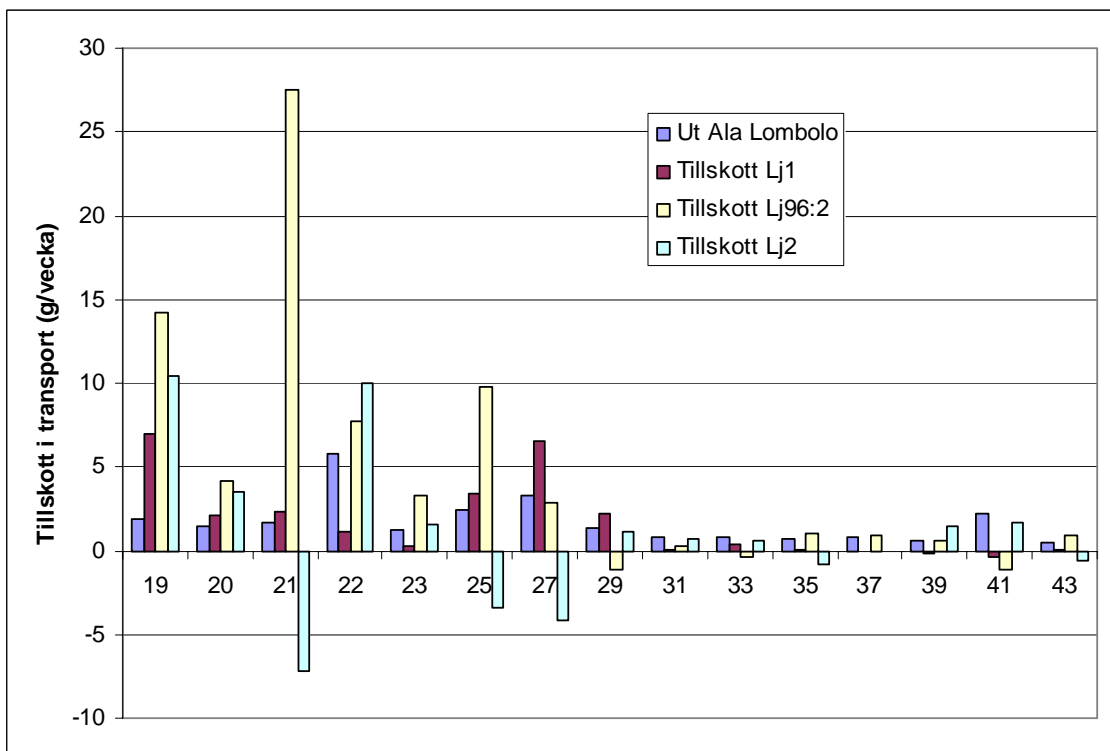


**Figur 5-3 Samband mellan kvicksilverhalt och flöde i de olika provtagningsstationer i Luossajoki under 2006.**

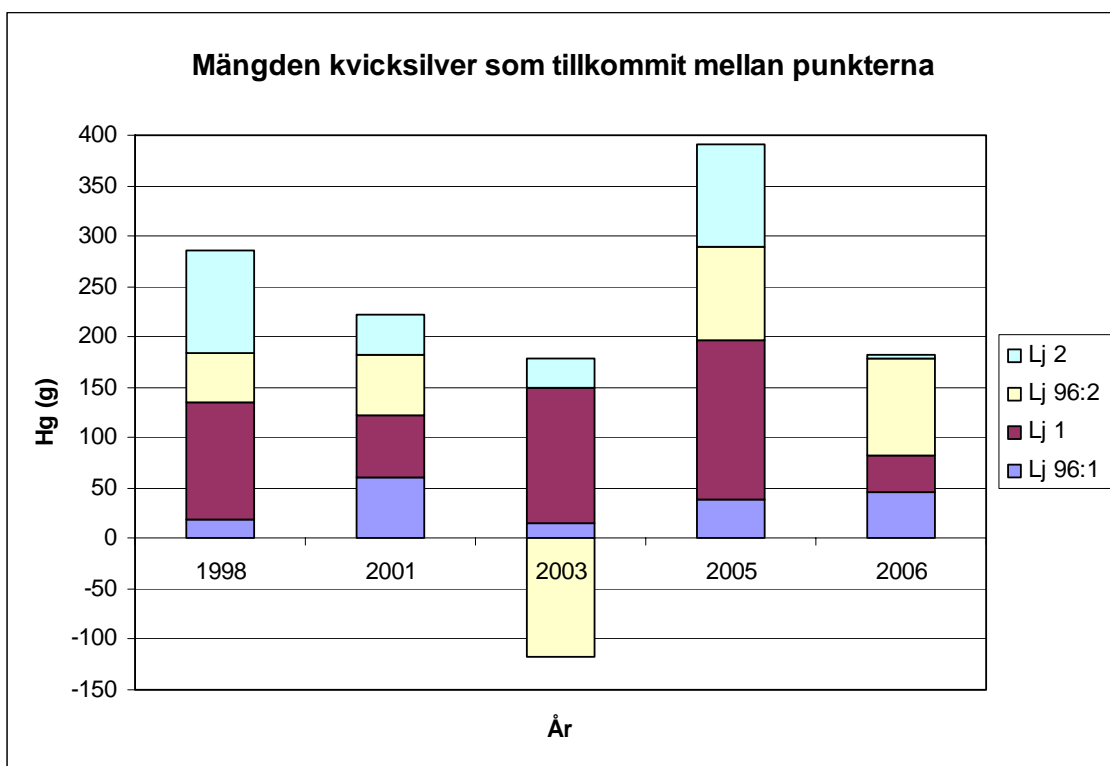
En sammanställning av den veckovisa transporten av kvicksilver visar att det under de första veckorna på året sker ett betydande tillskott i kvicksilvertransport längs med Luossajokis lopp (Figur 5-4). Frammot slutet av maj börjar utflödet från Ala Lombolo att bli mer dominerande och det utgör 60% av den totala transporten i Luossajoki under perioden augusti till oktober.

I Figur 5-5 redovisas det årliga tillskottet längs med provtagningsstationerna i Luossajoki för åren 1998, 2001, 2003, 2005 och 2006. Den uppskattade årliga transporten vid Ala Lombolos utlopp varierar mellan 20 och 60 g. Variationen kan till stor del förklaras av skillnader i vattenföring. Till exempel var snösmältningen mycket snabb år 2003, vilket innebar att vårfloren rann över isen på Ala Lombolo. Den totala årliga transporten från Luossajoki till Torne älv har beräknats till ca 200 – 400 g.

De tillskott i kvicksilvertransport som uppkommer längs med Luossajoki kan bero på frigörelse av kvicksilver som finns upplagrat i sediment och översilningsmark längs med bäcken samt från andra utsläppskällor till Luossajoki. De huvudsakliga kvicksilver källor som identifierats är värmeverket och avloppsreningsverket. De övriga potentiella källorna (övriga industrier, dagvatten, f.d. deponier) bedöms ge ett mindre bidrag.



**Figur 5-4 Tillskott i veckotransport av kvicksilver mellan olika provtagningsstationer i Luossajoki under veckorna 19 till 43 under 2006.**



**Figur 5-5 Tillskott av kvicksilver på årsbasis mellan olika provtagningsstationer i Luossajoki.**

## 5.2.6 Utsläpp från andra källor

### *Värmeverket*

Kiruna värmeverk släpper ut sitt kondensvatten i en ledning som via ett dike rinner ut i Luossajoki mellan stationerna Lj96:1 och Lj1. Utifrån de mätningar som genomförs vid värmeverket har värmeverkets utsläpp beräknats enligt Tabell 5-1.

**Tabell 5-1 Värmeverkets utsläpp till Luossajoki 2006.**

<b>Metall</b>	<b>Utsläpp</b>
Krom	0,039 kg
Bly	0,179 kg
Nickel	0,081 kg
Zink	0,937 kg
Kvicksilver	0,035 kg
Kadmium	0,022 kg

Det beräknade utsläppet på 35 g kvicksilver stämmer väl överens med det tillskott som ses i transporten mellan Lj96:1 och Lj1 på 36 g.

### *Avloppsreningsverket*

Kiruna avloppsreningsverk släpper ut renat avloppsvatten i Luossajoki strax uppströms station Lj96:2. Potentiella kvicksilverkällor som ansluter till avloppsnätet är lasarettet (folktandvården) och värmeverket. Utsläppet av kvicksilver från reningsverket har tidigare varit osäkert eftersom de analyser som utförts har haft en hög detektionsgräns. Under 2006 infördes bättre analysmetoder, men värden under detektionsgräns finns bara för perioden september-december.

Under vårfloden förekommer bräddning av avloppsvatten. Denna bedöms dock inte vara av betydelse för det totala utsläppet. Bräddningen sker vid korta tidsintervall någon enstaka gång per år. Analyser med god detektionsgräns från maj-dec genomfördes 1994 och dessa visar på 3-4 ggr högre värden i maj/juni jmf med vinter. Dessa resultat har använts som vägledning för uppskattning av halterna 2006. Dessa pekar på ett utsläpp av kvicksilver under 2006 på 41 g.

Detta är mindre än det beräknade tillskottet mellan stationerna Lj1 och Lj96:2 som är 96 g för år 2006. Det ytterligare tillskottet kan bero på frigörelse av förorening som fastlagt i sediment och översilningsmark längs med Luossajokis lopp. Eftersom siffrorna är osäkra är det svårt att bedöma storleken på detta tillskott.

## 5.2.7 Framtida spridning

Sprickbildningen, orsakad av gruvbrytningen, förväntas leda till lägre vattenflöden i de övre delarna av Luossajoki systemet och längre uppehållstider, samt lägre vattenstånd i Ala Lombolo. I dagsläget är halterna av kvicksilver negativt korrelerade till vattenflödet och de försök som utförts på torkade sediment visar på risk för en ökad utlakning. En minskad vattenföring i Ala Lombolo bedöms därför inte ge ett lägre utsläpp utan att snarare ligger utsläppet kvar på nuvarande nivå eller ökar. Längre nedströms kommer

vattenföringen att påverkas i mindre grad och risken kvarstår att tidigare inlagrade föroreningar i sediment och översilningsmark frigörs vid hög vattenföring.

## **5.3 Bedömning av hälso- och miljöeffekter**

### **5.3.1 Bedömning av hälsoeffekter vid vistelse i området**

Ett hälsofarligt ämne ger övergående eller kroniska skador hos individen efter exponering. Hälsofarligheten hos ämnet bedöms enligt ämnesspecifika kriterier såsom ämnets förmåga att t.ex. framkalla skador på organ, ämnesomsättning, nervsystemet eller orsaka cancer. Effekternas grad varierar beroende av ämnets kemiska form då t.ex. metylkvicksilver är betydligt giftigare än kvicksilver.

#### ***Exponeringsvägar***

Människor som kommer i direkt kontakt med kraftigt förorenade sediment, t.ex. vid sjösättning av båtar och upptagning av ankare, riskerar att exponeras för föroreningar. Exponering kan ske genom direkt intag av sediment till följd av hand-mun överföring av sediment. Andra tänkbara exponeringsvägar är hudkontakt och intag av vatten, men också då sedimenten är exponerade för luft och damningsrisk föreligger finns risk för inandning av partiklar och gaser. Även människor som äter fisk med höga kvicksilverhalter exponeras.

#### ***Exponering för förorenade sediment***

I beräkningarna för att utreda riskerna med exponering för sedimenten i Ala Lombolo och Luossajoki har de uppmätta maxhalterna använts för att få en bild av det värsta tänkbara scenariot. En jämförande beräkning har gjorts utifrån medelhalter i Ala Lombolo.

Exponering för förorenade sediment kan ske genom oavsiktligt oralt intag (t.ex. om förorenade händer förs in i munnen) och hudkontakt. Summan av oralt intag av sediment och upptag via hud har därför beräknats utifrån de värden som används i modellen för riktvärden för förorenad mark. Det orala intaget av sediment för barn har antagits vara 150 mg/dag som exponering sker och för vuxna 50 mg/dag. Exponeringstiden, som för sediment är lägre än för förorenad mark, har antagits ske 10 dagar/år. Hudexponeringen har också antagits vara 10 dagar med ett upptag vid varje exponeringsdag av 1400 mg/dag för barn och 900 mg/dag för vuxna. Kroppsvikter som använts i beräkningarna är 15 kg för barn och 70 kg för vuxna.

Enligt beräkningarna baserat på uppmätta maxhalter skulle en exponering för sedimenten i Ala Lombolo kunna leda till ett intag av kvicksilver motsvarande 18 % av TDI-värdet för barn och 2 % för vuxna. Den maximala halten av kvicksilver i sedimenten i Luossajoki motsvarar 2 % av TDI för barn. Exponering för sediment med maxhalten av bly i Luossajoki motsvarar 15 % av TDI-värdet för barn och 1% för vuxna.

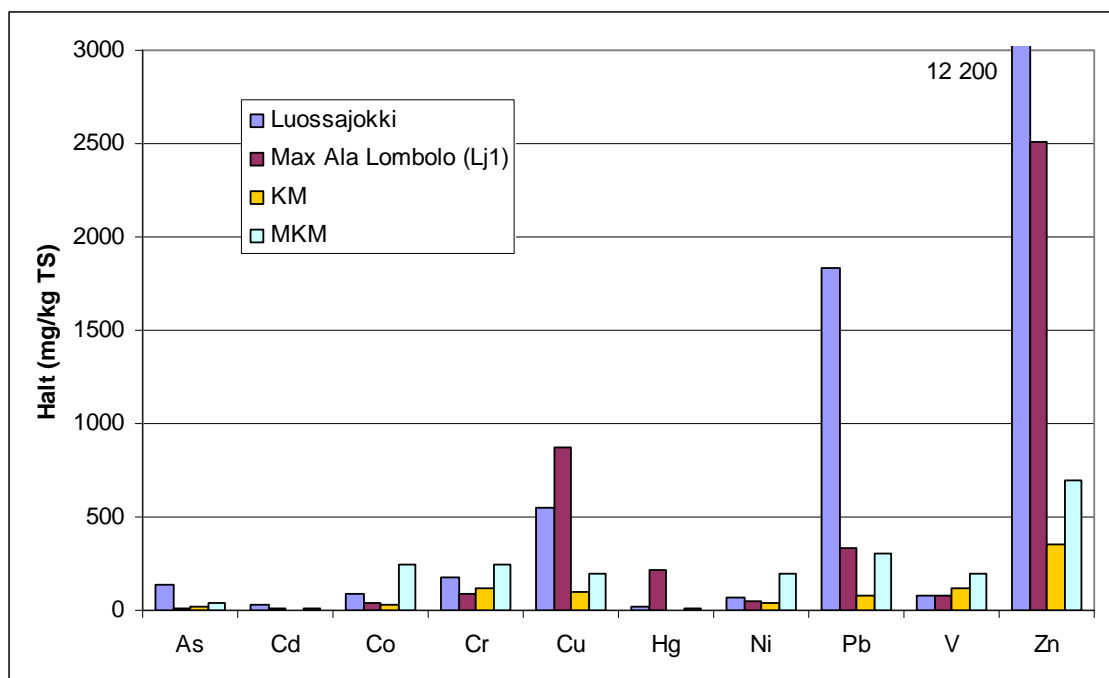
Då samma beräkning görs på medelhalter i Ala Lombolo erhålls lägre värden för exponeringen. Med de gjorda antagandena erhålls för kvicksilver en exponering som motsvarar 2 % av TDI-värdet för barn. Motsvarande siffror för Luossajoki är 0,5%.

Dessa beräkningar med mycket försiktiga antaganden visar att risken i nuläget för en exponering som skulle kunna leda till negativa hälsoeffekter är mycket liten. Som jämförelse skulle ett intag av 12 kg fisk per år med en halt på 0,5 mg/kg (halva gränsvärdet för gädda) ge en exponering som motsvarar 50% av TDI-värdet.

### ***Framtida hälsorisker***

Om Ala Lombolo i framtiden torrläggs kommer sedimenten att vara mer tillgängliga för kontakt. På sikt kommer även växtlighet att etableras och risk finns att människor äter svampar och bär från området. För detta fall kan en direkt jämförelse göras med riktvärden för förorenad mark.

I Figur 5-6 redovisas de maximala halterna som uppmätts i sedimenten i Luossajoki och Ala Lombolo med riktvärden för förorenad mark vid Känslig Markanvändning (KM) och Mindre Känslig Markanvändning (MKM). Riktvärden för Mindre Känslig Markanvändning överskrids för arsenik, kadmium, koppar, kvicksilver, bly och zink. De högsta halterna av kobolt, krom och nickel överstiger riktvärdena för Känslig Markanvändning.



