

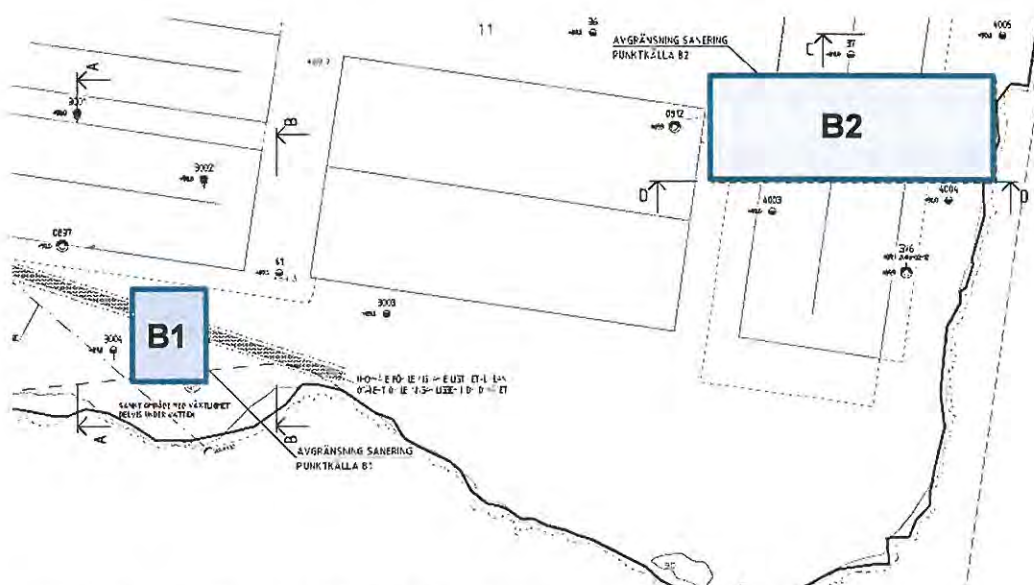
RAPPORT

TOLUST ETT AB

Komplettering till "Åtgärdsutredning med kostnadsbedömning" för Södra Munksjöområdet 2009-05-14

Uppdragsnummer 1300778400

Fördjupad åtgärdsanalys, kostnadsbedömning och riskvärdering avseende delområde B, efter genomförda detaljerade undersökningar samt reviderad fördjupad riskbedömning

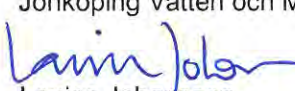


De aktuella åtgärdsområdena B1 och B2. I figuren framgår även äldre, nu riven, bebyggelse.

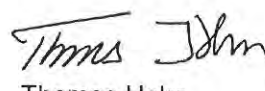
Version 1.0

2013-04-22

Sweco Environment AB
Jönköping Vatten och Miljö


Louise Johansson
Uppdragsledare


Anna Paulsson
Bitr. Uppdragledare, handläggare


Thomas Holm
Kvalitetsgranskning

Sammanfattning

Sweco Environment har på uppdrag av Tolust Ett AB gjort en fördjupad åtgärdsutredning och riskvärdering för områdena B1 och B2 inom Södra Munksjöområdet. Enligt principbeslut från Länsstyrelsen, daterat 2009-03-09 behöver dessa områden åtgärdas.

De övergripande åtgärds målen har föreslagits i tidigare utredningar som Sweco utfört år 2009 och handlar om att marken ska kunna användas för de ändamål som blivande planer anger, vilket motsvarar nuvarande förslag till blandstadsprogram för området. Vidare handlar målen om att långsiktigt säkra vattenkvaliteten i Munksjön och Vättern genom att minimera tillskottet av föroreningar från området.

En kompletterande fördjupad riskbedömning har utförts inom ramen för Swecos uppdrag (2013-01-31) och däri har förslag till mätbara åtgärds mål för PAH-16 i grundvatten tagits fram. Målet syftar i synnerhet till att minska belastningen av föroreningar till Munksjön, dvs att svara upp mot det andra övergripande åtgärds målet. Förslaget till mätbart åtgärds mål i grundvatten har använts för avgränsning av *åtgärdsområdena B1 och B2*.

De åtgärdsalternativ som i denna rapport har identifierats för åtgärdsområdena B1 och B2 är: nollalternativet (att inte utföra någon åtgärd); schakt under vatten (3 alternativt 6 meter djupt); schakt i torrhet (3 alternativt 6 meter djupt); frysning/frysmuddring (6 alternativt 8-10 meter djupt) samt hydraulisk inneslutning. Alternativen beskrivs i en fördjupad åtgärdsanalys avseende teknik, miljö och ekonomi. Kostnaderna för åtgärdsalternativen varierar från ca 8-32 MKr och den beräknade föroreningsreduktionen, förutom nollalternativet, mellan ca 30 och upp till 100 %.

Sweco har i samråd med beställaren tagit fram ett förslag till riskvärdering. Huvudkriterierna för utvärdering har varit totalkostnad, genomförande/projektrisker, måluppfyllelse och hållbarhet. Det presenterade underlaget föreslås ligga till grund för diskussion med myndigheterna kring val av åtgärdsalternativ.

I förslaget till riskvärdering har olika aspekter värderats i en 5-gradig skala, vilket betyder att alla alternativ har erhållit poäng för alla utvärderingsaspekter. Beträffande *totalkostnad* blir nollalternativet mest fördelaktigt, följt av schakt under vatten till 3 meter samt inneslutning. För utvärderingen av *genomförande* och projektrisker får frysalternativen och inneslutning allra högst poäng. *Måluppfyllelsen* är sämst för nollalternativet och samtliga schaktalternativ, medan både frysning (ju djupare desto bättre) och inneslutning medför betydligt bättre reduktion av föroreningsbelastning till Munksjön och därmed klart bättre måluppfyllelse. När det gäller *hållbarhet* är bedömningen ganska jämn då olika alternativ har olika fördelar.

I den sammanvägda riskvärderingen blir poängsumman för inneslutningsalternativet klart högre än summan för övriga alternativ. Sämst totalpoäng får schakt i torrhet, följt av schakt under vatten. Således blir det mest fördelaktiga alternativet hydraulisk inneslutning av åtgärdsområdena B1 och B2, vilket blir Swecos rekommendation.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte	5
1.3	Organisation	5
2	Underlag	6
3	Åtgärds mål	6
3.1	Övergripande åtgärds mål	6
3.2	Förslag till mätbart åtgärds mål	6
4	Sammanställning av tidigare åtgärdsalternativ för område B	7
5	Aktuella förutsättningar	7
5.1	Mark- och grundvattenförhållanden	7
5.2	Förorenings situation	9
5.3	Antaganden för kostnadsbedömning	11
5.3.1	Allmänt	11
5.3.2	Antagna enhetspriser	11
5.4	Tidplan för genomförande	13
6	Identifiering av tänkbara åtgärdsalternativ	13
7	Fördjupad alternativanalys	15
7.1	Nollalternativet	15
7.1.1	Beskrivning	15
7.1.2	Omfattning	16
7.1.3	Bedömd riskreduktion och måluppfyllelse	16
7.1.4	Uppskattad kostnad	16
7.1.5	Restriktioner i markanvändning	16
7.1.6	Behov av kontroller och underhåll	17
7.1.7	Övriga aspekter	17
7.2	Schakt under vatten	17
7.2.1	Beskrivning	17
7.2.2	Omfattning	18
7.2.3	Bedömd riskreduktion och måluppfyllelse	18
7.2.4	Uppskattad kostnad	18
7.2.5	Restriktioner i markanvändning	20
7.2.6	Behov av kontroller och underhåll	20
7.2.7	Övriga aspekter	20

7.3	Schakt i torrhet	20
7.3.1	Beskrivning	20
7.3.2	Omfattning	22
7.3.3	Bedömd riskreduktion och måluppfyllelse	22
7.3.4	Uppskattad kostnad	22
7.3.5	Övriga aspekter	23
7.3.6	Restriktioner i markanvändning	24
7.3.7	Behov av kontroller och underhåll	24
7.4	Frysning	24
7.4.1	Beskrivning	24
7.4.2	Omfattning	25
7.4.3	Bedömd riskreduktion och måluppfyllelse	25
7.4.4	Uppskattad kostnad	26
7.4.5	Restriktioner i markanvändning	27
7.4.6	Behov av kontroller och underhåll	27
7.4.7	Övriga aspekter	28
7.5	Hydraulisk inneslutning	28
7.5.1	Beskrivning	28
7.5.2	Omfattning	28
7.5.3	Bedömd riskreduktion och måluppfyllelse	29
7.5.4	Uppskattad kostnad	29
7.5.5	Restriktioner i markanvändning	29
7.5.6	Behov av kontroller och underhåll	30
7.5.7	Övriga aspekter	30
8	Förslag till riskvärdering	31
8.1	Allmänt	31
8.2	Avgränsning	31
8.3	Utvärderingskriterier för åtgärdsalternativ	31
8.3.1	Totalkostnad	32
8.3.2	Genomförbarhet/Projektrisker	35
8.3.3	Måluppfyllelse	38
8.3.4	Hållbarhet	42
8.4	Sammanställning och sammanvägning av urvalskriterierna	45
9	Fastställande av mätbara åtgärds mål	46
	Litteraturreferenser	47

Bilagor

Bilaga 1	Sammanställning riskvärdering
Bilaga 2	Spontutredning

4 (47)

RAPPORT
2013-04-22

KOMPLETTERING TILL "ÅTGÄRDSUTREDNING MED
KOSTNADSBEDÖMNING" FÖR SÖDRA MUNKSJÖOMRÅDET 2009-
05-14

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Inom det gamla industriområdet Södra Munksjö planeras en omdaning till "stadskaraktär" och bostäder kommer att uppföras. Industriell verksamhet har bedrivits under lång tid inom området, vilket till större delen är utfyllt, och marken är idag förorenad pga verksamheten och utfyllnad med schaktmassor, restprodukter och rivningsrester. En miljöteknisk markundersökning inklusive riskbedömning och åtgärdsutredning har genomförts 2008-2009.

Baserat på ovanstående utredningar har i samråd med Länsstyrelsen beslutats att två särskilt förorenade delområden, B1 och B2, inom område B bör åtgärdas. Område B utgör ett 40 000 m² stort område mellan läget för den fd järnvägen och Munksjön. Inför saneringen har detaljerade miljötekniska undersökningar utförts med avseende på grundvatten och en kompletterande riskbedömning har tagits fram avseende grundvatten, i syfte att motivera mätbara åtgärds mål och med dessa avgränsa delområdena geografiskt.

1.2 Syfte

Syftet med den fördjupade åtgärdsutredningen är att ta fram åtgärdsalternativ som på ett tekniskt genomförbart och ekonomiskt rimligt sätt resulterar i att området efter genomförd efterbehandling uppfyller åtgärds målen. Denna process sker genom att olika tänkbara alternativ diskuteras, varefter de alternativ som bedöms lämpliga för delområdena B1 och B2 inom Munksjö fabriksområde analyseras i en fördjupad alternativanalys. Åtgärdsalternativen beskrivs tekniskt och för varje alternativ görs en översiktlig kostnadsbedömning. Vidare bedöms tidsåtgång samt osäkerhet och tillförlitlighet i genomförandet av alternativen, och svårigheter att uppnå önskat resultat på såväl kort som lång sikt beaktas.

Sweco presenterar också ett förslag till riskvärdering där måluppfyllelse och kostnadsuppskattning för de olika åtgärdsalternativen sammanställs. Riskvärderingen diskuteras med tillsynsmyndigheten för att slutligen resultera i en överenskommelse om rimligheten i de mätbara åtgärds målen och val av åtgärdsalternativ. Processen dokumenteras noggrant så att det tydligt framgår vilka åtgärdsalternativ som utretts, vilket underlag som fanns för beslut och vilka överväganden och bedömningar som gjorts för åtgärdsalternativen.

1.3 Organisation

Uppdragsledare för utredningarna för Tolust är Louise Johansson och biträdande uppdragsledare och huvudsaklig handläggare är Anna Paulsson, båda på Sweco Environment i Jönköping. Håkan Wennerberg har medverkat för hydrogeologiska bedömningar. I diskussionerna i samband med åtgärdsutredningen har Thomas Holm, Per Lager, Göran Lind m fl från Swecos kontor i Göteborg medverkat, liksom Johan Magnusson från CWE.