**Figur 5-6 Maxhalter i sediment i Ala Lombolo och Luossajoki samt generella riktvärden för KM och MKM.**

### **5.3.2 Bedömning av miljöeffekter inom området**

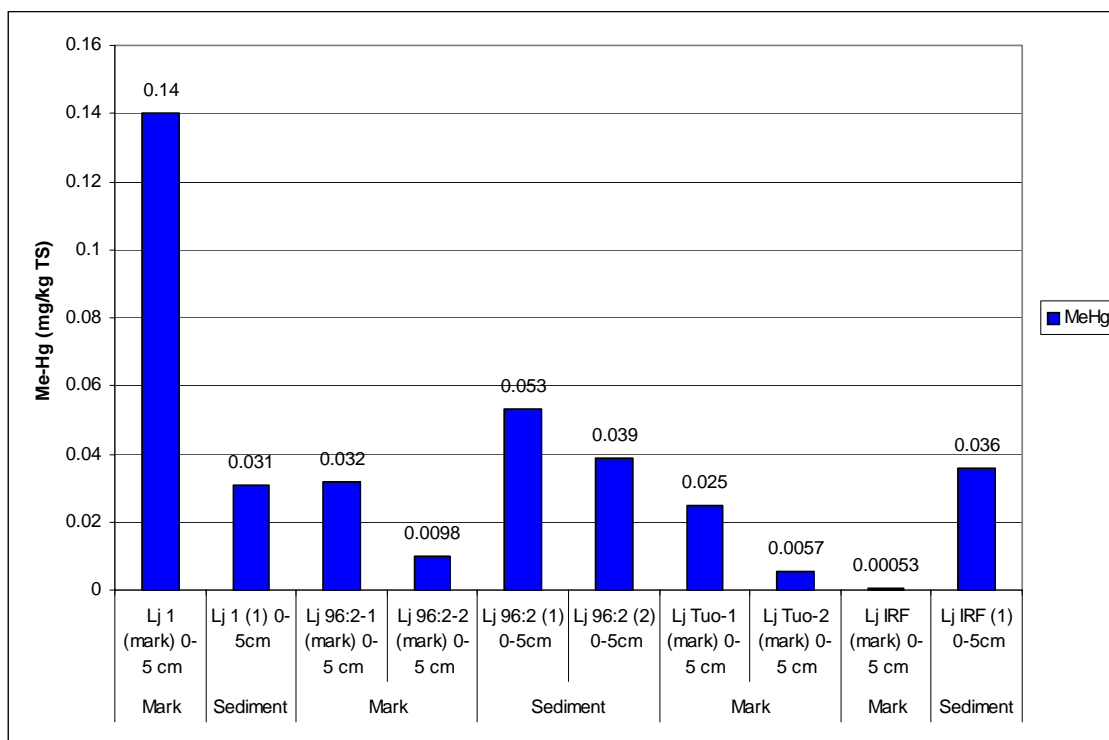
Sedimentlevande organismer exponeras allra mest för förorenade sediment, men spridningen av föroreningarna till vatten medför att även vattenlevande organismer kan påverkas negativt. Toxiska ämnen kan också bioackumuleras och anrikas i näringskedjan vilket kan få konsekvenser även för toppkonsumenter, t.ex. fåglar som drabbas hårt av effekterna från metylkvicksilver

De uppmätta halterna i sedimenten i Ala Lombolo ligger långt över Naturvårdsverkets jämförelsevärden för opåverkade system. Beräkningar av avvikelse från jämförelsevärden (uppmätta halter/jämförelsevärden) indikerar tydliga till mycket stora avvikelser från normala förhållanden.

De biologiska undersökningar som utförts visar att 27 % av fjädermyggslarverna av gruppen Chironomus sp. uppvisade typiska mundelsskador. En skadefrekvens på 5-25 % tyder på starkt förorenade sediment (Wiederholm 1984). I ett opåverkat sediment bör skadefrekvensen ligga på mindre än 1 %. I andra recipientundersökningar av kraftigt förorenade sjöar (bland annat av tungmetaller och dioxiner) i södra Sverige har man funnit frekvenser på 5,8 % (Medins sjö- och åbiologi AB, 2003a) och 1,9-14,3 % (Medins sjö- och åbiologi AB, 2003b) samt 0-3,4 % (Medins Sjö- och åbiologi, 2005). Detta kan jämföras med 6,15 % i Ala Lombolo för gruppen Chironomini.

### 5.3.3 Metylkviksilver

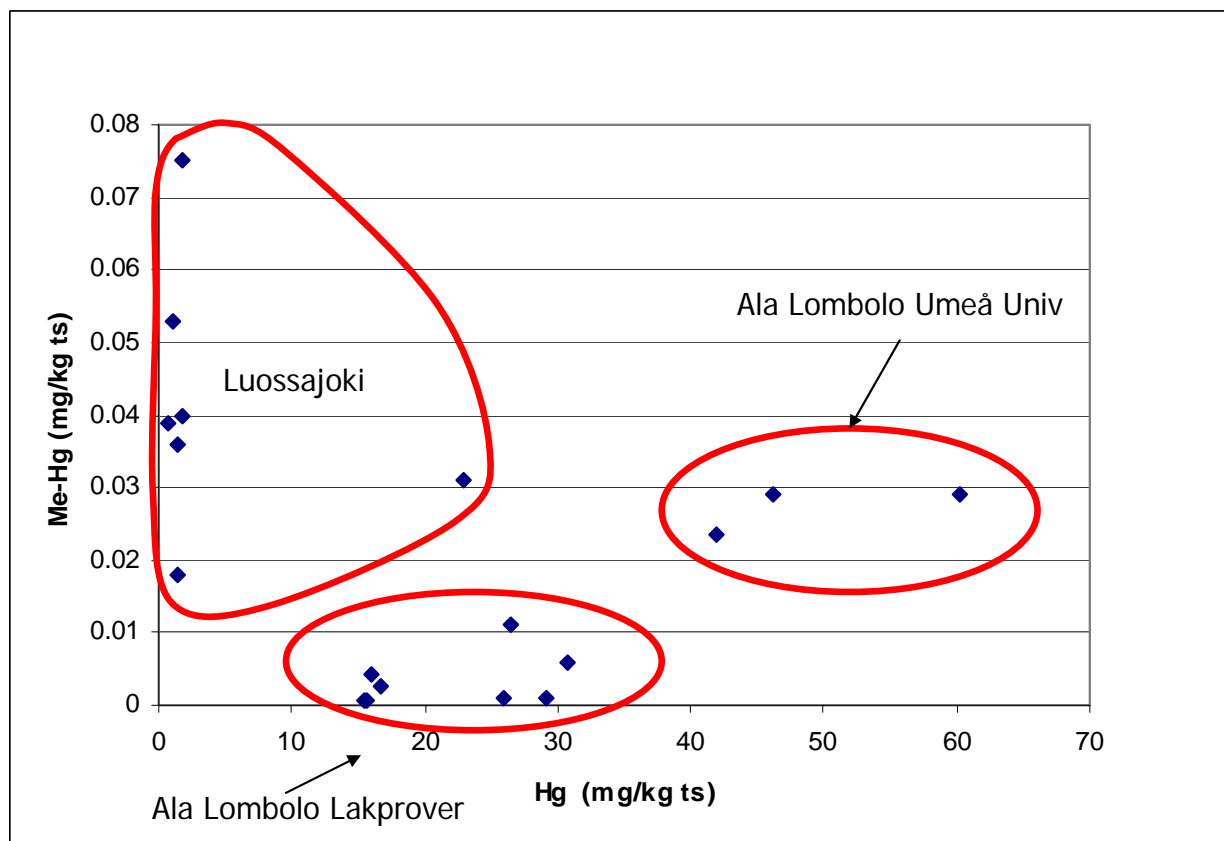
Sedimenten i Ala Lombolo och Luossajoki samt översilningsmark längs Luossajoki uppvisar höga halter av metylkvicksilver. I Luossajoki är halterna av metylkvicksilver relativt konstant trots markant minskande halter av totalkvicksilver, se Figur 5-7.



**Figur 5-7 Halter av metylkvicksilver längs Luossajoki.**

De olika prover som har tagits visar klart distinkta skillnader i förhållandet mellan halten metylkvicksilver och halten totalt kvicksilver. I Figur 5-8 redovisas förhållandet mellan mätningar i sediment i Ala Lombolo, sedimentprov uttagna för lakning samt sediment och översilningsmark längs Luossajoki. Figuren antyder att förhållandena för bildning av metylkvicksilver är mycket gynnsamma i Luossajoki.





**Figur 5-8 Halter av metylkvicksilver och totalkvicksilver i prover från Ala Lombolo och Luossajoki.**

Undersökningar av metyleringen i Ala Lombolo (Erhagen, 2007) visar att bildningen av metylkvicksilver i ytsedimenten styr halterna av metylkvicksilver i det översta sedimentskiktet. Orsaken är att tillförsel av energirikt organiskt material där skapar de förhållande som krävs för en effektiv metylering, medan demetylering och uttransport har underordnad betydelse. Lösligheten av metylkvicksilver bestäms av ett komplext samspel mellan svavel, järn och organiskt material.

En sänkning av vattenytan i Ala Lombolo innebär att delar av sjön kommer att förvandlas till en våtmark. Våtmarker är ofta betydande källor av metylkvicksilver till omgivningen på grund av höga halter löst organiskt material. De prover som tagits i översilningsmark runt Luossajoki tyder på detta där halterna metylkvicksilver är höga även vid måttliga halter totalkvicksilver.

#### 5.4 Bedömning av åtgärdsbehov

Ala Lombolo och de övre delarna av Luossajoki innehåller höga halter och stora mängder tungmetaller. Framförallt kvicksilverhalterna bedöms kunna innebära risker för miljön och i framtiden även för människors hälsa. Dessutom finns andra tungmetaller som framförallt kan belasta miljön i och nedströms Ala Lombolo, t.ex. bly, kadmium, koppar, molybden och zink. De mätningar som gjorts i Luossajoki visar att Ala Lombolo bidrar med en transport av ca 50 – 100 g kvicksilver per år. Detta är ca 10-27% av transporten vid Luossajokis utflöde i Torne älv. Även andra föroreningskällor längs med Luossajoki bidrar med kvicksilver, liksom återmobilisering

från mark och sediment av tidigare inlagrade föroreningar. Speciellt kan noteras att halterna metylkvicksilver i sedimenten längs Luossajoki är tämligen konstanta trots minskande totalhalter. Metylkvicksilver är speciellt giftigt eftersom det lätt tas upp i biologiskt material.

Även om Ala Lombolo i dagsläget endast bidrar med en del av transporten i Luossajoki är det i Ala Lombolo den stora föroreningsmängden finns. En framtida minskad vattenföring i Luossajoki och en lägre vattennivå i Ala Lombolo kan innebära en utökad lakning av metaller. De effekter som kan uppkomma av kvicksilver är mest väsentliga. De försök som gjorts på torrlagda sediment visar att lakbarheten kan förändras så att utlakningen av kvicksilver ökar.

## 6 Åtgärdsutredning

### 6.1 Möjliga åtgärds- och behandlingsalternativ

Eftersom sedimenten i Ala Lombolo innehåller stora mängder föroreningar, framförallt kvicksilver men även andra metaller, utgör sedimenten en föroreningskälla till Luossajoki samt vidare ut i Torneälven. Detta innebär att en åtgärd av sedimenten är angelägen. Att sprickbildningen, orsakad av malmbrytningen i Kiruna, på sikt kommer att nå Ala Lombolo och därmed dränera sjön från vatten påskyndar behovet av åtgärder.

I detta kapitel redovisas möjliga åtgärds- och behandlingsalternativ för sedimenten i Ala Lombolo och Luossajoki.

Vid genomgången av olika behandlingsalternativ har fokus lagts på de metoder som används i dagsläget framför sådana som är under utveckling eller som prövats praktiskt i liten omfattning. Genomgången omfattar de metoder som är tillämpbara på de föroreningar som förekommer i Ala Lombolo, dvs. kvicksilver och andra tungmetaller.

Utgångspunkten i åtgärdsutredningen är att minska miljö- och hälsorisker nu och i framtiden samt att åtgärden i sig inte ska leda till en oacceptabel påverkan på omgivningen. De åtgärder som kan komma i fråga för att begränsa de negativa effekterna av föroreningarna i sedimenten i Ala Lombolo är:

- Genomförande av åtgärder utan att avlägsna förorenade massor från området:
  - Övertäckning av sedimenten
  - Förbiledning av vatten samt inkapsling av sedimenten på plats som en deponi.
- Genomförande av åtgärder som innebär att förorenade massor avlägsnas från området
  - Olika former av muddring med efterföljande behandling eller deponering

För sedimenten i Luossajoki bedöms endast åtgärder som innebär avlägsnande av de förorenade sedimenten vara möjlig eftersom de förorenade sedimenten ligger i kraftigt strömmande vatten som skulle omöjliggöra en täckning.

#### 6.1.1 In situ metoder

##### *Övertäckning*

Täckning av sedimenten kan förhindra riskerna för spridning av föroreningarna samt möjligheten för människor att komma i kontakt med sedimenten. Täckningen kan utföras genom utspridning av täckmaterial (sand, grus, lera), geosyntet eller artificiella sediment som tillverkas med hjälp av fällningskemikalier (geltäckning). På detta sätt kapslas föroreningarna in och riskerna för spridning och påverkan på miljö och hälsa minimeras.

Med denna typ av åtgärd krävs inget omhändertagande av förorenade massor på annan plats vilket annars medför transporter, behandling och deponering. Eftersom föroreningen lämnas kvar måste man säkerställa att den kapslas in på ett betryggande sätt även i ett långtidsperspektiv. Detta ställer krav på skydd mot erosion eller andra

aktiviteter som kan skada täcksiktet. Utläckage av lösta föroreningar genom diffusion begränsas kraftigt med denna metod, men förhindras inte helt.

Behov av kompletterade täckning är trolig på sikt för att förhindra exponeringsrisker. Beständigheten av täckningen kan inte garanteras för framtiden eftersom Ala Lombolo på sikt kommer att torrläggas och sedimenten kommer att bli ett markområde. Åtgärden kommer då att övergå i alternativet ”Inkapsling” (se nedanstående avsnitt). Då föroreningarna i detta fall lämnas kvar måste restriktioner för användningen av området utfärdas.

### ***Inkapsling***

Inkapsling innebär att sjön torrläggs genom att tillrinnande vatten avleds åt annat håll, varefter sedimenten kapslas in. Med detta alternativ behålls inte någon vattenspegel utan sjön försvinner genom åtgärden.

En torrläggning av Ala Lombolo skulle innebära att inströmmande vatten från Luossajärvi skulle behöva omledas. Dessutom måste tillrinnande grundvatten från marken omgivande sjön samt övriga tillflöden till sjön ledas om. Detta kan göras genom att en kanal skapas runt sjön och eventuellt även att delar av sjön måste muddras för att ge plats åt denna kanal.

Efter torrläggningen täcks sedimenten med en kombination av täckmaterial som t ex sand, morän, lera, bentonit och geosynteter. En täckning kan antingen utföras som en kvalificerad täckning som syftar till att begränsa spridningen under överskådlig tid eller som en enklare täckning som främst förhindrar direkt kontakt med förorenat material. En kvalificerad täckning innebär att mäktiga tät- och skyddsskikt läggs på det förorenade området. Täckningen kan utföras på liknande sätt som för en deponi och omfatta olika skikt av naturliga och syntetiska material som syftar att täta mot infiltrerande vatten, avleda vatten som infiltrerar samt skydda tätskikten mot erosion. En enklare skyddstäckning kan utgöras av ett mindre kvalificerat täckmaterial i kombination med ett materialskiljande geomembran. På grund av sedimentens lösa struktur är täckningen svår att utföra och stor risk för sättningar finns. Den yta som skall täckas är också mycket stor, vilket ställer stora krav på att smältvatten och nederbörd kan rinna av utan att tränga ned i täcksiktet.

Eftersom inkapslingen inte har någon bottenstötning kan grundvatten tränga in i sedimenten underifrån och även läcka ut från sedimenten. Det läckage av föroreningar som detta kan innebära bedöms dock vara liten så länge täckningen är intakt. Den gradvis ökande sprickbildningen pga gruvdriften kan ge ett ökat läckage genom botten av den tidigare sjön samt medför risk för att sättningar kan uppkomma i täcksiktet. De syntetiska material som används åldras och kan därmed på sikt få försämrade egenskaper som påverkar dess skydd i ett längre tidsperspektiv.

Då föroreningarna i detta fall lämnas kvar måste restriktioner för grävning och användningen av marken utfärdas.

### **6.1.2 Muddring**

Ett alternativ för att minimera nuvarande miljöbelastning och framtida risker är att de förorenade massorna tas bort och behandlas eller deponeras på annan plats.

Olika tekniker finns för muddring. För förorenade sediment används ofta s.k. hydraulisk muddring som innebär att sedimenten suggs upp från botten med hjälp av ett särskilt

munstycke som ”hyvlar” av sedimenten i skikt. Sedimenten sugas sedan upp i en slang för avvattning. Partikelspridningen minimeras genom den sugverkan som uppstår vid munstycket. Inblandningen av vatten är dock en nackdel vid användning av denna metod, vilket medför att sedimentet måste avvattnas innan deponering. För att minska transportbehovet är det en fördel om avvattning kan ske på plats. Eventuellt kan sedimenten pumpas oavvattnade till den plats där sedimenten skall behandlas/deponeras för att där avvattnas innan deponering. Detta förutsätter dock att sträckan mellan sjön och platsen för deponering inte är orimligt lång.