2 Underlag

Denna utredning baserar sig framförallt på nedanstående underlag:

- *Södra Munksjöområdet, Åtgärdsutredning och kostnadsbedömning, Sweco 2009-05-14, unr 1300120000*
- *Södra Munksjöområdet, Översiktliga miljötekniska markundersökningar – fältrapport, Sweco 2009-05-14, unr 1300120000*
- *Södra Munksjöområdet, Fördjupad riskbedömning avseende förorenad mark Sweco 2009-06-01, unr 1300120000*
- *Komplettering till "fördjupad riskbedömning för Södra Munksjöområdet 2009-05-14". Sweco 2013-01-31, unr 1300778400.*
- *Rening av länsvatten vid marksanering, rapportering av fält- och bänkskalförsök, CWE, 2013-02-18.*
- *Södra Munksjöområdet, Markteknisk undersökningsrapport (MUR), underlag för spontdimensionering. Sweco Infrastructure AB, uppdragsnr 1300778210. 2013-02-19.*

3 Åtgärds mål

3.1 Övergripande åtgärds mål

Följande övergripande åtgärds mål har formulerats för området:

- *Marken inom området skall efter utförda saneringsåtgärder kunna användas för de ändamål som blivande planer för området anger. I detta fall avses flerbostadshus av "stadskaraktär" uppföras på platsen.*
- *En strävan bör vara att långsiktigt säkra vattenkvaliteten i såväl Munksjön som Vättern för att därigenom möjliggöra ekologiskt hållbara och variationsrika livsmiljöer. Tillskott av föroreningar från aktuellt område bör minimeras för att minska risken för negativ påverkan på vatten och sediment.*

3.2 Förslag till mätbart åtgärds mål

Enligt diskussionen i kapitel 7 i den kompletterande riskbedömningen föreslås att mätbara åtgärds mål för område B baseras på målet att minska föroreningsbelastningen till Munksjön. Ett mätbart åtgärds mål om 500 µg/l PAH-16 i grundvatten har föreslagits. Ett sådant mål ger en procentuell reduktion av tillskottet av PAH-16 till Munksjön på ca 60%, om spridning av föroreningar från hela mäktigheten inom åtgärdsområdena B1 och B2 kan elimineras. Belastningsberäkningarna i riskbedömningen är osäkra och därför föreslås att åtgärds målet om 500 µg/l PAH-16 i grundvattnet används för avgränsa åtgärdsområdena B1 och B2, enligt **figur 1**. Åtgärdsområdena är avgränsade till ytan men inte på djupet. Till vilket djup som sanering ska ske inom åtgärdsområdena föreslås i slutet av denna rapport tillsammans med val av åtgärd och fastställande av åtgärds mål.



Figur 1. Avgränsningen av åtgärdsområdena B1 och B2 i förhållande till planerad bebyggelse (källa: Jönköpings kommun). Observera att plan för kommande bebyggelse inte är fastställd.

4 Sammanställning av tidigare åtgärdsalternativ för område B

I åtgärdsutredningen 2009 sammanställdes följande översiktliga åtgärdsalternativ för område B:

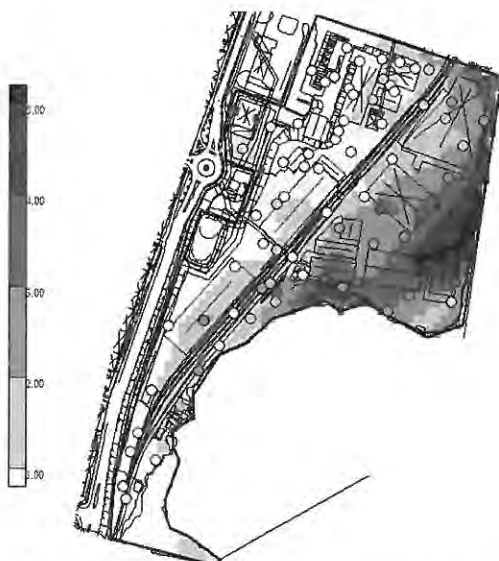
- **Nollalternativet.** Att inte vidta några åtgärder. Alternativet kvarstår.
- **Alternativ 1-4.** Sanering av punktkällorna B1 och B2 genom urschaktning till 3 meter under markytan kompletterat med olika omfattande urschaktning till 0,5 eller 1 meter under markytan inom hela område B eller övertäckning av hela område B.

Det alternativ eller scenario som förordades i riskvärderingen, med hänsyn både till måloppfyllelse, teknik, ekonomi, omgivningspåverkan och risk var att åtgärda punktkällorna B1 och B2 samt att fylla upp område B med minst 1 meter rena massor. Alternativet kvarstår och behöver förfinas genom att utvärdera möjliga åtgärdsalternativ.

5 Aktuella förutsättningar

5.1 Mark- och grundvattenförhållanden

Fyllnadsmassornas djup inom delområdena B1 och B2 varierar mellan ca 4-10 meter enligt den marktekniska undersökningen 2012. Enligt djupkartläggning från de samlade geotekniska och miljötekniska undersökningarna, samt med hänsyn till djupet i Munksjön konstateras att båda punktkällorna B1 och i synnerhet B2 ligger inom utfyllnadsområden med störst djup av fyllnadsmaterial, upp till 10 meter. I denna åtgärdsutredning har fyllningens mäktighet inom åtgärdsområdena B1 och B2 antagits vara 10 meter, för att volymen förorenade massor inte ska underskattas.



Figur 2. Bild över fyllningens mäktighet baserat på resultaten i undersökningen 2008 som utfördes ner till 5-6 meters djup, dvs ej ner till naturliga jordlager överallt. Fyllningen i delområde B bedöms variera mellan 4 och 10 meter enligt den marktekniska undersökningen 2012

I några fall har kvalitativa jordprov uttagits på djupet med hjälp av foderrörsborrning med borrarutrustning av typen Sonic Rigg, vilket ger ostörda provkärnor från fyllnadsmaterialet. Provtagningsdjupet för jordprover som uttagits vid skruvprovtagning i fyllnadsmaterialet är mer osäkert eftersom provet sannolikt har blandats med ovanliggande material när skruven har lyfts upp. I många fall har inte några djupa prov erhållits från skruvprovtagning, eftersom materialet har varit så löst och blött att det runnit av skruven.

Jordmaterialets hydrauliska konduktivitet har uppskattats genom utvärdering av s.k. slug tests i sex undersökningspunkter och utvärdering av kornstorleksfördelning hos fyra jordprover, uttagna med Sonic Rigg. Beräkning av inläckage av grundvatten och tryckgradienter har utförts med hjälp av en tvådimensionell grundvattenmodell (CWE, 2013-02-18). Modellen har utgått från hydraulisk konduktivitet baserat på slugtests och med en avsänkning av grundvattennivån på tre meter innanför spont. Genomsläppligheten är stor och vid länshållning är ett högt flöde i storleksordningen 100 l/s att förvänta. Med hjälp av de hydrauliska gradienter som beräknats vid modelleringen har en bedömning av risken för hydrauliskt grundbrott utförts. Risken för hydrauliskt grundbrott är stor. Vid avsänkning av grundvatten för schakt i torrhet till 3 meters djup krävs ett spontdjup om tolv meter för att undvika hydrauliskt grundbrott.

Densiteten på fyllnadsmaterialet har beräknats till ca 1,8 ton/m³. Vattenhalten i prov på fyllnadsmaterialet under grundvattenytan varierar mellan 20-50%. Totalhalten organiskt kol är i de flesta fall låg (<6%) men mesa och annat organsikt material förekommer, vilket ställvis kan ge betydligt högre organisk andel. Det löst lagrade fyllnadsmaterialet och den stora vattenmättnaden samt närheten till Munksjön gör att spontning är en förutsättning för all form av schaktning eller upptagande av massor.

5.2 Föroreningssituation

Halterna av PAH-16 i grundvatten inom delområdena B1 och B2 är motiv för åtgärd. Enligt kapitel 8 i den kompletterande riskbedömningen kan de mätbara åtgärdsmålen för grundvatten användas för avgränsning av saneringsområdena B1 och B2. Därmed föreslås att gränsen för åtgärdsområdena B1 och B2 sätts kring de områden där halterna i grundvatten överstiger 500 µg/l. Det innebär att halterna i grundvattnet utanför denna gräns är lägre än det mätbara åtgärds målet. I tabell 1 återfinns medelhalter mm för grundvatten inom avgränsningsområdena för saneringsområdena B1 och B2 angivna.

Tabell 1. Halter av PAH-16 (µg/l) i grundvatten inom saneringsområdena B1 och B2. Halterna är avrundade till närmaste heltal. Beräkningarna är baserade på nio jordprov från fyra provpunkter inom de avgränsade åtgärdsområdena.

Halt PAH-16 i grundvatten	Område B1	Område B2	Område B1 och B2
Medel	1 323	690	876
Median	1 720	480	543
75-percentil	2 085	828	1 720
90-percentil	2 272	1 787	2 209
Max	2 396	2 573	2 573

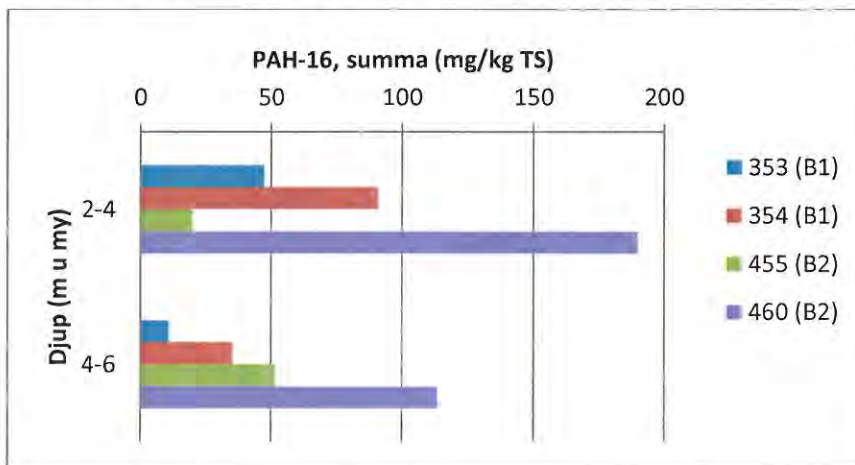
Jordproverna från provtagningen med Sonic Rigg har analyserats, dels avseende innehåll av PAH, men även avseende metaller och alifater, aromater och BTEX. Syftet med analyserna har varit att kunna beskriva mängden föroreningar i den fasta matrisen samt att undersöka potentiella mottagare av massorna inför en eventuell schaktsanering.

I tabell 2 beskrivs föroreningsnivån avseende PAH-16 i jord inom B1 och B2, baserat på nio jordprov uttagna inom de avgränsade saneringsområdena för B1 och B2. Halterna av metaller överstiger i flera fall åtgärds målen för djupjord och i ett fall, inom saneringsområde B1, överskrider haltgränsen för Farligt Avfall enligt Avfall Sverige avseende metallerna bly, koppar och zink.

Tabell 2. Halter av PAH-16 (mg/kg TS) i fyllnadsmaterialet inom saneringsområdena B1 och B2. Halterna är avrundade till närmaste heltal. Beräkningarna är baserade på nio jordprov från fyra provpunkter inom de avgränsade åtgärdsområdena.

Halt PAH-16 i jord	Område B1	Område B2	Område B1 och B2
Medel	46	98	75
Median	41	107	52
75-percentil	58	120	107
90-percentil	78	162	134
Max	91	190	190

Analyserna av jordproverna från sonic-borringen visar att halterna PAH-16 varierar mellan 11 och 190 mg/kg TS inom delområden B1 och B2. De ämnen som dominerar jordproverna från båda delområdena är fenantren, flourantren och pyren. I proverna från B2 förekommer även acenaften och naftalen. Nedan anges summahalter PAH-16 i jord visualiserat i djupled, **figur 3**. Fyllnadsmaterialet är heterogent och även om diagrammet indikerar avtagande halter i djupled i tre av fyra punkter så är underlaget för litet för att påstå att det finns någon sådan trend.



Figur 3. Diagram med summahalter av PAH-16 i 2-4 respektive 4-6 meter under markytan inom delområdena B1 och B2. Staplarna grundas på analyser av nio jordprov från fyra punkter (353, 354, 455 och 460) inom de avgränsade åtgärdsområdena.

Mängden PAH-16 i jord respektive grundvatten framgår av tabell 3. Mängden baseras på halter ovan, en porvolym på 20% och en densitet i fyllnadsmaterialet på 1,8 ton/m³. Beräkningarna av volym baseras på ett djup om 10 meter.

Tabell 3. Tabellen anger mängd PAH-16 (kg) i jord och grundvatten inom respektive område B1 och B2 baserat på en utbredning av fyllningens mäktighet till 10 meters djup. Den procentuella fördelningen av PAH-16 i grundvatten inom punktkällorna är ca 0,15% (räknat på summahalter i B1 och B2). Mängder i jord baseras på fyra respektive fem jordprover mellan 2 och 6 meters djup och. mängden i grundvatten baseras på fem vatten analyser inom område B1 och tolv inom område B2.

Mängd PAH-16 (kg)	Område B1		Område B2		Område B1 och B2	
	Jord	Gv	Jord	Gv	Jord	Gv
Medel	158	0,45	1 434	1,01	1 354	1,59
Median	141	0,59	1 572	0,70	935	0,98
75-percentil	200	0,71	1 763	1,22	1 938	3,12
90-percentil	267	0,78	2 379	2,62	2 427	4,00
Max	312	0,82	2 791	3,78	3 442	4,66

Den procentuella fördelningen i jord och grundvatten har beräknats. Jämförelser har gjorts mellan medelvärden i jord och medelvärden i grundvatten inom respektive delområde B1 och B2, samt samlade medelvärden för båda områden. Även max-, median-, och percentilvärden har använts för att utvärdera om det ger annorlunda resultat. Beräkningarna visar likvärdiga resultat avseende fördelningen av mängden PAH-16 i grundvatten, i storleksordningen 0,15%. Den klart övervägande mängden PAH-16 förekommer således i jordmatrisen.

5.3 Antaganden för kostnadsbedömning

5.3.1 Allmänt

De kostnader som bedöms vara förenade med åtgärden är kostnad för spont, schaktning och anläggande av ytor inom saneringsområdet, kostnad för eventuell behandling av massor och vatten samt omhändertagande inklusive transporter till mottagade och återfyllning av rena massor. För varje åtgärdsalternativ har en "mest sannolik kostnad" redovisats, baserat på de förutsättningar som är kända idag.

För kostnadsbedömningen har följande antaganden gjorts:

- De kostnader som anges nedan är sådana kostnader som bedöms uppkomma för åtgärderna, baserat på nedanstående beskrivningar av åtgärdsförslag. Samordning med andra entreprenader inom området har inte beaktats.
- Samhällsekonomiska kostnader, främst avseende hälsorisker med föroreningarna, som är förknippade med nollalternativet har inte beräknats. Sådana kostnader bedöms kunna uppstå genom att människor som vistas i området på sikt riskerar att utveckla cancersjukdomar eller bli akut förgiftade till följd av exponeringen av föroreningar på platsen.
- De kostnader som antagits avseende mottagning av förorenade massor är nulägeskostnader. Kostnaderna är marknadsberoende och kan därmed vara helt andra om ett år, jämfört med idag. Vidare kan prisförhandlingar i ett "skarpt läge" ge lägre pris än de som erhålls vid en allmän förfrågan.
- Villkoren för omhändertagande av förorenade massor, med avseende på vilka volymer och typer av massor som en mottagare får ta emot, kan också ha förändrats när det blir aktuellt att transportera bort massor.

5.3.2 Antagna enhetspriser

Nedan, i **tabell 4**, redovisas de antaganden som använts vid kostnadsbedömning avseende schaktarbeten, transporter, omhändertagande av förorenade massor, återfyllnad etc. Priserna är angivna i svenska kronor exklusive moms. Observera att det är ungefärliga kostnader. Mer exakta uppgift kan erhållas först i samband med att en "riktig" förfrågan görs då en efterbehandlingsåtgärd blir aktuell.

Tabell 4. Enhetspriser för kostnadsuppskattningen av åtgärdsalternativen inom åtgärdsområdena B1 och B2, Södra Munksjöområdet. En kubikmeter massor har antagits ha en vikt om 1,8 ton.

Moment	Kostnad	Enhet
Schakt med långsticka		
Uppgrävning och lastning	120	kr/m ³
Frysmuddring		
Frysmuddring	600	kr/m ³
Frysmuddring etablering på och av	300 000	kr
Vattenhantering		
Länshållning och rening	200	kr/m ³
Rening och avvattning	200	kr/m ³
Transporter		
Transport till mottagningsanläggning	50	kr/ton
Deponering		
Mottagningskostnad massor med halter IFA+avvattning + behandling	440	kr/ton
Mottagningskostnad massor med halter IFA+ behandling	345	kr/ton
Återställningsarbeten		
Ersättningsmassor	60	kr/ton
Transport av ersättningsmassor	50	kr/ton
Utläggning/packning	50	kr/m ³
Spont		
Schakt i torrhet, schaktdjup 3 m, konsolspont	1 990 000	kr
Schakt under vatten, schaktdjup 3 m, konsolspont	1 490 000	kr
Schakt under vatten, schaktdjup 6 m	2 760 000	kr
Isolering av förorening med tätskärm, stålspont med tätning i lås	4 850 000	kr

För de massor som kan bli aktuella att ta bort från området finns flera möjliga mottagningsanläggningar. För denna kostnadsbedömning har svar från två möjliga mottagare erhållits (SAKAB och Miljön, Jönköpings kommun). Priserna baseras på att samma mottagare får omhändertaga samtliga förorenade massor från området. En viss reservation måste göras i det fall andel av organiskt material eller massornas lakbarhet kräver föregående behandling innan slutgiltigt omhändertagande. Detta har inte beaktats full ut eftersom osäkerhet kvarstår om hur massorna kan karakteriseras, vilket måste definieras närmare i projekteringsskedet.

I priserna ingår kostnad för transport med lastbil från södra Munksjöområdet till mottagningsanläggning på högst 2 mils avstånd, samt kostnad för omhändertagande. Föroreningshalterna i massorna är i vissa fall så höga (motsvarande farligt avfall) att transportererna bör skötas av ett företag med tillstånd för transport av farligt avfall.

5.4 Tidplan för genomförande

Saneringsåtgärderna inom delområdena B1 och B2 behöver vara färdigställda omkring januari 2015 för att inte påverka byggskedet.

För genomförandet av åtgärder krävs att en utgående dagvattenledning, vilken idag passerar i eller precis intill delområden B1, först flyttas. Ledningen ska flyttas i samband med nya ledningsdragningar utförs vid byggnation av Vaggerydsgatan som för närvarande är under projektering. Projektering och byggnation av Vaggerydsgatan förutsätter att en administrativ utfyllnad i Munksjön först tillåts. Ärendet ligger hos Länsstyrelsen för beslut.

Upphandling av åtgärdslösning planeras att ske under 2013.

6 Identifiering av tänkbara åtgärdsalternativ

Följande har beaktats i diskussionerna om tänkbara åtgärdsalternativ:

- Området ska kunna användas för bostadsändamål och föroreningsbelastningen till Munksjön ska reduceras. Åtgärderna ska medföra så liten begränsning i planerad markanvändning som möjligt. Det innebär att det finns välgrundade skäl att minska miljö- och hälsoriskerna så långt det är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt.
- De risker och olägenheter som kan uppstå i samband med åtgärder ska inte överskrida de risker som kan orsakas av området vid ett nollalternativ. Åtgärdsarbetet behöver belysas särskilt eftersom det rör sig om missfärgande och illaluktande fyllnadsmassor.
- Bästa tillgängliga teknik (BAT), energisnåla alternativ och hållbara lösningar bör vara fokus för åtgärderna då Tolust gärna ligger i framkant tekniskt och manar till nytänk. Åtgärderna ska vara av engångskaraktär och långsiktigt hållbara.

Utöver dessa aspekter och den aktuella föroreningssituationen har områdets geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar undersökts, spontbehov och schaktmöjlighet har utretts och möjligheter till olika tekniker för hantering av förorenat vatten har testats. De samlade resultaten från utredningarna har resulterat i ett antal tänkbara åtgärdsalternativ som kan bidra till att uppfylla de föreslagna åtgärds målen.

I denna åtgärdsutredning har möjligheterna att destruera föroreningarna på plats genom termiska, kemiska och/eller biologiska metoder studerats översiktligt.

På kvarteret Lyftkranen i Stockholm har förorenad jord schakats upp och PAH-föroreningarna (tjära och kreosot) i jorden har destruerats på plats genom termisk behandling. Jorden har därefter återfyllts. Saneringsåtgärden var tillståndspliktig och omfattade en termisk behandling av 50 000 ton jord. Denna saneringsmetod har inte bedömts som tillämplig i detta projekt på grund av att mängden massor som behöver behandlas är liten och eftersom kostnaderna skulle bli höga (Golder Associates AB, 2006).

Biologisk in situ-behandling innebär att syre och näringsämnen tillförs marken på plats utan föregående uppgrävning. Behandlingen kan utföras både ovanför och under grundvattenytan. Vid in situ-behandling av grundvattenzonen behandlas i första hand de föroreningar som är lösta i vattnet. Föroreningar som är bundna till jordpartiklar kan i allmänhet behandlas på biologisk väg först sedan de frigjorts från partiklarna med hjälp av tensider. Näringsämnen kan tillföras direkt via injektionsbrunnar eller via vatten som långsamt får infiltrera ned genom det förorenade markområdet. Syre tillförs i allmänhet genom antingen direkttillförsel av syrgas, tillförsel av syremättat vatten, tillförsel av väteperoxid eller genom vakuumventilation. I första hand åtgärdas lättnedbrytbara kolväten. När det gäller PAH, så bedöms 2- och 3-ringade PAH vara relativt lättnedbrytbara och möjliga att behandla. PAH med fyra eller fler aromatringar (pyren, bens(a)pyren m fl) har i viss utsträckning visat sig behandlingsbara i bioreaktorer men påverkas föga vid traditionell kompostering eller vid landfarming (NV rapport 5637).

Med kemisk oxidation avses oxidation som åstadkoms genom att ett oxidationsmedel tillsätts föroreningen. Exempel på oxidationsmedel som använts vid behandling av förorenade massor och förorenat grundvatten är ozon, väteperoxid, kloridoxid, syrgas och kaliumpermanganat. Vid fullständig oxidation omvandlas de organiska föreningarna till koldioxid och vatten. Vid ozonbehandling oxideras de organiska föroreningsämnena till alkoholer, aldehyder, ketoner och karboxylsyror som i sin tur bryts ned biologiskt till koldioxid och vatten. Det kemiska oxidationsmedlet kan tillföras in situ eller blandas in i uppgrävda massor. Oxidationsmedlet kan via injektionsbrunnar tillföras grundvattenzonen. Vid kemisk oxidation av organiska föreningar i den omättade zonen används i allmänhet väteperoxid (NV rapport 5637).

En möjlig åtgärdslösning är att kombinera kemisk oxidation och biologisk nedbrytning. På så vis kan även de tyngre PAH:erna brytas ner.

Vi kemisk oxidation och biologisk nedbrytning finns en risk att metoderna frigör lätttröliga föreningar (t.ex. oxy-PAH:er) då tyngre föreningar bryts ner till enklare och mer mobila föreningar. På så vis ökar spridningen av föroreningar från området. Dessa processer kan vara svåra att övervaka/kontrollera.

Det är möjligt att det med en kombination av olika in situ metoder går att destruera PAH-föroreningarna på plats. För att avgöra detta krävs fler undersökningar och bänkskaleförsök innan det går att visa på om en in situ metod kan uppfylla åtgärds målen. Det som talar emot denna åtgärds metod är att en väldigt liten andel av föroreningen finns löst i grundvattnet (ca 0,15 %), jordmassornas heterogenitet och förekomst av klumpar av tjära, tjärpapp, mesa m.m. vilket medför att kraftiga kemiska metoder och tillsatser av kemikalier kommer att bli nödvändiga. Riskerna för ökad mobilisering av föroreningarna är stora och kräver omfattande kontroll för att förhindra en ökad spridning till Munksjön.

För samtliga alternativ gäller att marknivån inom hela område B ska höjas ca 1,5 meter över befintlig marknivå efter genomförda åtgärder. Höjningen får konsekvensen att kvarlämnad jord med några undantag intill kvarlämnade byggnader kommer att motsvara "djupjord". Ledningar och installationer kommer att anläggas i de nya fyllnadsmassorna och befintliga asfaltsytor lämnas förslagsvis kvar som materialavgränsande lager.