Kapaciteten vid sugmuddring beror av utrustningen men ligger vanligtvis kring ca 100-300 m<sup>3</sup>/timme (uppgift från projekt Örserumsviken och Svartsjöarna). I dessa projekt var den effektiva kapaciteten ca 800-2000 m<sup>3</sup>/dygn. I vissa fall har kapaciteten för avvattningen varit begränsande såsom i projekt Örserumsviken. Ofta kan sugmuddring behöva kompletteras med grävuddring på grunda strandnära områden där rotfilt (sammanflätade växtdelar) omöjliggör sugmuddring.

En muddringssanering kan innebära en risk för temporär ökad spridning av partiklar under själva arbetet. Detta kan bidra till spridning av föroreningar, dels kvicksilver och andra tungmetaller, men även syreförbrukande ämnen. Muddringen kan därför påverka ekosystemen i vattnet. Denna påverkan kan dock bemästras genom användning av särskilda skyddsåtgärder (skyddsskärmar, reducerade vattenflöden etc.).

En annan metod är grävuddring med grävskopa eller speciella mudderverk. Riskerna för partikelspridning är relativt höga vid användning av denna metod och det är därför viktigt att skyddsåtgärder vidtas. En fördel med grävuddring är att inblandning av vatten inte blir stor och behovet av avvattning och rening av rejektivatten är mindre än vid sugmuddring (TS-halt ca 50 %).

Ett annat muddringsalternativ är s.k. frysmuddring vilket är en teknik som är speciellt lämplig för svåråtkomliga miljöer. Metoden går ut på att sedimenten fryses bit för bit med hjälp av kylelement eller flytande kväve. Därefter lyfts de förorenade massorna enkelt upp ur vattnet. Metoden anses bra ur miljösynpunkt då den har god precision, god täckningsgrad och bidrar till mycket liten partikelspridning i vattenmassan under själva arbetet. Dessutom är det frysta materialet stabilt, enkelt att transportera och lätt att avvattna. Frysmuddring har fördelen att de muddrade sedimenten inte har en högre vattenhalt än när sedimenten ligger på sjöbotten, och därmed behöver en mindre mängd rejektivatten omhändertas vid frysmuddring än vid sugmuddring. Fryselementens yta är ca 1000 m<sup>2</sup> och kapaciteten på frysmuddring är enligt entreprenör ca 200-300 m<sup>3</sup> sediment/dygn, vilket är lägre än kapaciteten för sugmuddring.

### **6.1.3 Omhändertagande av förorenade massor**

Beroende på typen av föroreningar kan muddermassorna omhändertas på olika sätt. Detta kan t.ex. vara genom behandling som syftar till att bryta ned, separera eller stabilisera föroreningarna, alternativt deponera dem för att förhindra spridning i naturmiljön. Beroende på avfallsklassificering och lakegenskaper kan sedimenten även behöva efterbehandlas genom t.ex. stabilisering.

Alternativ som beaktats för omhändertagande eller behandling av de förorenade sedimenten i Ala Lombolo och Luossajoki redovisas nedan.

## **Avvattning**

Muddermassor behöver vanligtvis avvattnas innan de omhändertas. Detta gäller särskilt sediment som sugmuddrats och som därmed ofta har en hög vattenhalt.

Uppskattningsvis innehåller de muddrade sedimenten ca 4 gånger så mycket vatten vid sugmuddring som vid frysmuddring.

Det finns olika metoder för avvattning och man skiljer på mekanisk avvattning som utnyttjar teknisk utrustning och passiv avvattning på en avgränsad yta eller i en bassäng. Innan avvattningen äger rum krävs ofta en föravskiljning av grovmaterial samt en inblandning av polymerer eller flockningsmedel. Sugmuddrade sediment avvattnas därefter ofta på mekanisk väg med hjälp av silbandspressar eller centrifuger. Även s.k. passiv avvattning kan användas för sugmuddrade sediment, beroende på sedimentens vatteninnehåll och avvattningsegenskaper. Passiv avvattning kan ske genom att sedimenten pumpas till en bassäng där de sedimenterar. En alternativ metod som användes vid saneringen av Svartsjöarna var sk geotuber. De muddrade sedimenten pumpades in i 50 m långa tuber av vävd polypropylen och överskottsvattnet pressades ut genom väven medan sedimenten hålls kvar. Genom att lägga tuberna på varandra pressas ytterligare vatten ut.

Vid grävuddring och frysmuddring är det ofta tillräckligt om sedimenten läggs upp så att överskottsvattnet kan rinna av. Det enda som då krävs är en lämplig yta att lägga sedimentmassorna på. Innan vattnet återförs till recipienten måste det renas (se avsnitt Vattenrening nedan).

Eftersom avvattning på plats kräver tillstånd är det en fördel om de muddrade massornas vatteninnehåll är så lågt så att man kan transportera massorna till mottagningsanläggningen för avvattning där. Om avvattningen görs vid mottagningsanläggningen behöver man heller inte upplåta något område i anslutning till Ala Lombolo för avvattning.

En nackdel med att transportera sedimenten utan avvattning på plats är att stora volymer måste transporteras och omhändertas vid behandlingsanläggningen. Kostnaden för detta kan vara betydande. Om avståndet mellan saneringsområdet och mottagningsanläggningen inte är för långt kan de oavvattnade muddermassorna istället pumpas från området till mottagningsanläggningen.

## **Vattenrening**

Avvattning av sedimenten på plats kräver en anläggning för vattenrening. Reningen kan antingen ske via avskiljning av partiklar (vid partikelbundna föroreningar) alternativt med mer krävande reningsteknik (vid lösta föroreningar). Mobila anläggningar finns att hyra från olika entreprenörer.

Erfarenheter från andra saneringsprojekt med vattenrening av metaller visar att kostnaden ligger på ca 50 kr/m<sup>3</sup>, men varierar naturligtvis beroende på platsspecifika förhållanden så som föroreningstyp, kapacitetsbehov och reningskrav.

## **Termisk behandling**

Genom att hetta upp de förorenade sedimenten kan föroreningar med låg kokpunkt förångas och tas omhand. De förångade ämnena fångas sedan upp och deponeras medan de renade sedimentmassorna blir kvar och i bästa fall kan återgå till naturen. Metoden lämpar sig bäst för att separera t ex kvicksilver, lösningsmedel, polycykliska aromatiska

kolväten (PAH) och dioxiner men har ingen reningseffekt på metaller i allmänhet. Det ställs även vissa krav på de massor som ska behandlas termiskt och metoden är därför komplicerad att tillämpa på sediment med hög vattenhalt och högt innehåll av organiskt material. Då sedimenten i Ala Lombolo har låg TS-halt, högt innehåll av organiskt material och även är förorenade med andra metaller förutom kvicksilver, bedöms termisk behandling inte som ett genomförbart omhändertagande för sedimenten i Ala Lombolo och Luossajoki.

### ***Deponering***

Ett annat alternativ för omhändertagande av de muddrade sedimenten är att placera dem på en plats omgiven av skyddsåtgärder så att kraven i Förordningen om deponering av avfall (SFS 2001:512) uppfylls. På detta sätt förhindras spridning av avfallet till miljön och såväl miljö- som hälsorisker reduceras. Vad som är viktigt att beakta är huruvida de förorenade massorna klassas som farligt avfall eller inte.

Enligt Avfallsförordningen (SFS 2001:1063) är muddrade sediment att betrakta som farligt avfall om de innehåller farliga ämnen över vissa halter. Avfall Sverige har gett ut en vägledning för klassificering av förorenade massor. Där ges rekommendationer på haltgränser för tungmetaller och organiska ämnen för klassificering av förorenade massor som farligt avfall. En jämförelse med uppmätta halter visar att medelhalten i sedimenten i Ala Lombolo ligger under gränserna för klassificering som farligt avfall. Även de maximala halter som uppmäts ligger under haltgränsen för farligt avfall med undantag för zink som i en punkt mycket knappt överstiger gränsen (2510 mg/kg TS jämfört med FA-gränsen på 2500 mg/kg TS). I de sediment som provtagits i Luossajoki ligger de maximala halterna zink (12 200 mg/kg TS) som uppmäts över Avfall Sveriges rekommenderade gräns. Slutsatsen är att sedimenten i Ala Lombolo inte kan klassas som farligt avfall. Mindre delmängder i Luossajoki kan dock innehålla höga halter och kan behöva omhändertas speciellt.

Massorna kan antingen läggas på en befintlig deponi eller så kan en ny deponi upprättas om någon lämplig deponi inte finns på rimligt avstånd. Även om sedimenten inte förväntas klassas som farligt avfall är lakbarheten hög för vissa ämnen samt halten löst organiskt kol hög. Därför bör stränga krav ställas på vilken typ av deponi som kan vara aktuell. Befintliga deponier som skulle kunna ta emot muddermassorna från Ala Lombolo och Luossajoki är t ex NOAH-anläggningen i Langøya i Norge och Ragnsells deponi för farligt avfall i Robertsfors.

Vid upprättandet av en ny deponi för massorna från Ala Lombolo och Luossajoki förutses preliminärt att den bör förses med botten tätning, botten dränering samt kvalificerad sluttäckning som klar de krav som ställs på en deponi för farligt avfall.

### ***Stabilisering och solidifiering***

Mycket lösa sedimenten kan i vissa fall behöva stabiliseras efter avvattning. Stabiliseringen sker genom tillsats av kemiska ämnen som ändrar sedimentens kemiska och/eller fysikaliska egenskaper och görs i första hand av geotekniska skäl. Stabiliseringen medverkar också till att mobila föroreningar i sedimenten binds och att spridningsrisken reduceras när massorna lagts på deponi. Metoden har tillämpats företrädesvis för metaller genom tillsats av ämnen som bildar stabila komplex med metallkationer alternativt genom tillsats av sulfidbindemedel och bildning av metallsulfider.

### ***Förbehandling pga högt organiskt innehåll samt hög urlakning***

Eftersom sedimenten i Ala Lombolo har ett högt innehåll av organiskt material och lakningen av vissa metaller är hög kan en förbehandling av materialet behöva ske innan deponering.

För att stabilisera sedimenten och därmed reducera utlakningen av metaller kan muddermassorna stabiliseras med flygaska. Detta ger samtidigt en pH-höjning vilket i sin tur skulle innebära att man kan reducera biologisk aktivitet i sedimenten, varför en högre totalhalt av organiskt material än vad Naturvårdsverkets föreskrifter anger (6% TOC) skulle kunna tillåtas. Då befintliga deponier oftast inte har tillstånd för en sådant handhavande, krävs det att ansvarig länsstyrelse accepterar lösningen i det aktuella fallet. Kraven på maxgräns för organiskt material baseras bl.a. på att sättningar inte skall uppkomma i deponier på sikt på grund av nedbrytning. Det skall dock noteras att det organiska materialet i sedimenten redan kan vara nedbrutet i stor utsträckning.

## **6.2 Utvärderade åtgärdsalternativ**

Baserat på behovet av riskreduktion för sedimenten i Ala Lombolo och Luossajoki och åtgärdsutredningen har en vidare utredning gjorts av ett antal åtgärdsalternativ som bedömts som möjliga att genomföra.

### **6.2.1 Åtgärdsalternativ för Ala Lombolo**

För Ala Lombolo har åtgärdsalternativen illustrerade i Figur 6-1 - Figur 6-5 och angivna i Tabell 6-1 beaktats. Alternativen omfattas av nollalternativet, förbiledning av Luossajoki, övertäckning av sedimenten, inkapsling av föroreningen på plats alternativt muddring och omhändertagande av massorna. Då sedimenten bedömts svåra att behandla har muddringsalternativen endast kombinerats med deponering av sedimenten. För omhändertagande av sedimenten har såväl deponering på en befintlig deponi på annan ort som deponering på en nyupprättad deponi i Kirunas omgivning beaktats.

Alternativ med två olika muddringsdjup har utvärderats. För Ala Lombolo bedöms inte grävuddring som en lämplig metod på grund av de stora volymerna sediment och de risker för spridning som en grävuddring innebär.

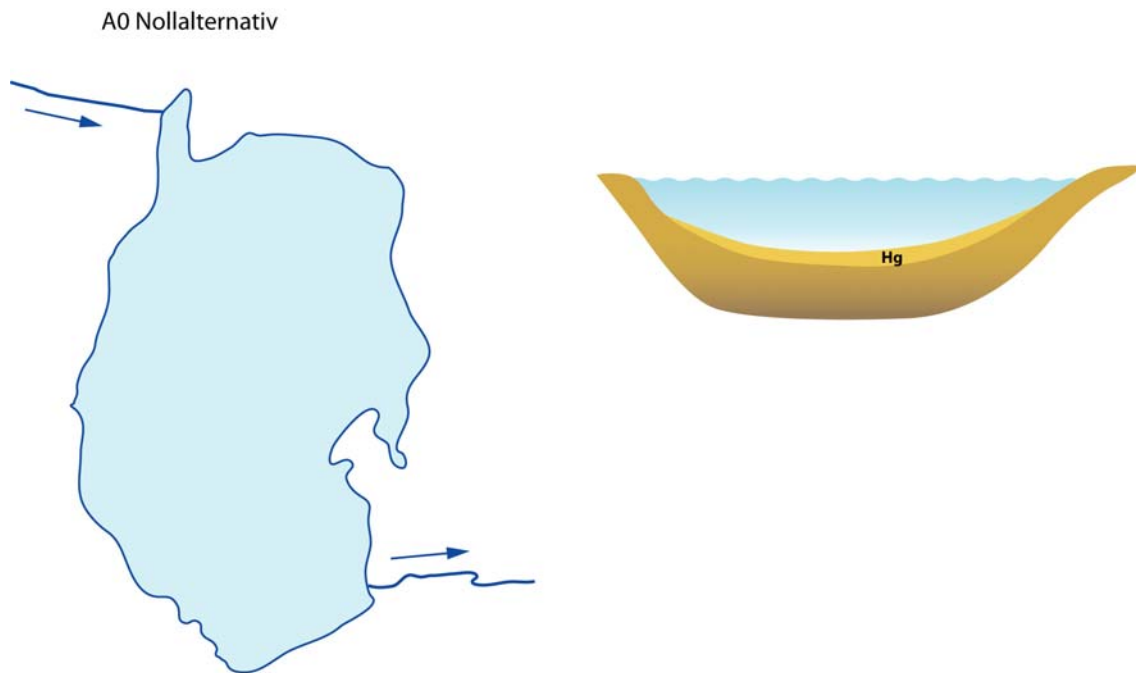
Enligt sedimentationshastigheten som bestämdes genom blydatering motsvarar ett djupskikt på 30 cm perioden från 1900-talets början, vilket också är den period under vilken utsläppen till Ala Lombolo påbörjades. En kostnad har även beräknats för ett något större muddringsdjup (0,5 m). Åtgärdsalternativ med såväl frysmuddring som sugmuddring har beaktats.



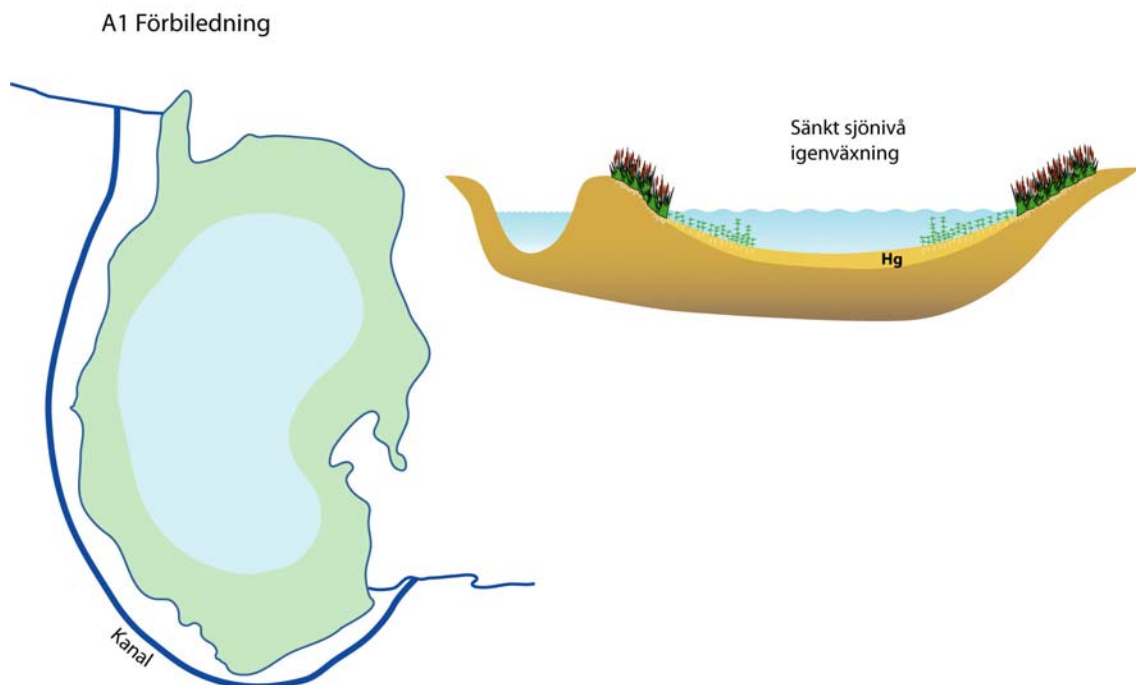
**Tabell 6-1 Utvärderade åtgärdsalternativ för Ala Lombolo**

Alternativ	Åtgärd	Omhändertagande av massor	Muddringsdjup (m)
A0	Nollalternativet	Förorening kvar på plats	Förorening kvar på plats
A1	Förbildning av Luossajoki. Vallar mellan Ala Lombolo och Luossajoki	Förorening kvar på plats	Förorening kvar på plats
A2	Övertäckning av sedimenten (mineralogisk övertäckning)	Förorening kvar på plats	Förorening kvar på plats
A3	Inkapsling på plats (kvalificerad övertäckning motsvarande deponi för farligt avfall) samt förbildning av Luossajoki	Förorening kvar på plats	Förorening kvar på plats
A4	Inkapsling på plats (enklare övertäckning med gråbergsmassor) samt förbildning av Luossajoki	Förorening kvar på plats	Förorening kvar på plats
A5	Sugmuddring	Avvattning och deponering befintlig deponi	A5a: 0,3m A5b: 0,5 m
A6	Sugmuddring	Avvattning och deponering ny deponi alt. ny cell på Kiruna deponi	A6a: 0,3m A6b: 0,5 m
A7	Frysmuddring	Avvattning och deponering befintlig deponi	A7a: 0,3m A7b: 0,5 m
A8	Frysmuddring	Avvattning och deponering ny deponi alt. ny cell på Kiruna deponi	A8a: 0,3m A8b: 0,5 m

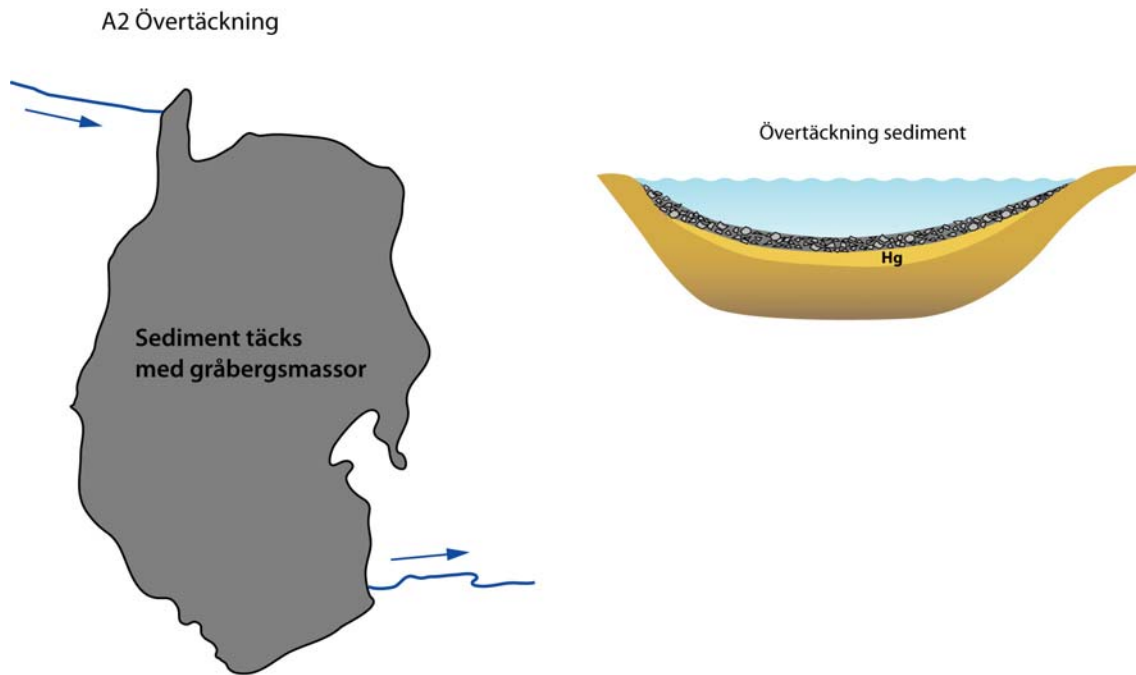
Samtliga saneringsalternativ, förutom nollalternativet, innebär att ammunitionen i sjön först måste tas bort innan saneringen påbörjas.



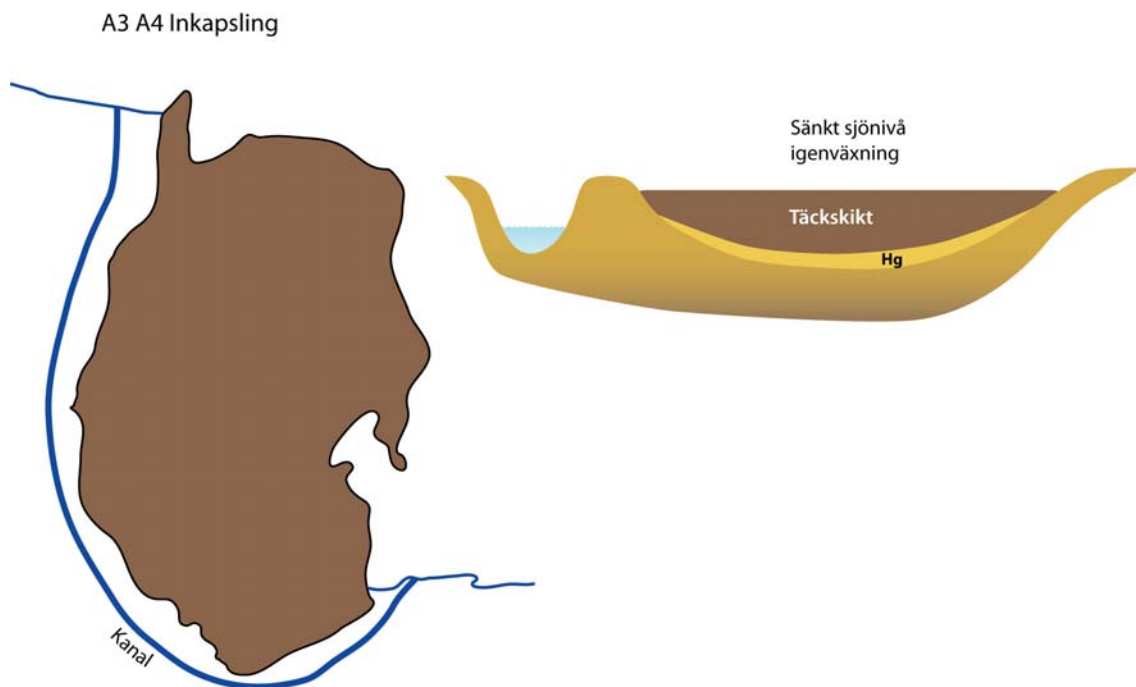
**Figur 6-1** Illustration av nollalternativet (A0) vilket innebär att föroeningen i sedimenten i Ala Lombolo lämnas kvar och ingen åtgärd görs. Ett långsiktigt kontrollprogram (~30 år) och en beredskapsplan måste dock upprättas.



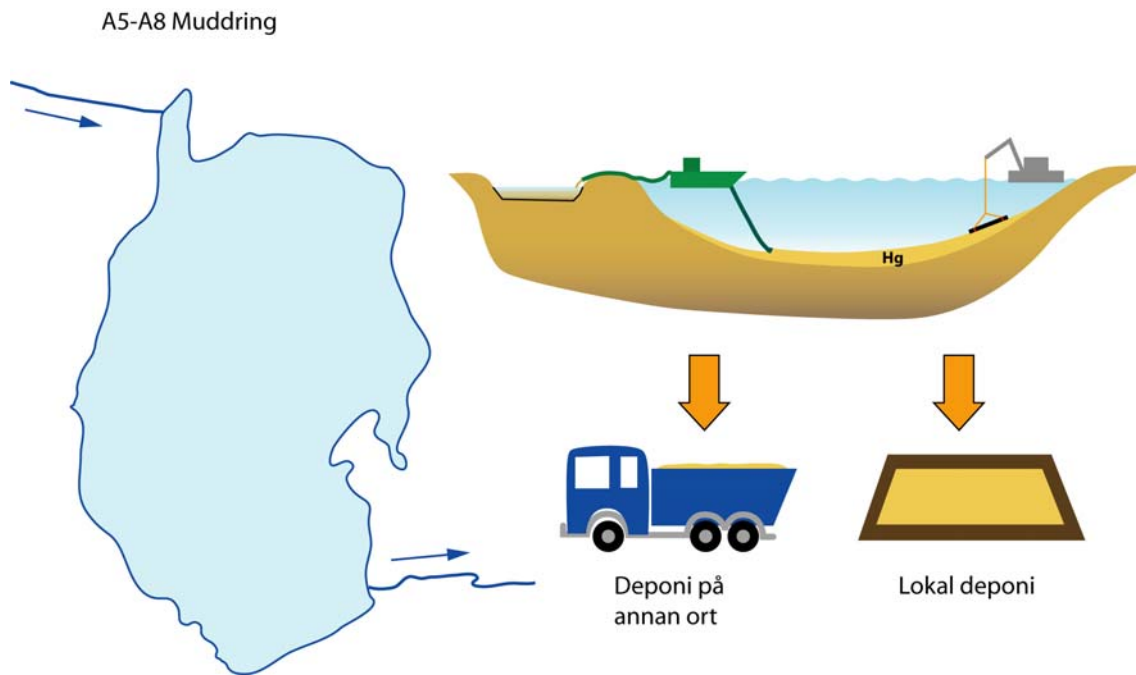
**Figur 6-2** Illustration av åtgärdsalternativ A1 som innebär en förbiledning av vattnet runt Ala Lombolo och en sänkt sjönivå. På sikt kommer igenväxning att ske av sjön. Föroeningen lämnas kvar. Ett långsiktigt kontrollprogram (~30 år) och en beredskapsplan måste upprättas.



**Figur 6-3** Illustration av åtgärdsalternativ A2 som innebär en övertäckning av de förorenade sedimenten i Ala Lombolo med 30 cm gråbergsmassor. Ett långsiktigt kontrollprogram (~30 år) måste upprättas.



**Figur 6-4** Illustration av åtgärdsalternativ A3 och A4 som innebär en förbiledning av vattnet runt Ala Lombolo och en sänkt sjönivå varefter en inkapsling sker av de torrlagda förorenade sedimenten (kvalificerad eller enklare övertäckning). Föroeningen lämnas kvar. Ett långsiktigt kontrollprogram (~30 år) måste upprättas.



**Figur 6-5** Illustration av åtgärdsalternativ A5-A8 som innebär muddring av de förorenade sedimenten (sugmuddring eller frysmuddring) och omhändertagande av de förorenade muddermassorna på en befintlig deponi på annan ort eller på en nyupprättad lokal deponi. Kontrollprogram för uppföljande av åtgärd (~5 år) och långsiktigt kontrollprogram om ny deponi anläggs (~30 år).

### 6.2.2 Åtgärdsalternativ för Luossajoki

För Luossajoki har åtgärdsalternativen angivna i Tabell 6-2 beaktats. Då sedimenten ligger i ett strömmande vattendrag där risken för vidare spridning är stor har inte åtgärder som inbegriper att sedimenten är kvar på plats, t ex övertäckning, bedömts som en genomförbar åtgärd. Eftersom sedimenten bedömts svåra att behandla har muddringsalternativen endast kombinerats med deponering av sedimenten. Liksom för Ala Lombolo har utvärdering gjorts av alternativen att deponera muddermassorna antingen på en befintlig deponi eller på en nyupprättad deponi i Kirunas omgivning.

**Tabell 6-2 Utvärderade åtgärdsalternativ för Luossajoki**

Alternativ	Åtgärd	Omhändertagande av massor	Muddringsdjup (m)
L0	Nollalternativet	Förorening kvar på plats	Förorening kvar på plats
L1	Grävuddring	Avvattnings och deponering befintlig deponi	0,3
L2	Grävuddring	Avvattnings och deponering ny deponi alt. ny cell på Kiruna deponi	0,3
L3	Frysmuddring	Avvattnings och deponering befintlig deponi	0,3
L4	Frysmuddring	Avvattnings och deponering ny deponi alt. ny cell på Kiruna deponi	0,3
L5	Sugmuddring	Avvattnings och deponering befintlig deponi	0,3
L6	Sugmuddring	Avvattnings och deponering ny deponi alt. ny cell på Kiruna deponi	0,3

### 6.2.3 Volym sediment för eventuell åtgärd

I Tabell 6-3 redovisas vilka volymer och mängder sediment som kan bli aktuellt att omhänderta vid en eventuell muddringsåtgärd i Ala Lombolo och Luossajoki. För beräkningarna har en TS-halt på 20% och en glödförlust på 30% antagits för sedimenten i sjön. Efter avvattnings har sedimenten antagits ha en TS-halt på 25%. Vid sugmuddring antas sedimenten innan avvattnings innehålla 4 gånger så mycket vatten som när sedimenten ligger på sjöbotten, medan sedimenten vid upptagande genom frysmuddring eller grävuddring antas ha i stort sett samma TS-halt som sedimenten på sjöbotten.

**Tabell 6-3 Volym och mängd sediment som skall muddras och omhändertas för olika åtgärdsalternativ.**

Alternativ	Volym sediment för omhändertagande (m <sup>3</sup> )	Mängd sediment, efter avvattning (ton)	Volym vatten som avgår vid avvattning (m <sup>3</sup> )
A1	0	0	0
A2	0	0	0
A3	0	0	0
A4	0	0	0
A5a, A6a	63 000	71 000	271 000
A5b, A6b	104 000	118 000	451 000
A7a, A8a	63 000	71 000	18 000
A7b, A8b	104 000	118 000	30 000
L1-L4	580	660	160
L5-L6	580	660	2 500

#### 6.2.4 Riskreduktion för olika alternativ

I Tabell 6-4 och Tabell 6-5 sammanfattas den riskreduktion som bedöms erhållas vid de olika åtgärdsalternativen i Ala Lombolo och Luossajoki på kort och lång sikt. Med kort sikt avses perioden då en måttlig inverkan av sprickbildningen pga gruvdriften förekommer i Ala Lombolo. Med lång sikt avses perioden från det att Ala Lombolo hamnat inom området för sprickbildningarna. Bedömningen av riskreduktionen utgår från de övergripande mål som satts upp för åtgärden. Således beaktas följande kriterier:

A: Ala Lombolo ska inte utgöra en framtida föroreningskälla av miljöfarliga ämnen till Torne älv.

B: Människor som vistas i omgivningen skall inte riskera sin hälsa

C: Miljön i Ala Lombolo och Luossajoki skall skyddas

D: Ala Lombolos ”mjuka” värden ska kunna bevaras i framtiden

- vara attraktivt för friluftslivet
- möjligheten att ha en fri vattenspegel bevaras
- vattenomsättning tillräcklig (för biologiskt liv)

**Tabell 6-4 Erhållen riskreduktion på lång och kort sikt för olika åtgärdsalternativ i Ala Lombolo.**

Alter-nativ	Åtgärd	Föroreningarnas öde	Riskreduktion kort sikt <i>Period med måttlig inverkan av sprickbildningen på Ala Lombolo</i>	Riskreduktion – lång sikt <i>Period efter Ala Lombolo hamnar inom område med sprickbildningar</i>
A0	Nollalternativ	Lämnas kvar i sedimenten efterhand minskande vattenföring och vattenstånd i	Ingen reduktion A: Pågående utsläpp till Torne älv. Nuvarande läckage ~ 50 – 100 g/år. B: Liten risk för exponering för sediment. C: Påverkan på miljön i Ala	Ingen reduktion A: Ökande risk. Torrläggning av sjön förändrar kemin vilket ökar mobiliteten. Ökad spridning med grundvatten. Spridning till gruvan och utsläpp till Kalixälven.