De tänkbara åtgärdsalternativen redovisas i tabell 5. Samtliga alternativ beskrivs närmare i den fördjupade åtgärdsanalysen nedan.

Tabell 5. Tänkbbara åtgärdsalternativ. Spontdjup baseras på spontutredningen.

Alt.	Beskrivning	Hjälparbeten	Behandling	Omhändertagande
0	Nollalternativet			
0	Ingen åtgärd	---	---	---
1	Schakt under vatten			
1:1	Åtgärdsdjup 3m	(spont 9m)	Avvattningsmassor	Transport
1:2	Åtgärdsdjup 6m	(spont 10m)	Behandling vatten?	Deponering
2	Schakt i torrhet			
2:1	Åtgärdsdjup 3m	(spont 12m)	Avvattningsmassor?	Transport
2:2	Åtgärdsdjup 6m	(spont 13m)	Behandling vatten	Deponering
3	Frysning			
3:1	Åtgärdsdjup 6m	(spont 10m)	Ingen behandling	Transport
3:2	Åtgärdsdjup 8-10m	(spont 16m)	Behandling vatten?	Deponering
4	Hydraulisk inneslutning			
4:1	Tätspont 12m	(spont 12m)	Ingen behandling Behandling av gas?	---

Till dessa tänkbara alternativ kan flera kombinationslösningar vara möjliga för att erhålla den bästa lösningen. Det kan röra sig om att sponta tillräckligt djupt för att erhålla en hydraulisk inneslutning, men att kombinera lösningen med att även schakta ur en del av källtermen till ett tekniskt möjligt djup. En annan kombinationslösning som även den omfattar hydraulisk inneslutning är att innanför inneslutningen genomföra en kemisk oxidation i kombination med en biologisk behandling av grundvattnet. Denna kombinationslösning har inte närmare utretts pga ovanstående resonemang om in situ.

7 Fördjupad alternativanalys

7.1 Nollalternativet

7.1.1 Beskrivning

Nollalternativet innebär att inga åtgärder vidtas inom åtgärdsområdena B1 och B2. Marken inom hela område B täcks över enligt den planerade höjningen av marknivån.

7.1.2 Omfattning

Endast övertäckning med massor för nya marknivåer. *Övertäckningen är en fristående insats i exploateringssyfte och innefattas därför inte i åtgärderna. Övertäckningen ingår därför inte i riskvärderingen.*

7.1.3 Bedömd riskreduktion och måloppfyllelse

Förorenad jord och grundvatten lämnas kvar. Övertäckning av området gör dock att risken för exponering för höga PAH-halter via inandning av damm, intag av jord och hudkontakt reduceras efter att övertäckningen är gjord. Mycket höga halter kommer dock att finnas kvar i djupjord (>1,5 meter under ytan). Risken för inandning av ångor kvarstår även om avståndet till föroreningen ökar. Föroreningsnivån i ytjord blir låg efter att övertäckningen är gjord.

Risken för spridning till Munksjön kvarstår eftersom den förorenade jordmatrisen lämnas kvar.

Fortsatt spridning till Munksjön genom fluktuationer av vatten in och ut i utfyllnaden kan förväntas i framtiden, efter markhöjning. Om de översvämningsscenarier som finns för Jönköping inträffar i framtiden och ger tillfälligt förhöjd nivå i Munksjön kan spridningen till Munksjön förväntas öka.

Det föreslagna mätbara åtgärds målet för grundvatten uppfylls ej.

7.1.4 Uppskattad kostnad

Kostnaden för nollalternativet har inte bedömts.

7.1.5 Restriktioner i markanvändning

Uppfyllnad och övertäckning av område B gör att befintlig utfyllnad klassificeras som djupjord. Djupjorden kommer att innehålla halter som överskrider de platsspecifika riktvärdena. Det är möjligt att planerad ändring av detaljplanen från industrimark till bostadsmark inte kan fullföljas då Länsstyrelsen har uttryckt att område b1 och b2 ska åtgärdas (principbeslut, 2009). Om detaljplanen ändå kan ändras bedöms restriktioner kring grävarbeten i marken sannolikt följa med planen.

Att inte utföra någon åtgärd inom de avgränsade åtgärdsområdena B1 och B2 kan påverka hur marken i området får användas. Områdena B1 och B2 får sannolikt inte bebyggas med hänsyn till föroreningsituationen och i övrigt krävs byggnadstekniska lösningar för att förhindra eventuell ånginträngning i byggnader.

Byggnadskonstruktioner, såsom ledningar eller dräneringsrör, får inte placeras i förorenade massor annat än om det förläggs i gjutna kassuner eller motsvarande.

7.1.6 Behov av kontroller och underhåll

Långsiktig kontroll och administrativa restriktioner kan förväntas från tillsynsmyndigheten. Sannolikt kommer kontroll av grundvatten och spridning till Munksjön att krävas och det kan inte uteslutas att framtida åtgärder kan bli nödvändiga.

7.1.7 Övriga aspekter

En övertäckning och höjning av marknivån med tillhörande anläggande och park, gator och bostäder gör det svårt att i framtiden utföra någon åtgärd.

Marken inom området är förorenad och därmed måste eventuella framtida markarbeten föregås av en kontakt med tillsynsmyndigheten för att avgöra om en anmälan om efterbehandling enligt miljöbalken skall lämnas in.

Människor kan känna oro vid vetskap om att jord och grundvatten som är förorenat lämnas kvar inom området utan att några åtgärder vidtas.

7.2 Schakt under vatten

7.2.1 Beskrivning

Åtgärdsalternativet schakt under vatten innebär att spont installeras, att massor schaktas upp utan grundvattensänkning och avvattnas inom området innan de transporteras till anläggning för omhändertagande. Schakten återfylls, sponten dras upp och marken inom hela område B täcks över enligt den planerade höjningen av marknivån.

I sammanställningen i tabell 5 ovan har två olika schaktdjup, 3 och 6 meter under markytan, föreslagits. Syftet är att i kostnadsbedömning och riskvärdering kunna jämföra olika alternativ och åtgärdsdjup. Kostnader för schaktdjup däremellan kan uppskattas utifrån dessa beräkningar.

Olika schaktdjup ställer olika krav på spontdjup. En spontutredning har utförts inom ramen för åtgärdsutredningen. Utredningen visar att för att schakta till 3 meters djup, under vatten, måste spont slås till 6 meter under marknivå (med hammarband och stämp) alternativt till 9 meter (konsolspont). För att schakta till 6 meters djup, under vatten, måste spont slås till 10 meter under marknivå (med hammarband och stämp). Beräkningarna har utgått ifrån att grävare med långsticka används i samtliga schaktalternativ.

Alternativet innebär först en bortschaktning av ca 1 meter torra massor som ligger över grundvattennivån. Schaktning under vatten innebär sedan att mycket blöta massor kommer att hanteras. Åtgärden kräver ytor för kontrollerad passiv avvattning och mellanlagring av blöta massor. Uppsamling och eventuell partikelavskiljning eller behandling av vatten kan bli nödvändig innan återförsel av vatten till schakt. Slutlig fällning i schakt för inkapsling av löst förorening i kemiskt stabila komplex skulle, om det godkänns, kunna genomföras för att inte kontaminera nya massor. När åtgärden har slutförts dras sponten upp.

När massorna nått en torrhalt som understiger massornas fältkapacitet (dvs att de inte längre droppar vatten) transporteras massorna till anläggning för omhändertagande.

Genomförande av åtgärdsalternativet sker företrädesvis under sommarhalvåret för att avvattnings och eventuell behandling av vatten ska fungera.

7.2.2 Omfattning

I det första fallet, med schaktning till 3 meter under markytan, beräknas drygt 700 respektive 3 060 m³ massor schaktas upp från områdena B1 och B2. Med en antagen densitet om 1,8 ton/m³ omhändertas ca 6 800 ton massor. Dessa massor innehåller en föroreningsmängd om 500-750 kg PAH-16, beräknat som spannet mellan medelhalt och 75-percentil. Utifrån en bedömd föroreningsdjup på mellan 8 och 10 meter blir den procentuella föroreningsreduktionen 30-40 %, antaget att föroreningssituationen är densamma genom hela volymen.

I det andra fallet, med schaktning till 6 meter under markytan, beräknas drygt 1 400 respektive 6 100 m³ massor schaktas upp från områdena B1 och B2. Med en antagen densitet om 1,8 ton/m³ omhändertas ca 13 600 ton massor. Dessa massor innehåller en föroreningsmängd om 1 000-1 500 kg PAH-16, beräknat som spannet mellan medelhalt och 75-percentil. Utifrån en bedömd föroreningsdjup på mellan 8 och 10 meter blir den procentuella föroreningsreduktionen 60-75 %, antaget att föroreningssituationen är densamma genom hela volymen.

7.2.3 Bedömd riskreduktion och måluppfyllelse

Bortschaktning av massor från området minskar exponeringsrisken för höga PAH-halter via inandning av damm, intag av jord och hudkontakt. Risken för exponering minskar ytterligare genom planerad höjning av marknivån. Källan till bildning av gas minskar och avståndet till kvarvarande föroreningar ökar, vilket rimligen medför att gasbildningen och uppträngningen av gas på sikt minskar.

Risken för spridning till Munksjön reduceras eftersom delar av den förorenade jordmatrisen avlägsnas. Ju större bortschaktning av massor, desto mindre bedöms risken bli att spridningen av föroreningar i framtiden skulle öka.

Det föreslagna mätbara åtgärds målet för grundvatten uppfylls sannolikt till den nivå som åtgärd utförs. Vad medelhalten i hela djupprofilen blir efter åtgärd kan inte förutsägas.

7.2.4 Uppskattad kostnad

De uppskattade kostnaderna för alternativet med 3 meters schaktning under vatten redovisas i tabell 6. Den totala åtgärds kostnaden för 3-metersalternativet beräknas bli ca 2 000 kr/m³.

Kostnaderna för alternativet med 6 meters schaktning visas i tabell 7. Den totala åtgärds kostnaden för 6-metersalternativet beräknas bli ca 1 900 kr/m³.

Tabell 6. Kostnadsbedömning alternativ 1:1, schakt under vatten, 3 meter i åtgärdsområdena B1 och B2.

Aktivitet	Bedömd volym/mängd	Enhet	Uppskattad kostnad (MKr)
Förberedelser, anmälan mm			0,20
Detaljprojektering			0,50
Miljökontroll och dokumentation			0,30
Konsolspont, för schakt till 3 m			1,50
Uppgrävning och transport inom området	3 760	m ³	0,45
Avvattnings och rening av vatten	1 880	m ³	0,38
Transport till mottagningsanläggning	6 768	ton	0,34
Mottagningskostnad massor med halter IFA+ behandling	6 768	ton	2,34
Fällning av förorening i vattenvolymen innanför spont	3 760	m ³	?
Ersättningsmassor från täkt	3 760	m ³	0,23
Utläggning/packning av ersättningsmassor	3 760	m ³	0,19
<i>Osäkerhet i bedömningar, påslag ca 20%</i>			1,3
Bedömd mest sannolik kostnad			7,7

Tabell 7. Kostnadsbedömning alternativ 1:2, schakt under vatten, 6 meter i åtgärdsområdena B1 och B2.

Aktivitet	Bedömd volym/mängd	Enhet	Uppskattad kostnad (MKr)
Förberedelser, anmälan mm			0,20
Detaljprojektering			0,50
Miljökontroll och dokumentation			0,40
Spont, för schakt till 6 m			2,80
Uppgrävning och transport inom området	7 500	m ³	0,90
Avvattnings och rening av vatten	3 750	m ³	0,75
Transport till mottagningsanläggning	13 500	ton	0,68
Mottagningskostnad massor med halter IFA+ behandling	13 500	ton	4,66
Fällning av förorening i vattenvolymen innanför spont	7 500	m ³	?
Ersättningsmassor från täkt	7 500	m ³	0,45
Utläggning/packning av ersättningsmassor	7 500	m ³	0,38
<i>Osäkerhet i bedömningar, påslag ca 20%</i>			2,3
Bedömd mest sannolik kostnad			14,1

7.2.5 Restriktioner i markanvändning

Efter åtgärden bedöms marken kunna användas för bostadsändamål i likhet med hur syftet beskrivs i det övergripande åtgärds målet. Åtgärden bedöms möjliggöra nödvändig planförändring. Generella restriktioner kring grävarbeten i marken inom hela område B bedöms sannolikt följa med planen.

Restriktioner för kommande byggnation bedöms vara risken för gasbildning och uppträngning av gas. Byggnadstekniska lösningar som förhindrar ånginträngning i byggnader kommer att bli aktuella. I övrigt bedöms åtgärden inte medföra några restriktioner.

Byggnadskonstruktioner, såsom ledningar eller dräneringsrör, får inte placeras i förorenade massor annat än om det förläggs i gjutna kassuner eller motsvarande.

7.2.6 Behov av kontroller och underhåll

I samband med saneringen kan kontroller av grundvatten och jordmassor behöva ske, liksom kontroll av påverkan på ytvatten.

Efter slutförd åtgärd bedöms inte något behov av ytterligare kontroll, underhåll eller skötsel föreligga i området, annat än vid eventuell schaktning (se restriktioner ovan).

7.2.7 Övriga aspekter

Åtgärderna för med sig utsläpp från maskiner och transportfordon under genomförandet. Transporter medför en ökad risk för trafikolyckor och spridning av förorening.

Åtgärdsfasen, med luftning och omrörning av massor, kan tillfälligt bidra till ökad risk för spridning av föroreningarna.

Lukt till omgivningen kan inte uteslutas som en följd av luftningen av de kraftigt förorenade massorna och den passiva avvattningen. Olägenheter för närboende och förbipasserade pga syn- och luktintryck bedöms kunna uppstå. Hanteringen av förorenade och illaluktande massor kan innebära arbetsmiljörisker.

Åtgärderna måste anmälas och i anmälan ska riskerna för ökad spridning till omgivningen vid genomförandet beskrivas och hanteras.

Åtgärderna måste detaljprojekteras, markytor måste hållas tillgängliga.

7.3 Schakt i torrhet

7.3.1 Beskrivning

Åtgärdsalternativet schakt i torrhet innebär att spont och pumpbrunnar installeras, att vatten pumpas upp till magasin, behandlas och återinfiltreras, att massor schaktas upp och transporteras till anläggning för omhändertagande. Schakten återfylls, sponten dras upp och marken inom hela område B täcks över enligt den planerade höjningen av marknivån.

Även för detta alternativ har schaktdjupen 3 och 6 meter under markytan föreslagits (tabell 5), i syfte att kunna jämföra olika alternativ och åtgärdsdjup. Kostnader för schaktdjup däremellan kan uppskattas utifrån dessa beräkningar.

Olika schaktdjup ställer även här olika krav på spontdjup. Spontutredningen visar att för att schakta till 3 meters djup, i torrhet, måste spont slås till 7 meter under marknivå (med hammarband och stämp) alternativt till 12 meter (konsolspont). För att schakta till 6 meters djup, i torrhet, måste spont slås till 13 meter under marknivå (med hammarband och stämp). Grävare med långsticka måste användas i samtliga schaktalternativ.

Alternativet innebär först en bortschaktning av ca 1 meter torra massor som ligger över grundvattennivån. Schaktning i torrhet av massor under grundvattennivån och Munksjöns nivå innebär att schakten inom spont måste länshållas. De tester som har utförts för att utvärdera fyllnadsmaterialets genomsläpplighet visar en hydraulisk konduktivitet på i medeltal ca $3 \cdot 10^{-4}$ m/s. Torrläggning till 3 meters djup är möjlig medan djupare torrläggning till 6 meter ger ett orimligt vattenflöde och är sannolikt inte genomförbart.

Vatten som pumpas upp från länshållningen måste behandlas innan det kan återinfiltreras eller släppas ut till Munksjön. Behandling av vattnet har testats i samband med fältundersökningarna och resultaten visar att kemisk fällning/flockning och sedimentering är en användbar metod för att reducera partiklar och halter i vattnet till en acceptabel nivå (se bilaga 11 till fältrapport, CWE 2013-02-18). Behandling av vatten bedöms kunna göras med ett flöde om upp till 10 l/s. Det innebär att ett eller flera uppsamlingsmagasin om i storleksordningen 200-500 m³ behöver konstrueras för att ta emot länshållningsvatten inför behandling.

Baserat på uppgifter om fyllningsmaterialets mäktighet och hydrauliska egenskaper bedöms infiltration vara möjlig. Infiltrationsförsök har dock inte utförts. Infiltrationsgropens storlek och utformning beror på det grundvattenflöde som behandlas. Platsen för infiltration bör väljas med omsorg med hänsyn till jordmaterialets egenskaper och föroreningsnivån på platsen, för att undvika att det behandlade vattnet för med sig föroreningar till Munksjön.

För åtgärden behöver sammanfattningsvis uppsamlingsmagasin för länsvatten, pumpanordningar och reningsanläggning i flera steg för vatten anläggas i området. Stora ytor måste finnas tillgängliga. Pumpbrunnar installeras i schakten efter att åtgärdsområdena har spontats. Infiltrationsgrop anordnas där behandlat vatten efter kontroll kan släppas ut.

Vid schakt i torrhet kan massor lastas direkt i lastcontainer eller på lastbil för borttransport till mottagare. Slutlig fällning i schakt för inkapsling av löst förorening i kemiskt stabila komplex skulle, om det godkänns, kunna genomföras för att inte kontaminera nya massor. När åtgärden har slutförts dras sponten upp.

Genomförande av åtgärdsalternativet bör ske under sommarhalvåret för att hantering och behandling av vatten ska fungera.

7.3.2 Omfattning

I det första fallet, med schaktning till 3 meter under markytan, beräknas drygt 700 respektive 3060 m³ massor schaktas upp från områdena B1 och B2. Med en antagen densitet om 1,8 ton/m³ omhändertas ca 6 800 ton massor. Dessa massor innehåller en föroreningsmängd om 500-750 kg PAH-16, beräknat som spannet mellan medelhalt och 75-percentil. Utifrån en bedömd föroreningsdjup på mellan 8 och 10 meter blir den procentuella föroreningsreduktionen 30-40 %, antaget att föroreningssituationen är densamma genom hela volymen.

Behandlingen av vatten vid schakt till 3 meter bedöms omfatta upp till 55 000 m³ vatten om åtgärden kan utföras under 2 månaders tid vid ett uppumpat flöde på i medeltal 10 l/s. Räknat på medelhalten i grundvattnet bedöms ca 100-200 kg PAH-16 reduceras genom vattenreningen. Den stora genomströmningen gör att halten i grundvatten bör minska efterhand som grävarbetena pågår. Däremot kan vattnet vara starkt grumligt så en kanske betydande del av föroreningarna som pumpas upp avskiljs genom sedimentering. Vid stor grumling kan således mer föroreningar avskiljas i vattenbehandlingen.

För det andra fallet, med schaktning till 6 meter under markytan bedöms risken för hydrauliskt grundbrott stor och hanteringen av vatten bli mycket omfattande, vilket har gjort att volymer eller möjlig reduktion inte har beräknats för detta alternativ.

7.3.3 Bedömd riskreduktion och måluppfyllelse

Bortschaktning av massor från området minskar exponeringsrisken för höga PAH-halter via inandning av damm, intag av jord och hudkontakt. Risken för exponering minskar ytterligare genom planerad höjning av marknivån. Källan till bildning av gas minskar och avståndet till kvarvarande föroreningar ökar, vilket rimligen medför att gasbildningen och uppträngningen av gas på sikt minskar.

Risken för spridning till Munksjön reduceras eftersom delar av den förorenade jordmatrisen avlägsnas. Ju större bortschaktning av massor, desto mindre bedöms risken bli att spridningen av föroreningar i framtiden skulle öka.

Det föreslagna mätbara åtgärds målet för grundvatten uppfylls sannolikt till den nivå som åtgärd utförs. Medelhalten i hela djupprofilen bedöms inte säkert understiga åtgärds målet för 3-metersalternativet. 6-metersalternativet skulle medföra en bättre måluppfyllelse om det bedömdes som tekniskt genomförbart.

7.3.4 Uppskattad kostnad

De uppskattade kostnaderna för alternativet med 3 meters schaktning i torrhet redovisas i tabell 8. Inga kostnader för det teoretiska alternativet med schaktning i torrhet till 6 meter redovisas, då det inte bedöms tekniskt genomförbart. Den totala åtgärds kostnaden för 3-metersalternativet beräknas bli ca 5 700 kr/m³.

Tabell 8. Kostnadsbedömning alternativ 2:1, schakt i torrhet, 3 meter i åtgärdsområdena B1 och B2. Tiden för länshållning är beräknad på 2 månader i kalkylen.

Aktivitet	Bedömd volym/mängd	Enhet	Uppskattad kostnad (MKr)
Förberedelser, anmälan mm			0,30
Detaljprojektering			0,60
Miljökontroll och dokumentation			0,40
Konsolspont, för schakt till 3 m			2,00
Uppgrävning och transport inom området	3 760	m ³	0,45
Länshållning och rening av vatten	55 000	m ³	11
Transport till mottagningsanläggning	6 768	ton	0,34
Mottagningskostnad massor med halter IFA+ behandling	6 768	ton	2,30
Fällning av förorening vattenvolymen inannför spont	3 760	m ³	?
Ersättningsmassor från täkt	3 760	m ³	0,23
Utläggning/packning av ersättningsmassor	3 760	m ³	0,20
<i>Osäkerhet i bedömningar, påslag ca 20%</i>			3,5
Bedömd mest sannolik kostnad			21,2

7.3.5 Övriga aspekter

Åtgärderna för med sig utsläpp från maskiner och transportfordon under genomförandet. Transporter medför en ökad risk för trafikolyckor och spridning av förorening.

Åtgärdsfasen, med luftning och omrörning av massor, kan tillfälligt bidra till ökad risk för spridning av föroreningarna.

Lukt till omgivningen kan inte uteslutas som en följd av att de kraftigt förorenade massorna som idag ligger under vatten torrläggas och att vattenvolymer måste buffras i uppsamlingsmagasin då behandlingshastigheten troligen inte kan matcha de pumpflöden som erfordras för att torrlägga schakten. Risk för hydrauliskt grundbrott eller vattenuppträckning underifrån gör att mycket vatten kan behöva hanteras. Olägenheter för närboende och förbipasserade pga syn- och luktntryck bedöms kunna uppstå. Hanteringen av förorenade och illaluktande massor och behandling av starkt påverkat vatten kan innebära arbetsmiljörisker.

Åtgärderna måste anmälas och i anmälan ska riskerna för ökad spridning till omgivningen vid genomförandet beskrivas och hanteras.

Åtgärderna måste detaljprojekteras, markytor måste hållas tillgängliga.

7.3.6 Restriktioner i markanvändning

Efter åtgärden bedöms marken kunna användas för bostadsändamål i likhet med hur syftet beskrivs i det övergripande åtgärds målet. Åtgärden bedöms möjliggöra nödvändig planförändring. Generella restriktioner kring grävarbeten i marken inom hela område B bedöms sannolikt följa med planen.

Restriktioner för kommande byggnation bedöms vara risken för gasbildning och uppträngning av gas. Byggnadstekniska lösningar som förhindrar ånginträngning i byggnader kommer att bli aktuella. I övrigt bedöms åtgärden inte medföra några restriktioner.

Byggnadskonstruktioner, såsom ledningar eller dräneringsrör, får inte placeras i förorenade massor annat än om det förläggs i gjutna kassuner eller motsvarande.

7.3.7 Behov av kontroller och underhåll

I samband med saneringen kommer kontroller av i synnerhet grundvatten behöva ske, före, under och efter behandling, innan vattnet kan återinfiltreras eller släppas ut till Munksjön. Kontroll av jord och ytvatten kan bli aktuell.

Efter slutförd åtgärd bedöms inte något behov av ytterligare kontroll, underhåll eller skötsel föreligga i området, annat än vid eventuell schaktning (se restriktioner ovan).

7.4 Frysning

7.4.1 Beskrivning

Åtgärdsalternativet frysning (frysmuddring) innebär att spont installeras, att frysceller läggs ner i schakten (under vatten) och fryser massor som sedan lyfts upp i tunna block och transporteras frysta till anläggning för omhändertagande. Processen upprepas till önskat djup. Schaktning återfylls, sponten dras upp och marken inom hela område B täcks över enligt den planerade höjningen av marknivån.