Alter-nativ	Åtgärd	Föro-reningarnas öde	Riskreduktion kort sikt <i>Period med måttlig inverkan av sprickbildningen på Ala Lombolo</i>	Riskreduktion – lång sikt <i>Period efter Ala Lombolo hamnar inom område med sprickbildningar</i>
		Ala Lombolo.	Lombolo pga Hg, och tungmetaller. Metylering av kvicksilver.	B: Ökad risk för exponering för torrlagda sediment. C: Ökad metylering av Hg.
A1	Förbildning av Luossajoki. Vallar mellan Ala Lombolo och Loussajoki	Lämnas kvar i sedimenten	A: Minskad spridning till LJ då vattnet omleds. B: Risk för ökad exponering då åtkomligheten ökar när sedimenten friläggs. C: Ingen reduktion av miljöpåverkan i sediment. Ökad metylering av kvicksilver.	Ingen reduktion A: . Ökande risk. Torrläggning av sjön förändrar kemin vilket ökar mobilitet. Ökad spridning med grundvattnet. Spridning till gruvan och utsläpp till Kalixälven. B: Ökad risk för exponering för torrlagda sediment. C: Ökad metylering av Hg
A2	Övertäckning av sediment (mineralogisk övertäckning)	Lämnas kvar i sedimenten under övertäckning.	A: Risken för spridning med ytvatten och exponering minskar på kort sikt, dock spridning genom diffusion och vattenströmning i sedimentet. B: Minskad risk för exponering. C: Rena ytsediment överlagrar föroreningen. Förutsättningarna för metylering påverkas	A: Riskreduktionen kommer att avta om täckningen påverkas av sättningar. Ökad spridning med grundvattnet. Spridning till gruvan och utsläpp till Kalixälven. B: Viss risk för exponering för torrlagda sediment med tunnare täckning. C: Liv i torrlagda sediment påverkas.
A3	Inkapsling på plats (kvalificerad övertäckning motsvarande deponi för farligt avfall) samt förbildning av Luossajoki	Lämnas kvar i sediment som kapslas in.	A: Kraftigt reducerad spridning. Trots minskad infiltration över området, risk för viss spridning med grundvatten. B: Risk för exponering minimeras då området inkapslas. C: Förorening kvar i sediment, men låga skydds krav.	A+C: Riskreduktion kan minska pga ökande grundvattenspridning. Spridning till gruvan och utsläpp till Kalixälven B: Kvarvarande riskreduktion.
A4	Inkapsling på plats (enklare övertäckning med gråbergsmassor) samt förbildning av Luossajoki	Lämnas kvar i sediment som kapslas in.	A: Då endast enklare övertäckning minskar inte infiltrationen över området varför risken för spridning med grundvatten kvarstår. B: Risk för exponering minskas då området inkapslas. C: Förorening kvar i sediment, men låga skydds krav.	A+C: Risken för ökad grundvattenspridning på sikt pga sprickbildning. Spridning till gruvan och utsläpp till Kalixälven B: Risk för exponering om täckningens beständighet ej kan upprätthållas.
A5	Sugmuddring + deponering i befintlig deponi	Förvaring i befintlig deponi (Langøya eller Robertsfors)	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.	A+B+C: Riskerna för exponering och spridning minimeras då föroreningen avlägsnas från platsen.
A6	Sugmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Förvaring i ny deponi nära Kiruna, alternativt i ny cell på Kiruna deponi.	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.	A+B+C: Riskerna för exponering och spridning minimeras då föroreningen avlägsnas från platsen.

<b>Alter-nativ</b>	<b>Åtgärd</b>	<b>Föro-reningarnas öde</b>	<b>Riskreduktion kort sikt <i>Period med måttlig inverkan av sprickbildningen på Ala Lombolo</i></b>	<b>Riskreduktion – lång sikt <i>Period efter Ala Lombolo hamnar inom område med sprickbildningar</i></b>
A7	Frysmuddring + deponering i befintlig deponi	Förvaring i befintlig deponi (Langøya eller Robertsfors)	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.	A+B+C: Riskerna för exponering och spridning minimeras då föroreningen avlägsnas från platsen.
A8	Frysmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Förvaring i ny deponi nära Kiruna, alternativt i ny cell på Kiruna deponi	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.	A+B+C: Riskerna för exponering och spridning minimeras då föroreningen avlägsnas från platsen.

**Tabell 6-5 Erhållen riskreduktion på lång och kort sikt för olika åtgärdsalternativ i Luossajoki.**

<b>Alter-nativ</b>	<b>Åtgärd</b>	<b>Föro-reningarnas öde</b>	<b>Riskreduktion kort sikt <i>Period med liten/måttlig inverkan av sprickbildningen på Ala Lombolo</i></b>	<b>Riskreduktion – lång sikt <i>Period efter Ala Lombolo hamnar inom område med sprickbildningar</i></b>
L0	Nollalternativ	Lämnas kvar	Ingen reduktion A: Pågående utsläpp till Torne älv B: Risk för exponering av höga halter vid Lj1 C:Påverkan på miljön i Luossajoki pga Hg och tungmetaller. Metylering av kvicksilver.	Ingen. Förändrade vattenflöden kan resultera i ökade eller minskade risker för spridning. Ev torrläggning ökar risken för exponering och ökad tillgänglighet. Förändrade förhållanden för metylering.
L1	Grävuddring + deponering befintlig deponi	Förvaring i befintlig deponi (Langøya eller Robertsfors)	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.
L2	Grävuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Förvaring i ny deponi nära Kiruna, alternativt i ny cell på Kiruna deponi	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.
L3	Frysmuddring + deponering befintlig deponi	Förvaring i befintlig deponi (Langøya eller Robertsfors)	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.



Alter-nativ	Åtgärd	Föro-reningarnas öde	Riskreduktion kort sikt <i>Period med liten/måttlig inverkan av sprickbildningen på Ala Lombolo</i>	Riskreduktion – lång sikt <i>Period efter Ala Lombolo hamnar inom område med sprickbildningar</i>
L4	Frysmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Förvaring i ny deponi nära Kiruna, alternativt i ny cell på Kiruna deponi	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.
L5	Sugmuddring + deponering befintlig deponi	Förvaring i befintlig deponi (Langøya eller Robertsfors)	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.
L6	Sugmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Förvaring i ny deponi nära Kiruna, alternativt i ny cell på Kiruna deponi	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.	A+B+C: Risker för exponering och spridning minimeras då förorening avlägsnas från platsen.

### 6.2.5 Risker i samband med åtgärder

I Tabell 6-6 och Tabell 6-7 listas de risker för föroreningsspridning som finns vid de olika åtgärderna.

En ökad partikelspridning kan t ex ske vid åtgärdsalternativ som inbegriper muddringsåtgärder. Då kvicksilverhalterna i Ala Lombolo är höga i ytsedimenten bör uppgrufling av sedimenten undvikas i möjligaste mån.

Partikelspridning i samband med en muddringsåtgärd kan reduceras genom olika åtgärder. Om muddringen sker under perioder med låga vattenflöden då vattenomsättningen är låg och då en stor del av de uppgruflade sediment kan förväntas att återsedimentera i sjön minskas risken för spridning. Spridningsrisken kan även reduceras ytterligare genom att tätskärmar används vid muddringen, företrädesvis dubbla tätskärmar där den ena tätskärmen innesluter ett mindre delområde som kontinuerligt flyttas vid muddringen.

För alternativen som innebär att sjön torrläggs kan även en föroreningsspridning ske genom ångning och damning.

**Tabell 6-6 Risker för förorenings spridning mm vid åtgärder i Ala Lombolo**

	Åtgärd	Risker för förorenings spridning mm vid åtgärd
A0	Nollalternativ	-
A1	Förbildning av Luossajoki. Vallar mellan Ala Lombolo och Luossajoki	Schakt i förorenad mark/sediment vid omledning. Viss risk för spridning av damm och ånga vid torrläggning.
A2	Övertäckning av sediment (mineralogisk övertäckning)	Risk för ökad spridning vid åtgärd då förorenade sediment kan resuspenderas. Risken kan dock minimeras vid täckning av torrlagda sediment eller med användandet av tätskärmar.
A3	Inkapsling på plats (kvalificerad övertäckning motsvarande deponi för farligt avfall) samt förbildning av Luossajoki	Schakt i förorenad mark/sediment vid omledning. Viss risk för spridning av damm och ånga vid torrläggning.
A4	Inkapsling på plats (enklare övertäckning med gråbergsmassor) samt förbildning av Luossajoki	Schakt i förorenad mark/sediment vid omledning. Viss risk för spridning av damm och ånga vid torrläggning.
A5	Sugmuddring + deponering i befintlig deponi	Risk för partikelspridning vid muddring. Kan reduceras genom lågt flöde och tätskärmar.
A6	Sugmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Risk för partikelspridning vid muddring. Kan reduceras genom lågt flöde och tätskärmar.
A7	Frysmuddring + deponering i befintlig deponi	Mycket liten risk för partikelspridning vid åtgärd.
A8	Frysmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Mycket liten risk för partikelspridning vid åtgärd.

**Tabell 6-7 Risker för förorenings spridning mm vid åtgärder i Luossajoki**

	Åtgärd	Risker för förorenings spridning mm vid åtgärd
L0	Nollalternativ	-
L1	Grävuddring + deponering befintlig deponi	Stor risk för partikelspridning vid muddring. Kan till viss del reduceras genom genomförande vid lågt flöde. Svårt med tätskärmar i rinnande vatten.
L2	Grävuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Stor risk för partikelspridning vid muddring. Kan till viss del reduceras genom genomförande vid lågt flöde. Svårt med tätskärmar i rinnande vatten.
L3	Frysmuddring + deponering befintlig deponi	Mycket liten risk för partikelspridning vid åtgärd.
L4	Frysmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Mycket liten risk för partikelspridning vid åtgärd.
L5	Sugmuddring + deponering befintlig deponi	Risk för partikelspridning vid muddring. Kan till viss del reduceras genom genomförande vid lågt flöde. Svårt med tätskärmar i rinnande vatten.
L6	Sugmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Risk för partikelspridning vid muddring. Kan till viss del reduceras genom genomförande vid lågt flöde. Svårt med tätskärmar i rinnande vatten.

## 6.2.6 Påverkan på övriga intressen

I Tabell 6-8 och Tabell 6-9 ges en sammanställning av hur övriga intressen som t ex landskapsbild, friluftsliv, kulturvärden påverkas vid genomförandet av de olika åtgärderna i Ala Lombolo och Luossajoki.

**Tabell 6-8 Påverkan på övriga intressen vid olika åtgärder i Ala Lombolo**

	Åtgärd	Påverkan på kulturvärden, landskap eller övriga intressen
A0	Nollalternativ	Bibehållen vattenspegel och rekreationsmöjligheter under en period.
A1	Förbildning av Luossajoki. Vallar mellan Ala Lombolo och Luossajoki	Mindre vattenspegel. Igenväxning. Omledning av Luossajoki påverkar landskapsbilden. Risk för svavelvätelukt. Framtida läckage till gruvan.
A2	Övertäckning av sediment (mineralogisk övertäckning)	Bibehållen vattenspegel och rekreationsmöjligheter under en period.
A3	Inkapsling på plats (kvalificerad övertäckning motsvarande deponi för farligt avfall) samt förbildning av Luossajoki	Sjöytan försvinner direkt vid åtgärd. Upprättande av en deponi på plats påverkar landskapsbilden. Framtida läckage till gruvan.
A4	Inkapsling på plats (enklare övertäckning med gråbergsmassor) samt förbildning av Luossajoki	Upprättande av en deponi på plats påverkar landskapsbilden. Sjöytan försvinner direkt vid åtgärd. Framtida läckage till gruvan.
A5	Sugmuddring + deponering i befintlig deponi	Förutsättning av bevara fri vattenspegel.
A6	Sugmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Anläggandet av ny deponi i Kirunas närhet påverkar landskapsbilden och övriga intressen t ex friluftsliv, rennäringen etc. Förutsättning av bevara fri vattenspegel.
A7	Frysmuddring + deponering i befintlig deponi	Förutsättning av bevara fri vattenspegel.
A8	Frysmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Anläggandet av ny deponi i Kirunas närhet påverkar landskapsbilden och övriga intressen t ex friluftsliv, rennäringen etc. Förutsättning av bevara fri vattenspegel.

**Tabell 6-9 Påverkan på övriga intressen vid olika åtgärder i Luossajoki**

	<b>Åtgärd</b>	<b>Påverkan på kulturvärden, landskap eller övriga intressen</b>
L0	Nollalternativ	-
L1	Grävuddring + deponering befintlig deponi	Påverkan på vegetation kring Luossajoki vid åtgärd.
L2	Grävuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Påverkan på vegetation kring Luossajoki vid åtgärd. Anläggande av ny deponi i Kirunas närhet påverkar landskapsbilden och övriga intressen t ex friluftsliv, rennäringen etc.
L3	Frysmuddring + deponering befintlig deponi	Påverkan på vegetation kring Luossajoki vid åtgärd.
L4	Frysmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Påverkan på vegetation kring Luossajoki vid åtgärd. Anläggandet av ny deponi i Kirunas närhet påverkar landskapsbilden och övriga intressen t ex friluftsliv, rennäringen etc.
L5	Sugmuddring + deponering befintlig deponi	Påverkan på vegetation kring Luossajoki vid åtgärd.
L6	Sugmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Påverkan på vegetation kring Luossajoki vid åtgärd. Anläggandet av ny deponi i Kirunas närhet påverkar landskapsbilden och övriga intressen t ex friluftsliv, rennäringen etc.

### 6.2.7 Åtgärdens beständighet och framtida restriktioner

En sammanställning av beständigheten och framtida restriktioner med de olika åtgärdsalternativen för Ala Lombolo och Luossajoki ges i Tabell 6-10 respektive Tabell 6-11. För de alternativ som innebär att föroreningen lämnas kvar kommer restriktioner att behöva sättas på markanvändningen och en långsiktig kontroll (~30 år) kommer att krävas för att kontrollera beständigheten på åtgärden och spridningen av föroreningar i framtiden. För de fall att en ny deponi med muddermassor upprättas måste även ett långsiktigt kontrollprogram upprättas för denna. För de alternativ som innebär att föroreningen avlägsnas behövs en kortare uppföljning av åtgärden (~5 år).

**Tabell 6-10 Beständigheten med olika åtgärdsalternativ i Ala Lombolo samt framtida restriktioner och åtaganden**

	Åtgärd	Åtgärdens beständighet	Framtida restriktioner/åtaganden
A0	Nollalternativ	-	Restriktioner för framtida användning. Långsiktigt kontrollprogram (~30 år) för spridning. Eventuell framtida sanering. Beredningsplan behöver upprättas.
A1	Förbildning av Luossajoki. Vallar mellan Ala Lombolo och Luossajoki	Måttlig. invallning riskerar på sikt att erodera.	Underhåll av invallning. Restriktioner för framtida användning. Långsiktigt kontrollprogram (~30 år) för spridning. Eventuell framtida sanering. Beredningsplan behöver upprättas.
A2	Övertäckning av sediment (mineralogisk övertäckning)	Osäker. Täckningen kan påverkas av sättningar vid sprickbildning. Behov av kompletterande täckning på sikt när vattennivån sjunker och sedimenten friläggs.	Restriktioner för framtida användning. Vid sänkt vattenyta kan kompletterande täckning behövas alternativt inhägnas området Långsiktigt kontrollprogram (~30 år) för spridning.
A3	Inkapsling på plats (kvalificerad övertäckning motsvarande deponi för farligt avfall) samt förbildning av Luossajoki	Relativt god, dock kan kompletterande täckning kan krävas på sikt pga ökad sprickbildning som påverkar täckningen.	Deponiområde med restriktioner för framtida användning. Långsiktigt kontrollprogram (~30 år) för att kontrollera spridning.
A4	Inkapsling på plats (enklare övertäckning med gråbergsmassor) samt förbildning av Luossajoki	Osäker, kompletterande täckning kan krävas på sikt pga ökad sprickbildning som påverkar täckningen	Deponiområde med restriktioner för framtida användning. Långsiktigt kontrollprogram (~30 år) för att kontrollera spridning
A5	Sugmuddring + deponering i befintlig deponi	Mycket god	Kontrollprogram för uppföljning av åtgärd (~5 år). I övrigt inga restriktioner på plats.
A6	Sugmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Mycket god	Kontrollprogram för uppföljning av åtgärd (~5 år). I övrigt inga restriktioner på plats. Övervakning och underhåll av nyanlagd deponi (~30 år).
A7	Frysmuddring + deponering i befintlig deponi	Mycket god	Kontrollprogram för uppföljning av åtgärd (~5 år). I övrigt inga restriktioner på plats.
A8	Frysmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Mycket god	Kontrollprogram för uppföljning av åtgärd (~5 år). I övrigt inga restriktioner på plats. Övervakning och underhåll av nyanlagd deponi (~30 år).

**Tabell 6-11 Beständigheten med olika åtgärdsalternativ i Luossajoki samt framtida restriktioner och åtaganden**

Alter-nativ	Åtgärd	Åtgärdens beständighet	Framtida restriktioner/åtaganden
L0	Nollalternativ	-	Restriktioner för framtida användning. Ett långsiktigt kontrollprogram (~30 år) måste upprättas för spridning. Beredningsplan behöver upprättas.
L1	Grävuddring + deponering befintlig deponi	Mycket god	Kontrollprogram för uppföljning av åtgärd (~5 år). I övrigt inga restriktioner på plats.
L2	Grävuddring+ deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Mycket god	Kontrollprogram för uppföljning av åtgärd (~5 år). I övrigt inga restriktioner på plats. Övervakning och underhåll av nyanlagd deponi (~30 år).
L3	Frysmuddring + deponering befintlig deponi	Mycket god	Kontrollprogram för uppföljning av åtgärd (~5 år). I övrigt inga restriktioner på plats..
L4	Frysmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Mycket god	Kontrollprogram för uppföljning av åtgärd (~5 år). I övrigt inga restriktioner på plats. Övervakning och underhåll av nyanlagd deponi (~30 år).
L5	Sugmuddring + deponering befintlig deponi	Mycket god	Kontrollprogram för uppföljning av åtgärd (~5 år). I övrigt inga restriktioner på plats.
L6	Sugmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Mycket god	Kontrollprogram för uppföljning av åtgärd (~5 år). I övrigt inga restriktioner på plats. Övervakning och underhåll av nyanlagd deponi (~30 år).

### 6.2.8 Metodens genomförbarhet

De olika metodernas genomförbarhet samt nödvändiga transporter vid åtgärd och information om energiförbrukning har sammanställts i Tabell 6-12 och Tabell 6-13.