Metoden frysning (Artificial Groud Freezing) och har använts i större infrastrukturprojekt i Sverige såsom Södra länken och Botniabanan. Inom efterbehandling används metoden vid frysmuddring av sediment i sjöar. Eftersom det förorenade fyllnadsmaterialet i huvudsak ligger under vattennivån bedöms frysning eller frysmuddring vara ett tänkbart åtgärdsalternativ.

I sammanställningen i tabell 5 ovan har två olika djup, 6 och 8-10 meter under markytan, föreslagits. Syftet med 6-metersalternativet är att kunna jämföra frysning med övriga alternativ och det djupare alternativet syftar till att utvärdera kostnaden för åtgärd av hela fyllningens mäktighet. Teoretiskt kan frysning ske av hela fyllnadsmaterialets mäktighet (antaget 10 meters fyllningsdjup) mot att spont måste slås djupare. Kostnader för djup däremellan kan uppskattas från beräkningarna.

Enligt spontutredningen kräver frysning samma spontdjup som schakt under vatten. För frysning och upptag av frysta massor ner till 6 meters djup, under vatten, måste spont slås till 10 meter under marknivå (med hammarband och stämp) och för djup ner till 10 meter måste spont slås till 16 meters djup. Lyftanordning används för att hämta upp de frysta massorna.

Frysningensalternativet innebär först en bortschaktning av massor över grundvattennivån, vilka kan transporteras torra till anläggning för omhändertagande. Därefter sänks frysceller (som kan utgöras av plattor, ca 2-3 m³ stora, eller vertikala rör) ned mot schaktbotten. En kylvätska cirkulerar i fryscellerna och fryser i vertikalled upp till 0,5 meter material på ca 2 dygn. Frysblocken lyfts upp med kran och avlägsnas från fryscellen. Fryscellerna återförs ner till schaktbotten för frysning av nästa nivå eller enhetsvolym. De upptagna jordblocken är då "frystorkade" och innehåller minimalt med vatten jämfört med andra blöta schakt- eller muddermetoder. Transport till godkänd anläggning för mottagande sker av de frysta blocken. Detta alternativ innebär att hantering av blöta massor genom avvattning eller behandling av vatten inte behöver ske inom saneringsområdet.

Åtgärdsalternativet frysning utförs med fördel vintertid.

7.4.2 Omfattning

I det första fallet, med frysning till 6 meter under markytan, beräknas drygt 1 400 respektive 6 100 m³ massor schaktas upp från områdena B1 och B2. Med en antagen densitet om 1,8 ton/m³ omhändertas ca 13 600 ton massor. Dessa massor innehåller en föroreningsmängd om 1 000-1 500 kg PAH-16, beräknat som spannet mellan medelhalt och 75-percentil. Utifrån en bedömd föroreningsdjup på mellan 8 och 10 meter blir den procentuella föroreningsreduktionen 60-75 %, antaget att föroreningssituationen är densamma genom hela volymen.

I det andra fallet, med frysning till 8-10 meter under markytan, beräknas ca 2 400 respektive drygt 10 100 m³ massor schaktas upp från områdena B1 och B2. Med en antagen densitet om 1,8 ton/m³ omhändertas ca 22 600 ton massor. Dessa massor innehåller en föroreningsmängd om 1 700-2 400 kg PAH-16, beräknat som spannet mellan medelhalt och 75-percentil. Utifrån en bedömd föroreningsdjup på mellan 8 och 10 meter blir den procentuella föroreningsreduktionen 80-100 %.

7.4.3 Bedömd riskreduktion och måluppfyllelse

Frysning och bortförsel av massor från området minskar exponeringsrisken för höga PAH-halter via inandning av damm, intag av jord och hudkontakt. Risken för exponering minskar ytterligare genom planerad höjning av marknivå. Källan till bildning av gas minskar och avståndet till kvarvarande föroreningar ökar, vilket rimligen medför att gasbildningen och uppträngningen av gas på sikt minskar.

Risken för spridning till Munksjön reduceras eftersom delar av den förorenade jordmatrisen avlägsnas. Ju större bortforsling av massor, desto mindre bedöms risken bli att spridningen av föroreningar i framtiden skulle öka.

Det föreslagna mätbara åtgärds målet för grundvatten uppfylls sannolikt till den nivå som åtgärd utförs. Vad medelhalten i hela djupprofilen blir efter åtgärd kan inte säkert förutsägas.

7.4.4 Uppskattad kostnad

De uppskattade kostnaderna för alternativet med frysning och upptag av massor till 6 meter redovisas i tabell 9. Den totala åtgärds kostnaden för 6-metersalternativet beräknas bli ca 2 600 kr/m³.

Kostnader för frysning och upptag av massor till 8-10 meters djup visas i tabell 10. Den totala åtgärds kostnaden för 8-10-metersalternativet beräknas bli ca 2 500 kr/m³.

Tabell 9. Kostnadsbedömning alternativ 3:1, frysning och upptag av massor till 6 meter från åtgärdsområdena B1 och B2.

Aktivitet	Bedömd volym/mängd	Enhet	Uppskattad kostnad (Mr)
Förberedelser, anmälan mm			0,30
Detaljprojektering			0,70
Miljökontroll och dokumentation			0,30
Spont, för frysmuddring till 6m (10 m)			2,80
Frysmuddring, etablering på och av			0,30
Frysmuddring	7 500	m ³	4,50
Transport till mottagningsanläggning	13 500	ton	0,68
Mottagningskostnad massor med halter IFA+avvattnings + behandling	13 500	ton	6,0
Fällning av förorening vattenvolymen inannför spont	7 500	m ³	?
Ersättningsmassor från täkt	7 500	m ³	0,45
Utläggning/packning av ersättningsmassor	7 500	m ³	0,38
Osäkerhet i bedömningar, påslag ca 20%			3,3
Bedömd mest sannolik kostnad			19,6

Tabell 10. Kostnadsbedömning alternativ 3:2, frysning och upptag av massor till 8-10 meter från åtgärdsområdena B1 och B2.

Aktivitet	Bedömd volym/mängd	Enhet	Uppskattad kostnad (MKr)
Förberedelser, anmälan mm			0,30
Detaljprojektering			0,70
Miljökontroll och dokumentation			0,30
Spont, för frysmuddring till 10 m (16 m)			4,30
Frysmuddring, etablering på och av			0,30
Frysmuddring, 10 m	12 600	m ³	7,60
Transport till mottagningsanläggning	22 680	ton	1,20
Mottagningskostnad massor med halter IFA+avvattning + behandling	22 680	ton	10,0
Fällning av förorening vattenvolymen innanför spont	12 600	m ³	?
Ersättningsmassor från täkt	12 600	m ³	0,76
Utläggning/packning av ersättningsmassor	12 600	m ³	0,63
<i>Osäkerhet i bedömningar, påslag ca 20%</i>			5,2
Bedömd mest sannolik kostnad			31,2

7.4.5 Restriktioner i markanvändning

Efter åtgärden bedöms marken kunna användas för bostadsändamål i likhet med hur syftet beskrivs i det övergripande åtgärds målet. Åtgärden bedöms möjliggöra nödvändig planförändring. Generella restriktioner kring grävarbeten i marken inom hela område B bedöms sannolikt följa med planen.

Restriktioner för kommande byggnation bedöms vara risken för gasbildning och uppträngning av gas. Byggnadstekniska lösningar som förhindrar ånginträngning i byggnader kommer att bli aktuella. I övrigt bedöms åtgärden inte medföra några restriktioner.

Byggnadskonstruktioner, såsom ledningar eller dräneringsrör, får inte placeras i förorenade massor annat än om det förläggs i gjutna kassuner eller motsvarande.

7.4.6 Behov av kontroller och underhåll

I samband med åtgärden bedöms inga specifika kontroller annat än kontroll till omgivningen behöva ske.

Efter slutförd åtgärd bedöms inte något behov av ytterligare kontroll, underhåll eller skötsel föreligga i området, annat än vid eventuell schaktning (se restriktioner ovan).

7.4.7 Övriga aspekter

Frysmuddring kräver mycket mer energi än schaktning. För varje fryst kubikmeter massor uppgår elkostnaden till ca 30-50 kr. En fördel med frysmuddringen är dock att energin som väljs kan vara miljömärkt, vilket medför att energin är fossilfri.

Åtgärderna för även med sig utsläpp från maskiner och transportfordon under genomförandet samt vid etablering och avetablering. Transporter medför en ökad risk för trafikolyckor och spridning av förorening.

Lukt till omgivningen förväntas bli liten. Olägenheter för närboende och förbipasserade pga syn- och lukтинtryck bedöms ej uppstå.

Åtgärderna måste anmälas och i anmälan ska riskerna för ökad spridning till omgivningen vid genomförandet beskrivas och hanteras.

Åtgärderna måste detaljprojekteras, markytor måste hållas tillgängliga.

7.5 Hydraulisk inneslutning

7.5.1 Beskrivning

Hydraulisk inneslutning innebär att tätskärm (spont) och tätning av överytan utförs så att föroreningarna kapslas in och kvarlämnas i området. Sponten lämnas kvar. Marken inom hela område B täcks över enligt den planerade höjningen av marknivån.

Inkapsling medför ingen reduktion av själva föroreningskällan, utan minskar enbart exponerings- och spridningsriskerna. Flera typer av barriärer finns; fysiska, hydrauliska, geologiska och biogeokemiska, som syftar till att fastlägga föroreningen på ett sådant sätt att spridningen begränsas. Metoden lämpar sig när föroreningar är svåråtkomliga och förekommer på stora djup under mark- och grundvattenytan.

I detta fall föreslås att en tätskärm eller spont slås så att delområdena B1 och B2 innesluts. Sponten slås ner i naturliga jordlager, ca 12 meter under nuvarande marknivå. Inneslutningen kompletteras genom att överytan tätas, med möjlighet till avluftning av eventuell gas. Därefter övertäcks hela område B till planerad marknivå.

Alternativet innebär att inga massor behöver transporteras till extern anläggning för omhändertagande, inga massor behöver behandlas på plats och ingen vattenbehandling behöver utföras.

Genomförande av åtgärdsalternativet bedöms inte vara årstidsberoende.

7.5.2 Omfattning

Inneslutning innebär att varken fyllnadsmaterial eller grundvatten hanteras, utan föroreningen kapslas in och överytan tätas.

7.5.3 Bedömd riskreduktion och måluppfyllelse

Förorenad jord och grundvatten lämnas kvar och överytan tätas för att förhindra nybildning av grundvatten inom inneslutningen och hindra gas från att okontrollerat tränga upp. Övertäckning av området gör att risken för exponering för höga PAH-halter via inandning av damm, intag av jord och hudkontakt reduceras helt. Mycket höga halter kommer dock att finnas kvar i djupjord (>1,5 meter under ytan). Risken för inandning av ångor från åtgärdsområdet minimeras. Föroreningsnivån i yttjord blir låg.

Risken för spridning till Munksjön minskar från hela fyllningens mäktighet då spanten rostar ihop och blir tät med tiden. Genomströmning och fluktuationer i grundvattenrörelser förhindras, liksom nybildning av grundvatten.

Risk finns att spridning sakta ökar i framtiden, om >100 år enligt spontutredningen. Spanten kan rosta sönder och föroreningsspridningen till Munksjön kan då sakta öka eftersom den förorenade jordmatrisen lämnas kvar.

Det föreslagna mätbara åtgärds målet för grundvatten uppfylls eftersom källan till belastningen till Munksjön från åtgärdsområdena kapslas in.

7.5.4 Uppskattad kostnad

De uppskattade kostnaderna för alternativet med inneslutning redovisas i tabell 11. Den totala åtgärds kostnaden beräknas bli ca 800 kr/m³.

Tabell 11. Kostnadsbedömning alternativ 4:1, inneslutning av åtgärdsområdena B1 och B2.

Aktivitet	Bedömd volym/mängd	Enhet	Uppskattad kostnad (MKr)
Förberedelser, anmälan/tillstånd mm			1,50
Detaljprojektering			0,50
Miljökontroll och dokumentation, även uppföljande kontroll			0,60
Stålspons med tätning			4,90
Tätning, dräneringssystem för gas m.m.	1 300	m ²	0,80
<i>Osäkerhet i bedömningar, påslag ca 20%</i>			1,7
Bedömd mest sannolik kostnad			10,0

7.5.5 Restriktioner i markanvändning

Efter åtgärden bedöms marken kunna användas för bostadsändamål i likhet med hur syftet beskrivs i det övergripande åtgärds målet. Åtgärden bedöms möjliggöra nödvändig planförändring. Generella restriktioner kring grävarbeten i marken inom hela område B bedöms sannolikt följa med planen.

Restriktioner för kommande byggnation kan bli att byggnader inte säkert kan placeras ovanpå inneslutning, alternativt att särskilda konstruktionslösningar behöver utformas för att kunna utnyttja kvartermarken optimalt. Byggnadstekniska lösningar som förhindrar ånginträngning i byggnader kommer att bli aktuella för hela område B. I övrigt bedöms åtgärden inte medföra några restriktioner.

Byggnadskonstruktioner, såsom ledningar eller dräneringsrör, får inte placeras i förorenade massor annat än om det förläggs i gjutna kassuner eller motsvarande.

7.5.6 Behov av kontroller och underhåll

Långsiktig kontroll och administrativa restriktioner kan förväntas från tillsynsmyndigheten. Sannolikt kommer kontroll av grundvatten och spridning till Munksjön att krävas och det kan inte uteslutas att framtida åtgärder kan bli nödvändiga.

7.5.7 Övriga aspekter

En övertäckning och höjning av marknivån med tillhörande anläggande och park, gator och bostäder gör det svårt att i framtiden utföra någon kompletterande åtgärd.

Marken inom området är förorenad och därmed måste eventuella framtida markarbeten föregås av en kontakt med tillsynsmyndigheten för att avgöra om en anmälan om efterbehandling enligt miljöbalken skall lämnas in.

Inneslutning bedöms utifrån förhandsbesked från Länsstyrelsen som anmälningspliktig. Det finns en liten risk att det betraktas som ett förvaringsfall, vilket skulle kunna innebära att inneslutningen blir tillståndspliktig. Tid från framtagande av tillståndsansökan med miljökonsekvensbeskrivning till erhållande av miljödom bedöms vara 1,5-2 år. Utgångsläget för värderingen är dock att åtgärden är anmälningspliktig.

Inneslutning i kombination med tätning kan medföra förändringar av de förhållanden i jordlagren som t ex påverkar löslighet/rörlighet genom ändrade redoxförhållanden. Några aspekter som måste beaktas är spridningsvägar och föroreningarnas benägenhet att transporteras i djupled samt även gasbildning inom inneslutningen. Hållbarhetstiden för inneslutning bedöms till minst 100 år. Under denna period kan nedbrytningsprocesser tänkas ske, eller möjligen kan de stimuleras att ske, för att minska den källterm som i framtiden riskerar att läcka.

Inneslutning kan behöva kompletteras med administrativa åtgärder och kontroller och markanvändningen bör inte förändras så att framtida kompletterande åtgärder förhindras. Det innebär att byggnader lämpligen inte placeras ovanpå inneslutningen.

8 Förslag till riskvärdering

8.1 Allmänt

I detta steg kommer utöver miljö, teknik och ekonomi även andra aspekter att vägas in i en **riskvärdering**, med syftet att identifiera det åtgärdsalternativ som sammantaget är mest fördelaktigt för den aktuella platsen. I en riskvärdering görs till en viss del subjektiva bedömningar men bedömningar och värderingar kommer att beskrivas så transparent som möjligt i detta kapitel. I bilaga 1 återfinns en tabell med samtliga åtgärdsalternativ och värderade aspekter sammanfattade.

Förslaget till riskvärdering har tagits fram av Sweco och diskuterats under processen med beställaren. Resultaten föreslås ligga till grund för diskussion med myndigheterna kring val av åtgärdsalternativ.

8.2 Avgränsning

I samråd med Länsstyrelsen har beslutats att två särskilt förorenade delområden, B1 och B2, inom område B bör åtgärdas. Område B utgör ett 40 000 m² stort område mellan läget för den fd järnvägen och Munksjön som är utfyllt med förorenade massor. Riskvärderingen omfattar åtgärdsområdena B1 och B2 som har avgränsats i riskbedömningen enligt förslaget till åtgärdsplan för grundvatten. En del förutsättningar är givna enligt principbeslut från Länsstyrelsen, 2009-06-24. I **kapitel 7** beskrivs nollalternativet samt fyra huvudförslag till åtgärd som bedöms genomförbara för åtgärdsområdena B1 och B2.

Kombinationsalternativ kan bli aktuella, men några sådana har inte värderats.

8.3 Utvärderingskriterier för åtgärdsalternativ

Följande huvudkriterier värderas vid bedömning av åtgärdsalternativen:

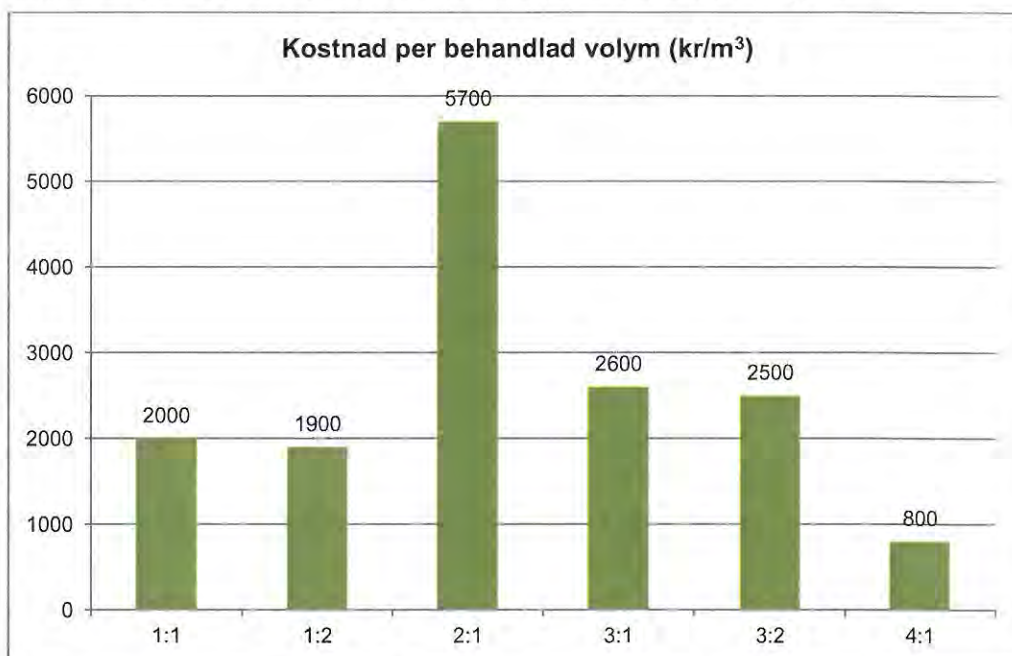
1. **Totalkostnad** – avser kostnad för samtliga ingående moment för själva saneringsinsatsen och effektoppföljningar, men även eventuella framtida kostnader, exempelvis drifts- och underhållskostnader som kan bli aktuella för vissa av åtgärdsförslagen.
2. **Genomförbarhet/projektrisker** – värdering av de tekniska förutsättningarna att lyckas med att uppnå åtgärdsmålen, beständighet etc.
3. **Måluppfyllelse** – värdering av hur väl åtgärden uppfyller de mål och krav som har ställts, såväl övergripande som mätbara mål, samt miljö- och hälsorisker under utförandet av åtgärdena.
4. **Hållbarhet** – värdering av olika parametrar som skydd av naturresurser, resurs- och energihushållning, behov av transporter, restriktioner vid framtida markanvändning etc samt **Mjuka parametrar**, dvs värdering av psykologiska faktorer.

Inom respektive huvudkriterium finns en rad olika aspekter att värdera. Dessa aspekter har betygsatts i en femgradig skala där 5 är bäst och 1 är sämst. Värderingarna är kvalitativa och jämförelse görs mellan de föreslagna åtgärdsalternativen. Resultaten sammanställs i tabeller för respektive huvudkriterium och i ett sammanfattande kapitel 8.4 på slutet och visas även i **bilaga 1**.

8.3.1 Totalkostnad

I tabell 12 finns samtliga värderade aspekter sammanfattande för huvudkriteriet totalkostnad. I åtgärdsutredningens kap 7 har kostnaderna för samtliga ingående moment för själva saneringsinsatsen kostnadsuppskattats för respektive åtgärdsalternativ. Pga jämförelsevis lägst kostnad värderas nollalternativet högst. Alternativen 1:1 (schaktning till 3 meter) och 4:1 (hydraulisk inneslutning) värderas näst högst med en totalkostnad omkring respektive under 10 Mkr. Därefter följer alternativen 1:2 (schaktning till 6 meter) och 3:1 (Frysmuddring till 6 meter) (mellan 10 och 20 Mkr) samt alternativ 2:1 (schaktning i torrhet). Det allra dyraste åtgärdsalternativet är 3:2 (Frysmuddring till 8-10 meter), därav värderas det sämst.

För att jämföra enhetskostnaden för respektive alternativ görs nedan en jämförelse mellan de olika åtgärdsalternativen i kostnad per kubikmeter, se **figur 4**.



Figur 4. Jämförelse av alternativens kostnad per behandlad volym. Av figuren framgår att alternativ 4:1 (inneslutning) är mest kostnadseffektiv, 800 kr/m³. För alternativ 1:1 och 1:2 (schakt under vatten) är kostnaden ca 2 000 kr/m³ med en troligt fallande enhetskostnad vid åtgärd av större volymer. Frysmuddringsalternativen, 3:1 och 3:2 är dyra men allra dyrast är alternativ 2:1 schakt i torrhet.

För samtliga alternativ kommer det att krävas effektuppföljning. Kostnader för denna uppföljning har inte tagits fram. Värdering har gjorts utifrån hur omfattande, kostsam och långsiktig effektuppföljningen bedöms bli. Eftersom alla alternativ kräver viss effektuppföljning har inget alternativ fått höga poäng.

För alternativ 4 tillkommer troligen någon slags drifts- och underhållskostnader, exempelvis gasavledning. Dessa kostnader har inte heller tagits fram, men bedöms ej bli särskilt omfattande varför aspekten värderas till medel.

Slutligen har även projektet totala ekonomiska risk värderats. Nollalternativet bedöms inte innebära några kostnader och har därför värderats högst. Alternativ 4:1 har små ekonomiska risker framförallt vid installation av spont och att en viss kontroll/övervakning kommer att behöva pågå under lång tid. Även alternativ 1:1 har värderats till små risker. Här är det framför allt hanteringen av blöta massor som kan innebära fördyringar, t.ex. kan omhändertagandet vid mottagningsanläggningen öka i de fall massorna måste behandlas eller förbrännas. Samma risker finns i alternativen 1:2, 2:1, 3:1 och 3:2, men eftersom det är större volymer som ska hanteras har riskerna värderats till medel. Schakt i torrhet, 2:1, innebär även ekonomiska risker i form av ökade vattenvolymer och hydrauliskt grundbrott.

Eftersom kostnaden är en avgörande aspekt för val av åtgärdsalternativ har summan av kostnadsaspekterna **viktats två gånger högre** än övriga utvärderingskriterium.

Tabell 12. Sammanställning av parametrar som ingår i kriteriet totalkostnad.