**Tabell 6-12 De olika åtgärdsmetodernas genomförbarhet i Ala Lombolo samt nödvändiga transporter och energiförbrukning**

	Åtgärd	Metodens genomförbarhet	Transporter och energiförbrukning
A0	Nollalternativ	-	Inga
A1	Förbiledning av Luossajoki. Vallar mellan Ala Lombolo och Luossajoki	Anläggning av förbiledning med grävning nära sjön kan ge läckage från sjön. Sänkning av sjöytan kan krävas	Uppläggning av massor bredvid kanal, minimerar transport.
A2	Övertäckning av sediment (mineralogisk övertäckning)	Använd teknik Problem med bärighet vid utläggande av övertäckning, kan reduceras om sjön töms under vintern och sedimenten fryser innan utläggning.	Transport av täckmaterial. (81 000 m <sup>3</sup> gråbergsmassor)
A3	Inkapsling på plats (kvalificerad övertäckning motsvarande deponi för farligt avfall) samt förbiledning av Luossajoki	Beprovad teknik dock mycket stor yta med dålig bärighet. Problem med bärighet minskas vid utläggning på frysta sediment. Sänkning av sjöytan krävs. Anläggning av förbiledning med grävning nära sjön kan ge läckage från sjön.	Transport av täckmaterial och utläggning. Kvalificerad täckning kräver dock relativt mycket material (620 000 m <sup>3</sup> ).
A4	Inkapsling på plats (enklare övertäckning med gråbergsmassor) samt förbiledning av Luossajoki	Beprovad teknik dock mycket stor yta med dålig bärighet. Problem med bärighet minskas vid utläggning på frysta sediment. Sänkning av sjöytan krävs. Anläggning av förbiledning med grävning nära sjön kan ge läckage från sjön.	Transport av täckmaterial och utläggning. Relativt lite material krävs för en enklare täckning (270 000 m <sup>3</sup> gråbergsmassor).
A5	Sugmuddring + deponering i befintlig deponi	Beprovad teknik. Strandzoner kan dock behöva åtgärdas genom grävuddring.	Transport av stora mängder muddrade sediment till deponi (~60 000–110 000 m <sup>3</sup> avvattnat). Lång transportsträcka. Avvattning på plats (~270 000-450 000 m <sup>3</sup> vatten).
A6	Sugmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Beprovad teknik. Strandzoner kan dock behöva åtgärdas genom grävuddring.	Transport av stora mängder muddrade sediment till deponi (~60 000–110 000 m <sup>3</sup> avvattnat). Avvattning på plats alternativt pumpning av sediment till deponiområde (~270 000-450 000 m <sup>3</sup> vatten). Kort transportsträcka.
A7	Frysmuddring + deponering i befintlig deponi	Prövat i mindre skala. Begränsad kapacitet ger lång tid för åtgärd. Kompletterande grävuddring kan behövas av strandzoner	Transport av stora mängder muddrade sediment till deponi (~60 000–110 000 m <sup>3</sup> avvattnat). Lång transportsträcka. Lättare att transportera frysta sediment än sugmuddrade sediment. Mindre mängd vatten vid avvattning (~18 000-30 000 m <sup>3</sup> ) än vid sugmuddring. Energikrävande metod.
A8	Frysmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Prövat i mindre skala. Begränsad kapacitet ger lång tid för åtgärd. Kompletterande grävuddring kan behövas av strandzoner.	Transport av stora mängder sediment till deponi (~60 000 – 110 000 m <sup>3</sup> avvattnat). Kort transportsträcka. Lättare att transportera frysta sediment än sugmuddrade sediment. Mindre mängd vatten vid avvattning (~18 000-30 000 m <sup>3</sup> ). Energikrävande metod.

**Tabell 6-13 De olika åtgärdsalternativen genomförbarhet i Luossajoki samt nödvändiga transporter och energiförbrukning**

Alter-nativ	Åtgärd	Metodens genomförbarhet	Transporter och energiförbrukning
L0	Nollalternativ	-	Inga
L1	Grävuddring + deponering befintlig deponi	Svårtillgängligt på övriga delsträckor än Lj1. Beprövad teknik.	Transport av liten mängd förorenade sediment till deponi (~600 m <sup>3</sup> avvattnat). Avvattning på plats, liten volym vatten (~160 m <sup>3</sup> ). Lång transportsträcka.
L2	Grävuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Beprövad teknik, men svårtillgängligt på övriga delsträckor än Lj1.	Transport av liten mängd förorenade sediment till deponi. (~600 m <sup>3</sup> avvattnat). Liten volym vatten (~160 m <sup>3</sup> ). Kort transportsträcka.
L3	Frysmuddring + deponering befintlig deponi	Beprövad teknik i mindre skala, men svårtillgängligt på övriga delsträckor än Lj1. Osäker teknik för sanering av omkringliggande översilningsmark.	Transport av liten mängd förorenade sediment till deponi (~600 m <sup>3</sup> avvattnat). Liten volym vatten (~160 m <sup>3</sup> ). Lättare att transportera frysmuddrade sediment än sugmuddrade. Lång transportsträcka. Energikrävande metod.
L4	Frysmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Beprövad teknik i mindre skala, men svårtillgängligt på övriga delsträckor än Lj1. Osäker teknik för sanering av omkringliggande översilningsmark.	Transport av liten mängd förorenade sediment till deponi (~600 m <sup>3</sup> avvattnat). Liten volym vatten (~160 m <sup>3</sup> ). Lättare att transportera frysmuddrade sediment än sugmuddrade. Kort transportsträcka. Energikrävande metod.
L5	Sugmuddring + deponering befintlig deponi	Beprövad teknik, men problem med åtkomlighet gör dock användandet av tekniken tveksam. Ej applicerbar för sanering av översilningsmark.	Transport av liten mängd förorenade sediment till deponi (~600 m <sup>3</sup> avvattnat). Avvattning på plats. (~2 500 m <sup>3</sup> vatten). Lång transportsträcka.
L6	Sugmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Beprövad teknik, men problem med åtkomlighet gör dock användandet av tekniken tveksam. Ej applicerbar för sanering av översilningsmark.	Transport av liten mängd förorenade sediment till deponi (~600 m <sup>3</sup> avvattnat). Avvattning på plats. (~2 500 m <sup>3</sup> vatten). Kort transportsträcka.

### 6.2.9 Kostnader för åtgärd

En kostnadsuppskattning har gjorts för de olika åtgärdsalternativen. Såväl inkapsling som muddring och omhändertagande av muddermassorna har beaktats för Ala Lombolo medan endast muddring och omhändertagande har beaktats för Luossajoki.

#### *Å-priser för åtgärdsalternativen*

Kostnader för de olika åtgärdsalternativen har beräknats utifrån prisuppgifter hämtade från lämpliga entreprenörer, erfarenheter från tidigare saneringsprojekt samt från litteratur. I Tabell 6-14 sammanfattas de å-priser som har använts vid kostnadsuppskattningen av de olika åtgärdsförslagen för åtgärd av Ala Lombolo och Luossajoki.



Muddring av sediment med hjälp av sugmuddringsteknik kostar ca 100 kr/m<sup>3</sup> medan grävuddring är något billigare, ca 70 kr/m<sup>3</sup>. Frysmuddring är ett dyrare alternativ, ca 350-450 kr/m<sup>3</sup>.

Sedimentmassorna behöver avvattnas, företrädesvis på plats innan transport sker till lämplig efterbehandling/deponering. Beroende på valet av muddringsmetod kan denna avvattning ske på olika sätt. Priset för avvattning kan komma att uppgå till 50 kr/m<sup>3</sup> för sugmuddrade sediment, kostnaden för avvattning av frysmuddrade sediment bedöms som något lägre.

Rening av rejecktvalet kostar enligt uppgift från andra saneringsprojekt ca 50 kr/m<sup>3</sup>.

Ungefärlig kostnad för transport av massor på ett avstånd om ca 20 mil har angetts av entreprenör till ca 150 kr/ton. För längre transporter har antagits att kostnaden är ca 250 kr/ton. I kostnadsskattningarna av de olika alternativen har det lägre à-priset antagits för fallet att en transport skall ske till en ny deponi i Kirunas omgivning alternativt transporten till Narvik där massorna lastas på båt för vidare transport till Langøya.

Det högre à-priset har antagits för fallet att massorna transporteras till en befintlig deponi på större avstånd, exempelvis Ragnsells deponi i Robertsfors.

Ett ungefärligt à-pris för deponering av massorna på NOAH-anläggningen på Langøya i Norge inklusive båttransport har angivits till ca 500 kr/ton. Till detta tillkommer en transportkostnad mellan Kiruna och Narvik enligt ovan. För kostnadsskattningarna har antagits att deponeringen samt båttransporten utgör lika stora delar av à-priset dvs 250 kr/ton vardera.

À-priset för deponering av massor på Ragnsells deponi i Robertsfors har angivits till ca 300-500 kr/ton och under förutsättning att avvattning skett innan massorna transporterats till deponin. Variationen inom kostnadsspannet beror på hur blöta massorna är när det kommer till deponin, lägre kostnad desto torrare muddermassor.

Anläggningskostnaden för en ny deponi i Kirunas omgivning uppskattas till ca 1800 kr/m<sup>2</sup>. Detta pris baserar sig på en kostnadsuppskattning av anläggandet av en deponi för farligt avfall på 1800 kr/m<sup>2</sup> (Högsby kommun, 2002). Av detta utgör ca 1200 kr/m<sup>2</sup> kostnaden för övertäckningen.

Den deponiyta som antas krävas för upplagring av massorna från Ala Lombolo och Luossajoki har baserats på information från Svartsjöprojektet där muddermassorna placerats på deponiytan i geotuber till en höjd av ca 4 m. För sedimenten från Ala Lombolo skulle detta innebära en upplagsyta på ca 16 000-26 000 m<sup>2</sup>.

En kvalificerad övertäckning av mark motsvarande en övertäckning för en farligt avfallsdeponi har uppskattats till ca 1200 kr/m<sup>2</sup>. Detta à-pris baserar sig på kostnadsuppskattningen av övertäckningen vid anläggandet av en deponi för farligt avfall (Högsby kommun, 2002).

À-priset för en enklare övertäckning av marken bestående av en geotextil och ett 1 m tjockt täckmaterial bestående av gråbergsmassor har uppskattats till ca 160 kr/m<sup>2</sup>. Detta à-pris baserar sig på en omräkning av tidigare uppskattning av kostnad för övertäckning med gråbergsmassor i Terratema (1997).

Kostnaden för övertäckning av sedimenten beror på val av täckningsmaterial. Vid saneringen av Turingen täcktes ett ca 40 000 m<sup>2</sup> stort område med en konventionell täckning bestående av en geotextil samt ett tjockt lager tätande fin sand och krossmaterial (i genomsnitt 40 cm tjock). Kostnaden för denna övertäckning uppgick

grovt till ca 11-12 Mkr (pers. komm. Ronald Bergman, Nykvarns kommun), vilket således motsvarar en kostnad på ca 300 kr/m<sup>2</sup>. För kostnadsskattningen av en övertäckning av sedimenten i Ala Lombolo antas ett lägre å-pris, då en övertäckning antas kunna ske med gråbergsmassor som bör kunna erhållas billigare. Å-priset för en övertäckning med en geotextil och ett ca 30 cm tjockt gråbergsupplag uppskattas till ca 60 kr/m<sup>2</sup>.

Förbildning av vatten genom grävning av ett dike kring Ala Lombolo har baserats på uppgifter i saneringsprojekt Viskan, där 1000-2000 kr/m angivits (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2004).

Den årliga kostnaden för ett miljökontrollprogram runt sjön i syfte att följa upp saneringsåtgärder har baserats på uppgifter om kostnaderna för tidigare genomfört referensprogram i Ala Lombolo och Luossajoki och har antagits till 150 000 kr/år.

Kostnaderna för ett kontrollprogram för en deponi har till viss del baserats på information om omfattning på ett pågående kontrollprogram för en deponi som upprättats i samband med Örserumsviken (pers. komm. Christer Hermansson, Västerviks kommun). Kostnaden har antagits till 100 000 kr/år.

### ***Kostnader för åtgärdsalternativen***

I Tabell 6-15 och Tabell 6-16 redovisas kostnaderna för de olika åtgärdsalternativen i Ala Lombolo och Luossajoki.

**Tabell 6-14 Å-priser antagna för skattning av kostnad för åtgärdsalternativen i Ala Lombolo och Luossajoki.**

<b>Moment</b>	<b>Å-pris</b>
Sugmuddring (kr/m <sup>3</sup> sediment)	100
Grävuddring (kr/m <sup>3</sup> sediment)	70
Frysmuddring (kr/m <sup>3</sup> sediment)	450
Avvattning (sugmuddrade sediment) (kr/m <sup>3</sup> sediment)	50
Avvattning (frysmuddrade sediment) (kr/m <sup>3</sup> sediment)	30
Rening rejektvatten (kr/m <sup>3</sup> )	50
Förbildning av vatten (kr/m)	2 000
Transport (<20 mil) (kr/ton)	150
Transport (>20 mil) (kr/ton)	250
Deponeringskostnad befintlig deponi:	
- NOAH-anläggningen på Langøya (kr/ton)	250
- Ragnsells deponi i Robertsfors (kr/ton)	500
Båttransport (Narvik – Langøya) (kr/ton)	250
Kostnad anläggande av ny deponi (kr/m <sup>2</sup> )	1 800
Kvalificerad övertäckning av mark (kr/m <sup>2</sup> )	1 200
Övertäckning av sediment (kr/ m <sup>2</sup> )	300
Kontrollprogram för uppföljning av saneringsåtgärd (kr/år)	150 000
Kontrollprogram för övervakning av deponi (kr/år)	100 000

**Tabell 6-15 Kostnad för olika åtgärdsalternativ, Ala Lombolo**

Alt.	Åtgärd	Omhändertagande av massor	Kostnad (Mkr)
A0	Nollalternativet	Förorening kvar på plats	5 (inkl. kontrollprogram under 30 år)
A1	Förbildning av Luossajoki. Vallar mellan Ala Lombolo och Luossajoki	Förorening kvar på plats	7 (inkl. kontrollprogram under 30 år)
A2	Övertäckning av sedimenten (mineralogisk övertäckning)	Förorening kvar på plats	24 (inkl. tömning och återställning av sjön, kontrollprogram under 30 år)
A3	Inkapsling på plats (kvalificerad övertäckning motsvarande deponi för farligt avfall) samt förbildning av Luossajoki	Förorening kvar på plats	330 (inkl förbildning av vatten och kontrollprogram under ca 30 år)
A4	Inkapsling på plats (enklare övertäckning med gråbergsmassor) samt förbildning av Luossajoki	Förorening kvar på plats	50 (inkl. förbildning av vatten och kontrollprogram under ca 30 år)
A5	Sugmuddring	Avvattning och deponering befintlig deponi	A5a: 70-80 A5b: 120-130 (inkl. avvattning, deponikostnad, lakvattenrening, kontrollprogram för sjö under ca 5 år)
A6	Sugmuddring	Avvattning och deponering ny deponi alt. ny cell på Kiruna deponi	A6a: 70 A6b: 110 (inkl. avvattning, deponikostnad, lakvattenrening, kontrollprogram för sjö under ca 5 år och deponi under ca 30 år)
A7	Frysmuddring	Avvattning och deponering befintlig deponi	A7a: 90 A7b: 150 (inkl. avvattning, deponikostnad, lakvattenrening, kontrollprogram för sjö under ca 5 år)
A8	Frysmuddring	Avvattning och deponering ny deponi alt. ny cell på Kiruna deponi	A8a: 80 A8b: 135 (inkl. avvattning, deponikostnad, lakvattenrening, kontrollprogram för sjö under ca 5 år och deponi under ca 30 år)

För samtliga åtgärdsalternativ utom för nollalternativet måste först ammunitionen i sjön tas bort. Försvaret har grovt uppskattat kostnad för upptagning och destruktion av ammunitionen till ca 5-8 Mkr.

På de ovan angivna kostnaderna tillkommer projekteringskostnader.

**Tabell 6-16 Tillkommande kostnader för olika åtgärdsalternativ av delområde i Luossajoki (runt Lj1). Kostnader för kontrollprogram ingår i kostnaderna för åtgärd av Ala Lombolo**

Alternativ	Åtgärd	Omhändertagande	Kostnad (Mkr)
L0	Nollalternativet	Förorening kvar på plats	0
L1	Grävuddring (0,3 m)	Avvattning och deponering befintlig deponi	0.6
L2	Grävuddring (0,3 m)	Avvattning och deponering ny deponi alt. ny cell på Kiruna deponi	0.5
L3	Frysmuddring (0,3 m)	Avvattning och deponering befintlig deponi	0.9
L4	Frysmuddring (0,3 m)	Avvattning och deponering ny deponi alt. ny cell på Kiruna deponi	0.7
L5	Sugmuddring (0,3 m)	Avvattning och deponering befintlig deponi	0.7
L6	Sugmuddring (0,3 m)	Avvattning och deponering ny deponi alt. ny cell på Kiruna deponi	0.6

### 6.2.10 Tillstånd

I Tabell 6-17 och Tabell 6-18 listas de tillstånd som krävs inför genomförande av de åtgärder som ingår i de utvärderade åtgärdsalternativen i Ala Lombolo och Luossajoki.

För samtliga fall utom för nollalternativet kräv att olika tillstånd söks innan saneringen kan påbörjas.

**Tabell 6-17 Nödvändiga tillstånd för de olika åtgärderna i Ala Lombolo.**

	<b>Åtgärd</b>	<b>Omfattning av tillstånd</b>
A0	Nollalternativ	-
A1	Förbildning av Luossajoki. Vallar mellan Ala Lombolo och Luossajoki	Tillstånd för vattenverksamhet krävs.
A2	Övertäckning av sediment (mineralogisk övertäckning)	Tillstånd för vattenverksamhet krävs.
A3	Inkapsling på plats (kvalificerad övertäckning motsvarande deponi för farligt avfall) samt förbildning av Luossajoki	Anläggande av deponi kräver tillstånd. Tillstånd för vattenverksamhet krävs.
A4	Inkapsling på plats (enklare övertäckning med gråbergsmassor) samt förbildning av Luossajoki	Anläggande av deponi kräver tillstånd. Tillstånd för vattenverksamhet krävs.
A5	Sugmuddring + deponering i befintlig deponi	Muddring – tillståndståndspliktig verksamhet.
A6	Sugmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Muddring + anläggande av deponi tillståndståndspliktig verksamhet. Dispens för deponering av sedimentet pga högt organiskt innehåll.
A7	Frysmuddring + deponering i befintlig deponi	Muddring – tillståndståndspliktig verksamhet.
A8	Frysmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Muddring + anläggande av deponi tillståndståndspliktig verksamhet. Dispens för deponering av sedimentet pga högt organiskt innehåll.

**Tabell 6-18 Nödvändiga tillstånd för de olika åtgärderna i Luossajoki.**

<b>Alter-nativ</b>	<b>Åtgärd</b>	<b>Omfattning av tillstånd</b>
L0	Nollalternativ	-
L1	Grävuddring + deponering befintlig deponi	Muddring – tillståndståndspliktig verksamhet.
L2	Grävuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Muddring + anläggande av deponi tillståndståndspliktig verksamhet.
L3	Frysmuddring + deponering befintlig deponi	Muddring – tillståndståndspliktig verksamhet.
L4	Frysmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Muddring + anläggande av deponi tillståndståndspliktig verksamhet.
L5	Sugmuddring + deponering befintlig deponi	Muddring – tillståndståndspliktig verksamhet.
L6	Sugmuddring + deponering ny deponi alt ny cell på Kiruna deponi	Muddring + anläggande av deponi tillståndståndspliktig verksamhet.

### 6.3 Lokaliseringsutredning för deponi

En separat lokaliseringsutredning har gjorts för att finna lämpliga platser för en deponi för sedimenten från Ala Lombolo i närheten av Kiruna (Kiruna kommun, 2007a).

Lokaliseringen avgränsades till ett område kring Ala Lombolo med arean 626 km<sup>2</sup>.

Urvalet av platser gjordes med utgångspunkt att deponin inte utgör en allvarlig risk för miljön. Detta innebär att avståndet till bebyggelse, vattenleder, bostads-, rekreations-, jordbruks- och vattenområde inte understiger 500 meter. Deponiområdet skall ha geohydrologiska förhållanden som medför en strömningstid för lakvattnet till närmsta recipient på minst 200 år. Saknas en naturlig barriär anläggs en konstgjord barriär. Dessutom har vattenförekomster, skyddade natur- och kulturområden, risken för översvämning/jordskred, geologiska samt hydrogeologiska förhållandena beaktas.

Utgående från dessa förutsättningar har nio alternativ tagits fram:

- Sakkaravaara skjutfältsområde
- Goddevárri
- Nukutusvaara
- Kiruna deponi
- Tuolluvaara gruvområde
- LKABs industriområde
- Nihkagobba
- Kalixfors flygplats
- Pahtohavare

Av dessa bedöms alternativen Nihkagobba, Pahtohavare, LKABs industriområde på västra sidan om Kiirunavaara, Goddevárri samt Kalixfors flygplats som de mest lämpliga eftersom de ligger utanför det område som riskerar att påverkas av sprickbildning från malmbrytningen samt ha liten påverkan på omgivningen.

På Kiruna deponi deponeras i dag flygaska, filterkaka, bottenaska, slagg samt restavfall som inte kan återvinnas på Kiruna deponi. Tillstånd saknas för en deponering av förorenade muddermassor. I dagsläget finns lediga avfallsceller om ca 5000 m<sup>3</sup> för farligt avfall och ca 40 000 m<sup>3</sup> för icke-farligt avfall. Dessutom finns ytor tillgängliga för att bygga fler celler inom området (finns utrymme för 2,6 ha).

## 7 Referenser

- CCME, 2003. Canadian Water Quality. Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Canadian Council of Ministers of the Environment, 2003.
- EC, 2006. Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on environmental quality standards in the field of water policy and amending Directive 2000/60/EC.
- Envipro, 2006. Projekt Valdemarsviken – Sammanfattande huvudstudierapport, 2006-10-10.
- Erhagen B, 2007. Löslighet och metylering av kvicksilver i en förorenad sjö (Ala-Lombolo) i Kiruna kommun. Examensarbeten 2007:12, Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå. ISSN 1654-1898.
- Försvarets Materielverk, 1977. Sammanfattning, ammunition i LOMBOLO-sjön. FMV-A:A, Ammunitionsbyrån, Stockholm.
- Försvarsmakten, 2003. Metodstudie. Utnyttjande av frysteknik vid bärgning av dumpad ammunition. HKV beteckning 24 610:714 05, 2003-07-21.
- Försvarsmakten, 2007a. Rapport efter miljöoperation i Ala Lombolo, Kiruna v726-27. Rddiv, Johan Widerberg.
- Försvarsmakten, 2007b. Förtydligande av miljöoperation i Ala Lombolo, genomförd v726-v727, enligt önskemål från Kiruna kommun. LedR beteckning 24 610:114 19.
- Golder, 1993. Grundvattenutredning och provtagning vid Ala Lombolo, Kiruna kommun, november 1993.
- Hydroconsult, 1997. Ala Lombolo. Kompletterande åtgärdsutredning, moment C. Utredning om erosionsrisk. HC 97-986, AB Hydroconsult Uppsala, november 1997.
- Kemakta, 2006. Huvudstudie för förorenade områden vid den fd metalltlytbehandlingen i Dörarp, Ljungby kommun. Kemakta AR 2006-12.
- Kiruna Kommun, 1992. Metallundersökningar i Luossajokksystemet, 1992-05-22. Miljö och hälsoskyddskontoret, Kiruna kommun.
- Kiruna Kommun, 1998. Provtagning av kvicksilver i Luossajoki våren, sommaren 1997. Rapport 1998:2, Miljökontoret Kiruna Kommun.
- Kiruna Kommun, 1999. Provtagning av kvicksilver i Luossajoki våren, sommaren 1998. Rapport 1999:1, Miljökontoret Kiruna Kommun.
- Kiruna Kommun, 2002. Provtagning av kvicksilver i Luossajoki våren, sommaren och hösten 2001. Rapport 2002:1, Miljökontoret Kiruna Kommun.
- Kiruna Kommun, 2004. Provtagning av kvicksilver i Luossajoki våren, sommaren 2003. Rapport 2004:1, Miljökontoret Kiruna Kommun.
- Kiruna Kommun, 2006a. Provtagning av kvicksilver i Luossajoki våren, sommaren och hösten 2005. Rapport 2006:1, Miljökontoret Kiruna Kommun.
- Kiruna kommun, 2006b. Sediment i Ala Lombolo till lakttest, 2006-09-27, Malin Berglundh och Anders Fjällborg, Kiruna kommun.
- Kiruna kommun, 2007a. Översiktlig lokaliseringsutredning. Möjliga deponiområden för förorenade muddermassor från Ala Lombolo.



- Kiruna kommun, 2007b. [http://www.kommun.kiruna.se/web2/ny\\_web/mohNy/images/miljoekbok-98.pdf](http://www.kommun.kiruna.se/web2/ny_web/mohNy/images/miljoekbok-98.pdf)
- LKAB, 1994. Kvicksilverkällor inom LKAB:s verksamhet i Kiruna, 1994-06-23.
- LKAB, 1995. Grundvattenundersökningar i anslutning till LKAB:s gråbergssupplag och Ala Lombolo, 1995-08-16.
- Länsstyrelsen i Norrbottens län, 1993. Analys av kvicksilverinnehåll i gädda från Jukkasjärvi, Kiruna Kommun, Sommaren 1992-93. PM 1993-12-07.
- Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2004. Projektrapport 1 – Riskbedömning med åtgärdsalternativ inklusive kostnadsuppskattningar. Rapport nr VISKAN 2003:13, 2004-06-02.
- Mäki M, 1991. Bottenfaunaundersökning i Luossajärvisystemet. LKAB.
- Naturvårdsverket, 2000. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Rapport 4913.
- MRM, 1994. Geohydrologisk utredning för området öster Kirunavaara. Mark Radon Miljö, Rapport 95-822E, 1994-11-16.
- MRM, 1995. Georadarundersökning av bottensedimenten i Ala-Lombolo, Kiruna kommun. MRM Konsult AB, ID-nr MRAP 95062, 1998-12-08.
- Pelagia, 2006. Undersökningar av biota, sediment och vatten i Ala Lombolo, Yli Lombolo, Kuollitusjärvi, Jukkasjärvi och Kallojärvi, Kiruna kommun 2005. Pelagia Miljökonsult AB, 2006-05-02.
- Pontè C, 1993. Geokemisk status i Luossajoki/Torneälvs vattensystem. En studie av geokemiska effekter från gråberg resterande från järnmalmsbrytningen i Kiruna. Rapport för LKAB, Kiruna Kommun och Länsstyrelsen i Luleå. Svensk Grundämnesanalys AB.
- Popper P, 2004. Kartläggning av kvicksilver i strandnära sediment i Ala Lombolo. Examensarbete, 20 poäng, Miljö- och hälsoskyddsprogrammet Umeå universitet.
- SFT, 1997. Klassifisering av miljö kvalitet i fjärder og kystfarvann. SFT 97:03, Statens forurensningstilsyn, Norge.
- Terratema, 1997a. Kvicksilverförorenade sediment i Ala Lombolo – kartläggning och förslag till åtgärder, Februari 1997.
- Terratema, 1997b. Vertikal fördelning av kvicksilver i sediment och vattenpelare, Ala Lombolo, Kiruna, oktober 1997.

# Bilaga 1

Provtagningsprotokoll från provtagning 2006



## Fältprotokoll

Undersökningstyp: **Sediment i Ala Lombolo (till laktest)**

Datum Provtagare

060927 Malin Berglundh och Anders Fjällborg

.....

.....

**Kommentar:** Sedimentpropparna homogeniserades i en plastback, därefter togs 2 liter sediment ut tills totalt 4 hinkar \*2 liter sediment per lokal tagits ut. För varje lokal gäller: 2 hinkar skickades omgående till Analytica för laktest, övriga 2 hinkar lufttorkas i 2 månader innan laktest genomförs.

Lokal	Prov-beteckning	Koordinater (RT 90)		Vatten-djup (m)	Antal hugg	Svavel-väte	Anmärkning
		X	Y				
SED 601	SED 601-1 SED 601-2	1686910	7533682	2	14 st, mellan 20-40 cm djup (dominans ned till 40)	Svagt	Svarta, oljeluktande sediment
SED 603	SED 603-1 SED 603-2	1686845	7533350	1,8	12 st, mellan 20-40 cm djup	Nej	Svag oljelukt, dock oljefilm på sedimenten

## Fältprotokoll

Undersökningstyp: **Sediment**

Datum Provtagare

060927 Malin Berglundh och Anders Fjällborg

.....

.....

Lokal	Prov-beteckning	Koordinater (RT 90)		Vattendjup (m)	Antal hugg	Svavelväte	Anmärkning
		X	Y				
SED 601	SED 601 (org)	1686910	7533682	2	1, ned till ca 20 cm	Svag	Svarta, oljeluktande sediment
SED 602	SED 602 (org)	1686851	7533516	2	1, ned till ca 20 cm	Nej	Oljelukt, oljefilm på sedimentet
SED 603	SED 603 (org)	1686845	7533350	1,8	1, ned till ca 20 cm	Svag	Svag oljelukt, oljefilm på sedimentet

## Fältprotokoll

**Undersökningstyp:**      **Sediment i Luossajoki**

Datum                              Provtagare

060928-060929                  Malin Berglundh

.....

.....

**Kommentar:** Alla prover togs med en ekmanhuggare. Provet placerades i en plasthink, sedan uppmättes rätt provmängd mha en tummstock, det var svårt att ta ut ett exakt sedimentintervall (0-5 cm, 5-- cm).

Lokal	Provbeteckning	Koordinater (RT 90)		Anmärkning
		X	Y	
Lj Kau-1	Lj Kau-1      0-5 cm	1695419	7534927	Mjuka sediment, flyter ihop. Prov 5-7 cm togs och sparades för ev analyser.
	Lj Kau-1(2)   0-5 cm			Provet togs ca 20 m nedströms Lj Kau-1. Prov 5-7 cm togs och sparades för ev analyser.
Lj IRF	Lj IRF(1)      0-5 cm	1694131	7535109	Ej tillräcklig provmängd för djupare intervall.
	Lj IRF(2)      0-5 cm			Provet togs ca 50 m nedströms Lj IRF(1). Prov 5-7 cm togs och sparades för ev analyser.
Lj 96:2	Lj 96:2(1)    0-5 cm	1692349	7535138	Ingen bra ackumulationsbotten. Prov 5-7 cm togs och sparades för ev analyser.
	Lj 96:2(2)    0-5 cm	1692337	7535130	Provet togs ca 10 m uppströms Lj 96:2(1), mest transportbotten. Ej tillräcklig provmängd för djupare intervall.
Lj 1	Lj 1(1)        0-5 cm			Provet togs i den lilla bassängen, drygt 1 m från bäckfåran. Isbelagt. Svarta sediment. Ej tillräckligt med sediment till prov ned till djupare än 5 cm.
	Lj 1(2)			Kunde ej ta provet, för djupt för vadarbyxor.

## Fältprotokoll

Undersökningstyp:      **Markprover för metallanalyser**

Datum

Provtagare

061016

Malin Berglundh

.....

.....

**Kommentar:** Markproverna togs vid Luossajoki, nedströms Ala Lombolo. Alla markprover togs genom att en grop grävdes med spade och provet togs i gropens kanter. Provdjupet uppmättes med en tummstock, vilket ger ett ungefärligt mått på provdjupet.

Lokal	Provbeteckning	Koordinater (RT90)		Prov- djup	Anmärkning
		X	Y		
Lj Kau-1	Lj Kau-1(mark)	1695420	7534908	0-5 cm	Prov djupare än 5 cm togs, sparades inför ev fler analyser
	Lj Kau-1(2,mark)	1687036	7533879	0-5 cm	Se ovan.
Lj IRF	Lj IRF(mark)	1694107	7535118	0-5 cm	Se ovan.
Lj Tuo	Lj Tuo-1(mark)	1693829	7535250	0-5 cm	Ej prov djupare än 5 cm, för få provburkar
	Lj Tuo-2(mark)	1693736	7535215	0-5 cm	Prov djupare än 5 cm togs, sparades inför ev fler analyser
Lj 96:2	Lj 96:2-1(mark)	1692357	7535144	0-5 cm	Prov djupare än 5 cm togs till IVL, ej Analytivca pga få burkar
	Lj 96:2-2(mark)	1692380	7535145	0-5 cm	Ej prov djupare än 5 cm, för få provburkar
Lj 1	Lj 1(mark)	1687636	7533329	0-5 cm	Prov djupare än 5 cm togs, sparades inför ev fler analyser

# Bilaga 2

Kostnadsberäkningar för åtgärder i Ala Lombolo och  
Luossajoki





**KOSTNADSSKATTNINGAR FÖR OLIKA ÅTGÄRDSALTERNATIV**  
**Ala Lombolo och Luossajoki**  
**2007-10-15**

Åtgärdsalternativ Ala Lombolo	A0	A1	A2	A3	A4	A5a		A5b		A6a	A6b	A7a		A7b		A8a	A8b
	Nollalternativ (endast kontrollprogram)	Föribildning av Luossajoki	Övertäckning av sediment (mineralogisk övertäckning)	Inkapsling på plats (kvalificerad övertäckning)	Inkapsling på plats (enkla övertäckning)	Sugmuddring, dep Langoya	Sugmuddring, dep Robertsfors	Sugmuddring, dep Langoya	Sugmuddring, dep Robertsfors	Sugmuddring, ny dep	Sugmuddring, ny dep	Frysmuddring, dep Langoya	Frysmuddring, dep Robertsfors	Frysmuddring, dep Langoya	Frysmuddring, dep Robertsfors	Frysmuddring, ny dep	Frysmuddring, ny dep
<b>Antaganden</b>																	
TS (%) (-10-30 %)			20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
GF (%) (-17-36% av TS)			30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Partikeldensitet (g/cm <sup>3</sup> )			2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Muddringsdjup (m)			-	-	-	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3	0,5
Tonsubstans efter avvattning (% TS)			-	-	-	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Yta (ha)	27	27	1300	1300	1300	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Föribildningssträcka (m)																	
Antal år för kontrollprogram runt sjön	30	30	30	30	30	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Antal år för kontrollprogram deponi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30	0	0	0	0	30	30
<b>Beräkningar av volymer och mängder</b>																	
W (%)						80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
LOInoll (% WS)						6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Densitet (g ws/cm <sup>3</sup> )						1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Densitet (kg ws/cm <sup>3</sup> )						1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094
Densitet (kg ts/m <sup>3</sup> )						219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219
Densitet avvattnat (kg ws/m <sup>3</sup> )						1132	1132	1132	1132	1132	1132	1132	1132	1132	1132	1132	1132
Volym sediment (m <sup>3</sup> )						81000	81000	135000	135000	81000	135000	81000	81000	135000	135000	81000	135000
Sedimentmängd, torr (ton)						17 727	17 727	29 545	29 545	17 727	29 545	17 727	17 727	29 545	29 545	17 727	29 545
Sedimentmängd, våt (ton)						88 636	88 636	147 727	147 727	88 636	147 727	88 636	88 636	147 727	147 727	88 636	147 727
Sedimentmängd, avvattnad (ton)						70 909	70 909	118 182	118 182	70 909	118 182	70 909	70 909	118 182	118 182	70 909	118 182
Sedimentvolym avvattnad (m <sup>3</sup> )						62 618	62 618	104 364	104 364	62 618	104 364	62 618	62 618	104 364	104 364	62 618	104 364
Vattenvolym som avgår vid avvattning (m <sup>3</sup> )						270 818	270 818	451 364	451 364	270 818	451 364	17 727	17 727	29 545	29 545	17 727	29 545
Area som krävs för upprättande av ny deponi (r <sup>2</sup> )						15 655	15 655	26 091	26 091	15 655	26 091	15 655	15 655	26 091	26 091	15 655	26 091
<b>Kostnader för olika åtgärdsposter</b>																	
Muddring (kr)						8 100 000	8 100 000	13 500 000	13 500 000	8 100 000	13 500 000	36 450 000	36 450 000	60 750 000	60 750 000	36 450 000	60 750 000
Avvattning (kr)						4 050 000	4 050 000	6 750 000	6 750 000	4 050 000	6 750 000	2 430 000	2 430 000	4 050 000	4 050 000	2 430 000	4 050 000
Rening rejecktatten (kr)						13 540 909	13 540 909	22 568 182	22 568 182	13 540 909	22 568 182	886 364	886 364	1 477 273	1 477 273	886 364	1 477 273
Övertäckning av sediment (kr)			16 200 000														
Övertäckning av mark (kr)				324 000 000	43 200 000												
Tämning av sjö (kr) Källa: Terratemas rapport			2 000 000														
Sjöfyllning (kr) Källa: Terratemas rapport			1 500 000														
Transport avvattnade sedimentmassor (kr)						28 363 636	17 727 273	47 272 727	29 545 455	10 636 364	17 727 273	28 363 636	17 727 273	47 272 727	29 545 455	10 636 364	17 727 273
Deponeringskostnad, Langoya (kr)						17 727 273		29 545 455		-	-	17 727 273		29 545 455		-	-
Kostnad upprättande ny deponi (kr)						-	35 454 545	-	59 090 909	-	-	-	35 454 545	-	59 090 909	-	-
Avledande av vatten/torrslagning (kr)		2 600 000		2 600 000	2 600 000					28 178 182	46 963 636					28 178 182	46 963 636
<b>Kostnad för kontrollprogram</b>																	
Kostnad refprogram runt sjön (kr)	4 500 000	4 500 000	4 500 000	4 500 000	4 500 000	750 000	750 000	750 000	750 000	750 000	750 000	750 000	750 000	750 000	750 000	750 000	750 000
Kostnad refprogram deponi (kr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 000 000	3 000 000	0	0	0	0	3 000 000	3 000 000
<b>TOTAL KOSTNAD (MSEK)</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>24</b>	<b>331</b>	<b>50</b>	<b>73</b>	<b>80</b>	<b>120</b>	<b>132</b>	<b>68</b>	<b>111</b>	<b>87</b>	<b>94</b>	<b>144</b>	<b>156</b>	<b>82</b>	<b>135</b>

Åtgärdsalternativ Luossajoki	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6			
	Nollalternativet	Grävuddring, dep Langoya	Grävuddring, dep Robertsfors	Grävuddring, ny dep	Frysuddring, dep Langoya	Frysuddring, dep Robertsfors	Frysuddring, ny dep	Sugmuddring, dep Langoya	Sugmuddring, dep Robertsfors	Sugmuddring, ny dep
<b>Antaganden</b>										
TS (%) (-10-30 %)		20	20	20	20	20	20	20	20	20
GF (%) (-17-36% av TS)		30	30	30	30	30	30	30	30	30
Partikeldensitet (g/cm <sup>3</sup> )		2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Muddringsdjup (m)		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Torrsubstans efter avvattning (% TS)		25	25	25	25	25	25	25	25	25
Yta (ha)		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Förbudssträcka (m)										
Antal år för kontrollprogram runt sjön		Antas ingå i alternativ för Ala Lombolo								
Antal år för kontrollprogram deponi		Antas ingå i alternativ för Ala Lombolo								
<b>Beräkningar av volymer och mängder</b>										
W (%)		80	80	80	80	80	80	80	80	80
LOInoll (% WS)		6	6	6	6	6	6	6	6	6
Densitet (g ws/cm <sup>3</sup> )		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Densitet (kg ws/cm <sup>3</sup> )		1094,3	1094,3	1094,3	1094,3	1094,3	1094,3	1094,3	1094,3	1094,3
Densitet (kg ts/m <sup>3</sup> )		218,9	218,9	218,9	218,9	218,9	218,9	218,9	218,9	218,9
Densitet avvattnat (kg ws/m <sup>3</sup> )		1132,4	1132,4	1132,4	1132,4	1132,4	1132,4	1132,4	1132,4	1132,4
Volym sediment (m <sup>3</sup> )		750	750	750	750	750	750	750	750	750
Sedimentmängd, torr (ton)		164	164	164	164	164	164	164	164	164
Sedimentmängd, våt (ton)		821	821	821	821	821	821	821	821	821
Sedimentmängd, avvattnad (ton)		857	857	857	857	857	857	857	857	857
Sedimentvolym avvattnad (m <sup>3</sup> )		580	580	580	580	580	580	580	580	580
Vattenvolym som avgår vid avvattning (m <sup>3</sup> )		164	164	164	164	164	2 508	2 508	2 508	2 508
Area som krävs för upprättande av ny deponi (r <sup>2</sup> )		145	145	145	145	145	145	145	145	145
Mängd gräberg för övertäckning (ton)										
Tjocklek på utlagt gruslager (m)										
<b>Kostnader för olika åtgärdsposter</b>										
Muddring (kr)		52 500	52 500	52 500	337 500	337 500	337 500	75 000	75 000	75 000
Avvattning (kr)		37 500	37 500	37 500	22 500	22 500	22 500	37 500	37 500	37 500
Rening rejektvatten (kr)		8 207	8 207	8 207	8 207	8 207	8 207	125 379	125 379	125 379
Övertäckning av sediment (kr)										
Övertäckning av mark (kr)										
Tömning av sjö (kr) Källa: Terratemas rapport										
Sjöfyllning (kr) Källa: Terratemas rapport										
Transport avvattnade sedimentmassor (kr)		262 626	164 141	98 485	262 626	164 141	98 485	262 626	164 141	98 485
Deponeringskostnad, Langoya (kr)		164 141			164 141		164 141			
Deponeringskostnad, RaonSells Robertsfors (kr)		-	328 283	-	-	328 283	-	-	328 283	-
Kostnad upprättande ny deponi (kr)				260 909			260 909			260 909
Avledande av vatten/orttillagning (kr)										
<b>Kostnad för kontrollprogram</b>										
Kostnad referensprogram runt sjön (kr)										
Kostnad referensprogram deponi (kr)										
<b>TOTAL KOSTNAD (MSEK)</b>		<b>0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>

Not: Kostnaderna för Luossajoki utgår av tillkommande kostnader till kostnaden för åtgärdsalternativ i Ala Lombolo. Kostnaden för referensprogram antas ingå i kostnaden för referensprogram i Ala Lombolo.

Å-priser	Kostnad	Kommentar
Sugmuddring (kr/m <sup>2</sup> )	100	Baserar sig på uppgift från projekt Viskan där å-priset 70-100kr/m <sup>2</sup> hangivits
Grävuddring (kr/m <sup>2</sup> )	70	
Frysuddring (kr/m <sup>2</sup> )	450	Baserar sig på uppgift från Frigeo på 350-450 kr/m <sup>2</sup> sediment.
Avvattning (kr/m <sup>2</sup> )	50	Baserar sig på uppgifter i projekt Viskan 30-50 kr/m <sup>2</sup>
Avvattning frysuddring (kr/m <sup>2</sup> )	30	
Rening rejektvatten (kr/m <sup>2</sup> )	50	
Transport landsväg > 20 mil (kr/ton)	250	
Transport landsväg < 20 mil (kr/ton)	150	
Transportkostnad med båt till Langoya (kr/ton)	250	
Deponeringskostnad, förorenade massor, Langoya (kr/ton)	250	
Deponeringskostnad, förorenade massor, RaonSells (kr/ton)	500	Baserar sig på kontakt med RaonSells där 300-500 kr/ton angavs beroende på hur blöta sedimenten är.
Geotextil inkl utläggning (kr/m <sup>2</sup> )	10	
Gräberg (30 cm) (inkl utläggning) (kr/m <sup>2</sup> )	50	
Kostnad upprättande av ny deponi (kr/m <sup>2</sup> )	1800	Baserar sig på information från projekt Högsby Ruda
Övertäckning av mark (kvalificerad övertäckning) (kr/m <sup>2</sup> )	1200	Baserar sig på information från projekt Högsby Ruda
Enklare övertäckning av mark om 1 m gräberg (kr/m <sup>2</sup> )	160	Baserar sig på information i Terratema (1997). Geotextil 10 kr/m <sup>2</sup> Utläggning av 30 cm skikt 20 kr/m <sup>2</sup> och gräberg 30 kr/m <sup>2</sup> . Nu 3 agr så tjock skikt för enklare övertäckning ger 10*3*(20+30) = 160 kr/m <sup>2</sup>
Förbindning av vatten (kr/m)	2000	Baserar sig på kostnadsuppgift i projekt Viskan på 1000-2000 kr/m.
Kostnad kontrollprogram runt sjön (kr/år)	150000	Baserar sig till viss del på kostnaden för referensundersökningarna i Ala Lombolo.
Kostnad kontrollprogram för deponi (kr/år)	100000	Baserar sig till viss del på omfattningen av kontrollprogram för deponi i projekt Örserumsviken.

# Bilaga 3

Sammanställning över samtliga utredningar i Ala  
Lombolo



## **Bilaga 3 - Sammanställning över samtliga utredningar i Ala Lombolo**

- LKAB. Bottenfaunaundersökning i Luossajärvisystemet, Mari Mäki 1991
- LKAB. Miljökonsekvensbeskrivning i samband med prövning enligt naturvårdslagen för tömningen av södra Luossajärvi 1992-01-08 (dnr 2327-24108-91)
- SMHI. Hydrologiska beräkningar för Luossajoki och Ala Lombolo, 1992-03-05
- Kiruna kommun. Metallundersökningar i Luossajokisystemet 1992-05-22
- Svensk Grundämnesanalys AB. Geokemisk status i Luossajoki/Torneälvs vattensystem, maj 1993
- Golder Geosystem AB. Grundvattenutredning och provtagning vid Ala Lombolo, Kiruna kommun, november 1993
- Svensk Grundämnesanalys AB. Kommentar till grundvattenutredning och provtagning vid Ala Lombolo, Kiruna kommun utförd av Golder Geosystem AB, 1993-12-13
- Brev till hälsovårdchef Gunnar Pettersson från major Mikael Hotting, Ammunitionsbyrån Stockholm, angående försvarets ammunitionsdumpning i Ala Lombolo
- Länsstyrelsen i Norrbottens län. Analys av kvicksilverinnehåll i gädda från Jukkasjärvi, Kiruna kommun, 1993-12-07
- Statens naturvårdsverk. Beräkning av kvicksilverutsläpp från Kirunas gamla avloppsreningsverk- en teoretisk beräkning, 1993-12-17
- Kiruna kommun. Uppskattning av det kommunala avloppets bidrag till kvicksilvermängderna i Ala Lombolo, 1994-03-24
- Institutet för tillämpad miljöforskning, Stockholms universitet. Bedömning av miljösituationen i Ala Lombolo, Kiruna kommun, 1994-03-31
- LKAB. Tandvård och kvicksilver i Kiruna åren 1951-67 - bedömning av tillförda mängder till sjön Ala Lombolo, 1994-06-02
- LKAB. Kvicksilverkällor inom LKAB:s verksamhet i Kiruna, 1994-06-23
- LKAB. Grundvattenundersökning i anslutning till LKAB:s gråbergssupplag och Ala Lombolo, 1995-08-16
- MRM Konsult AB. Geohydrologisk utredning för området öster Kirunavaara. 1995-08-23
- MRM Konsult AB. Georadarundersökning av bottensediment i Ala Lombolo, Kiruna kommun, 1995-12-08
- Svensk Grundämnesanalys AB. Ämnestransporter i Luossajoki. Rapport för Kiruna Kommun, 1995
- Ammunitionsproblematiken: Sammanfattning av uppgifter angående ammunitionsdumpningar i Ala Lombolo. 1954 – 1996.
- Terratema AB. Provtagning av kvicksilver i Luossajokisystemet under vårfloden 1996 – redovisning av resultat och utvärdering. 1996-12-03
- Terratema AB. Kvicksilverförorenade sediment i Ala Lombolo - kartläggning och förslag till åtgärder, Februari 1997
- Terratema AB och IVL. Vertikal fördelning av kvicksilver i sediment och vattenpelare, Oktober 1997
- Hydroconsult AB. Utredning om erosionsrisk i Ala Lombolo, November 1997

Kiruna kommun, Miljökontoret. Provtagning av kvicksilver och näringsämnen i Luossajoki våren, sommaren 1997. Rapport 1998:2

Kemakta Konsult AB. Kompletterande åtgärdsutredning för Ala Lombolo: Utvärdering av kvicksilvertransport och riskbedömning, Mars 1999

Jan Darpö Miljö & Juridik. Om ansvaret för undersökning och efterbehandling vid Ala Lombolo, Kiruna kommun, Juni 1999.

Kiruna kommun, Miljökontoret. Provtagning av kvicksilver och näringsämnen i Luossajoki våren, sommaren 1998. Rapport 1999:1

Luleå Tekniska universitet. Geochemistry of suspended material and sediments in boreal lakes – paper B-C. Elsa Peinerud, Doctoral thesis. Februari 2000

Kommentarer till ansvarsutredning: LKAB 2001-04-18, Kiruna kommun 2001-06-18, Folkvandvården 2001-10-18

Försvarsmakten, Lennart Wiman. Bärgning av dumpad ammunition. 2001-11-15

Kiruna kommun, Miljökontoret. Provtagning av kvicksilver och näringsämnen i Luossajoki våren, sommaren och hösten 2001. Rapport 2002:1

Umeå universitet. Kviksilverformer inom prioriterade marksaneringsområden i Norr- och Västerbotten. Anna-Carin Sanfridsson, examensarbete. MKD02:09

Försvarsmakten. Metodstudie: Utnyttjande av frysteknik vid bärgning av dumpad ammunition. 2003-10-01

Kiruna kommun, Miljökontoret. Provtagning av kvicksilver och näringsämnen i Luossajoki våren, sommaren 2003. Rapport 2004:1

Umeå universitet. Kartläggning av kvicksilver i strandnära sediment i Ala Lombolo. Peter Popper, examensarbete. MH 2004:20

Försvarsmakten. Angående efterbehandling av Ala Lombolo. 2005-04-22

Luleå tekniska universitet. Framtida klimatförändringar och gruvdrift i Kiruna – bedömning av kvalitativa förändringar och efterföljande konsekvenser för Ala Lombolo. Laila Hedlund, examensarbete. 2005:305 CIV

Pelagia Miljökonsult AB. Undersökningar av biota, sediment och vatten i Ala Lombolo, Yli Lombolo, Kuollitusjärvi, Jukkasjärvi och Kallojärvi, Kiruna kommun 2005. 2006-05-02

Kiruna kommun, Miljökontoret. Provtagning av kvicksilver i Luossajokisystemet våren, sommaren och hösten 2005. Rapport 2006:1

Ramböll. Vattenbalans Luossajärvi-Ala Lombolo-Yli Lombolo-Luossajoki. Rapport. LKAB. 2006-08-22

Erhagen, Björn. Löslighet och metylering av kvicksilver i en förorenad sjö (Ala Lombolo) i Kiruna kommun. Examensarbete 2007:12, SLU Umeå.