Åtgärdsalternativ	Nollalternativet	Schakt under vatten		Schakt i torrhet	Frysning		Inneslutning
		1:1	1:2		3:1	3:2	
Kostnad för genomförande (Mkr)	0	7,7	14,1	21,2	19,6	31,2	10,0
Kostnad per behandlad volym (kr)	5	4	3	2	2	1	4
Kostnad, effektoppföljning	0	2 000 kr	1 900 kr	5 700 kr	2 600 kr	2 500 kr	800 kr
Drifts- och underhållskostnader	5	3	3	1	2	2	4
Ekonomiska projektrisker	Ja, ej skattad. Under lång tid	Ja, ej skattad	Ja, ej skattad	Ja, ej skattad	Ja, ej skattad	Ja, ej skattad	Ja, ej skattad. Under lång tid
	2	3	4	3	4	4	3
	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja, ej skattad. Under lång tid
	5	5	5	5	5	5	4
	Inga	Små	Medel	Medel	Medel	Medel	Små
	5	4	3	2	3	3	4
Summa	44	38	36	26	32	30	38

8.3.2 Genomförbarhet/Projektrisker

I tabell 13 finns samtliga värderade aspekter sammanfattande för huvudkriteriet genomförbarhet. Samtliga alternativ som tas upp i riskvärderingen bedöms vara genomförbara. Hanteringen av vatten, inflöde i schaktgrop och avvattning är en del i alternativ 1 och 2 som kan orsaka problem under genomförandet. Hydrauliskt grundbrott, dvs upptryckning av vatten underifrån till området innanför sponten kan orsaka enorma mängder vatten att hantera i alternativ 2 (schaktning i torrhet). Detta faktum bedöms dock inte påverka genomförbarheten för schaktningen/frysning enligt alternativ 1 och 3, eftersom dessa åtgärder utförs under vatten. Vid utförande enligt alternativ 1 så kommer mycket blöta massor att tas upp för avvattning, vilket bedöms genomförbart, men kräva stora ytor och troligen någon form av hantering av avvattningsvatten. Åtgärden kan möjligen vara väderberoende och påverkas negativt av mycket nederbörd under avvattningen, både avseende tid och kostnad för t ex vattenrening. Alternativ 3 kräver ingen avvattning av massor eller hantering av vatten inom området. Det finns osäkerheter kring fyllningens innehåll och om det kan finnas stora block eller innehåll av andra större inslag av betong, skrot eller trä, vilka kan försvåra spontning genom fyllningen. Även den naturliga underliggande sandens fasthet kan innebära problem med att få ned sponten till önskat djup. Spontning till olika djup måste utföras för samtliga alternativ 1-4, osäkerheten värderas högre för alternativ med djupare spont.

Ett försök har gjorts att värdera alternativens totala projektrisker. Nollalternativet innebär inga risker och har därmed värderats högst. Alternativ 4:1 värderas till små projektrisker och där bedöms framför allt installationen av spont som en viss risk, vilken även föreligger i övriga spontalternativ. Samma gäller för de båda alternativen frysning. Alternativen schakt under vatten kan vara väderberoende, t.ex. kan ihållande regn försvåra och förlänga tiden för avvattning. För alternativ 2:1 bedöms risken för hydrauliskt grundbrott tillsammans med vattenhanteringen som betydande risker för genomförandet.

Alternativ 1 och 2 är båda beprövade metoder. Schaktning blött och torrt samt behandling av vatten har testats i liten skala inom ramen för genomförda undersökningar och det finns metoder som kommer att fungera för åtgärderna. Alternativ 3 som innebär frysning är också en beprövad metod, dock främst vid sanering av förorenade sediment (frysmuddring). Eftersom vattenhalten är hög i massorna och då sponten bildar som en damm blir metoden densamma som vi frysning av sediment. Inneslutningen i alternativ 4 som består i spontning av en tätspont samt en tätning av ytan för att förhindra infiltration av vatten bedöms också vara en beprövad metod, även om den i viss mån är kontroversiell och inte alltid accepterad som ett alternativ till marksanering.

Genomförandetiden för alternativ 1-3 bedöms vara årstidsbundna. Alternativ 1 och 2 måste utföras sommartid eftersom avvattning och vattenbehandling försvåras vid kyla. Alternativ 3 utförs med fördel vintertid. Den inledande spontningen kan ske fristående innan det att åtgärderna tar vid. Samtliga alternativ bedöms genomförbara på en säsong, oavsett årstid, dvs ca 3-6 månader. Alternativ 1-2 bedöms kunna påbörjas våren 2014, alternativ 3 hösten 2013 och alternativ 4 hösten 2013. Målet att slutföra åtgärderna till januari 2015 uppfylls av samtliga alternativ, varför de värderas lika ur denna aspekt.

Alternativ 1-3 omfattar en reduktion av mängden förorening vilket ger en minskad belastning på Munksjön både på kort och lång sikt. Det finns en risk att halterna i grundvattnet inom åtgärdat område på sikt ökar på grund av att kvarlämnade föroreningar på större djup återförorenar grundvattnet genom jämviktsprocesser. Ju större mängd förorenade massor som avlägsnas desto beständigare värderas alternativet. Alternativ 4 bedöms vara beständig åtminstone i ett hundraårsperspektiv, men spalten kommer att rosta sönder och föroreningarna kommer sakta åter kunna spridas till Munksjön. Det har inte utvärderas huruvida föroreningarna delvis kan ha brutits ner under den långa inneslutningstiden.

Efter att området har omvandlats så som planerats är det mycket svårt att komma till åtgärdsområdena på grund av vägar och byggnader. Reparerbarheten för samtliga alternativ värderas som låg.

Tabell 13. Sammanställning av parametrar som ingår i kriteriet genomförbarhet.

Åtgärdsalternativ	Nollalternativet	Schakt under vatten		Schakt i torrhet	Frysning		Inneslutning
		1:1	1:2		3:1	3:2	
Genomförbarhet, spont	0			2:1			4:1
	Ingen åtgärd	Konsolspont, 9 m	Spont 10 m med hammarband och slämp	Konsolspont 12 m.	Spont 10 m med hammarband och slämp.	Spont 16 m med hammarband och slämp.	Konsolspont 12 m.
Genomförbarhet, vatten	5	4	4	3	3	3	3
	Ingen åtgärd	Awattnig	Som 1:1, men mer avattnig	Länshållning och rening av vatten	Inget vatten att hantera.	Inget vatten att hantera.	Inget vatten att hantera
Projektrisker	5	4	3	2	5	5	5
	Nej	Väderberoende	Större djup, mer massor, väderberoende	Hydrauliskt grundbrott, väderberoende	Små	Små	Små
Beprovad metod	5	4	3	2	4	4	4
	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Genomförandetid	5	5	5	5	5	5	5
	-	Start våren 2014	Som 1:1, men längre tid p.g.a. mer massor att hantera	Som 1:1	Start hösten 2013	Som 3:1, men längre tid p.g.a. mer massor att hantera	Start hösten 2013
Beständighet	5	5	5	5	5	5	5
	Ej beständig	Ja, 30-38 % av föroreningen tas bort. Stor risk att grundvattnet återförorenas.	Ja, 60-75 % av föroreningen tas bort. Risk att grundvattnet återförorenas.	Som alt 1:1	Som alt 1:2	Ja, all förorening tas bort.	Ja, i ett 100-års perspektiv
Summa	1	3	4	3	4	5	5
	26	25	24	20	26	27	27

37 (47)

8.3.3 Måluppfyllelse

I detta kapitel görs en värdering av hur väl åtgärdsalternativen uppfyller de mål och krav som ställts, såväl övergripande som mätbara mål, samt de miljö- och hälsorisker som kan uppstå under utförandet av åtgärderna. I tabell 14 finns samtliga värderade aspekter sammanfattande för huvudkriteriet måluppfyllelse.

Åtgärds mål

Ett av de övergripande åtgärds målen lyder:

Marken inom området skall efter utförda saneringsåtgärder kunna användas för de ändamål som blivande planer för området anger. I detta fall avses flerbostadshus av "stadskaraktär" uppföras på platsen.

Inget av de föreslagna alternativen uppfyller detta övergripande åtgärds mål. Dock förbättras situationen vad gäller ånginträngning i byggnader inom områdena som saneras för åtgärdsalternativen 1-4, där som regel gäller att ju mer massor som tas bort i alternativ 1-3 desto mindre volymer förorenade massor som kan orsaka ångor som kan tränga in i byggnader. Alternativ 4 minskar sannolikt risken för ånginträngning likvärdigt med en djup saneringsåtgärd, eftersom tätskikt kapslar in föroreningen. Det finns dock risk för att alternativ 4 inte får överbyggas. Detta övergripande åtgärds mål är inte av så stor vikt i värderingen eftersom tekniska lösningar för att förhindra ånginträngning i byggnader ändå kommer att bli nödvändiga för byggnation på hela område B, vilket anges i Länsstyrelsens principbeslut.

De platsspecifika riktvärdena för jord togs fram i riskbedömningen 2009. Då föreslogs en uppdelning av riktvärden för ytjord respektive djupjord. Enligt Länsstyrelsens principbeslut bör gränsen gå vid 1,5 meter, men specificeras i anmälningsskedet. Enligt exploatören kommer område B att fyllas med ca 1,5 meter nya massor. Det innebär att kvarvarande fyllnadsmaterial inom ej åtgärdade områden kommer att kategoriseras som djupjord. Halter överstigande riktvärdena för djupjord förekommer i utfyllnaden i område B.

Markmiljön i de förorenade fyllnadsmassorna inom område B är troligen inte särskild gynnsam för marklevande organismer, därav betraktas markmiljön inte vara skyddsvärd i sig. Däremot bedöms förutsättningarna aktivitet i markmiljön förbättras vid genomförande av åtgärd, eftersom de förorenade massorna kommer att ersättas med rena massor vid en åtgärd. Huvuddelen av dessa ersättningsmassor blir antagligen av karaktären sprängsten och kommer att placeras under byggnader eller hårdgjorda ytor, varför förutsättningarna för marklevande organismer främst bedöms öka mellan byggnadskroppar och i parkmiljöerna. Utifrån detta resonemang är inget av åtgärdsalternativen bättre eller sämre än de andra.

Det andra övergripande åtgärds målet lyder:

En strävan bör vara att långsiktigt säkra vattenkvaliteten i såväl Munksjön som Vättern för att därigenom möjliggöra ekologiskt hållbara och variationsrika livsmiljöer. Tillskott av föroreningar från aktuellt område bör minimeras för att minska risken för negativ påverkan på vatten och sediment.

Den kompletterande riskbedömningen har fokuserat på det andra övergripande åtgärds målet och med detta som grund tagit fram ett mätbart åtgärds mål för grundvattnet på 500 µg/l PAH-16. Ett sådant mål ger en procentuell reduktion av tillskottet av PAH-16 till Munksjön på ca 60%, om spridning av föroreningar från hela mäktigheten inom saneringsområdena B1 och B2 kan elimineras. Det mätbara åtgärds målet har använts för att definiera gränserna för åtgärdsområdena B1 och B2, som åtgärderna omfattar. Inom dessa områden kommer PAH-halterna i grundvattnet efter åtgärd genom alternativ 1-3 att bli betydligt lägre än åtgärds målet, dock är det osäkert hur låga halterna kommer att bli och om grundvattnet med tiden genom olika jämviktsprocesser kommer att återförorenas av de förorenade massor som lämnas kvar. Generellt gäller att ju mer massor som tas bort i alternativ 1-3 desto mindre volymer förorenade massor kvarstår, vilka kan återförorena grundvattnet och riskera att belasta Munksjön. Gemensamt för åtgärdsalternativen 1-3 är att en viss volym jord (och grundvatten) tas bort. Genom att reducera föroreningskällan minskar belastningen av föroreningar som kan spridas till Munksjön. För alternativ 4 där en tätspons slås runt åtgärdsområdena med PAH-16 halter över 500 µg/l kan utläckaget från områdena förväntas bli nära noll åtminstone i ett hundraårsperspektiv eller till dess att spanten sakta rostar sönder, då kan läckaget sakta öka. Alternativ 4 värderas som det bästa alternativet när det gäller reduktionen av PAH-belastningen till Munksjön, åtminstone för hundraårsperspektivet, men kanske även i ett betydligt längre tidsperspektiv eftersom alternativen 1-3 i varierande grad kommer att medföra belastning av föroreningar till Munksjön även under de närmaste hundra åren. För alternativen 1-3 värderas de alternativ som tar bort störst volym förorenade massor högst.

Miljö- och hälsorisker under utförandet av åtgärderna

Åtgärdsalternativen 1-3 som alla innebär att förorenade massor hanteras på plats, antingen genom schaktning eller frysning, kan tillfälligt bidra till ökad risk för spridning av föroreningarna. Alternativen 1 och 2 värderas som störst risk eftersom dessa även kräver att massorna läggs upp (för alternativ 2 dock bara tillfälligt) och att stora volymer förorenat vatten ska hanteras och behandlas och sedan infiltreras eller släppas ut till Munksjön. Alternativ 3 innebär en liten risk för spridning eftersom frystekniken innebär att grumlingen blir liten och massorna är frysta när de tas upp och transporteras till mottagningsanläggning. Nollalternativet bedöms inte medföra några ökade miljö- och hälsorisker medan alternativ 1-4 möjligen för med sig en viss risk för ökad spridning i samband med installation av spont.

Omgivningspåverkan i samband med åtgärder enligt alternativ 1-3 är bland annat ökad risk för trafikolyckor och spridning av förorening i samband med transporter av förorenade massor till mottagningsanläggning. Omgivningen kan även påverkas genom damning och lukt vid luftning, omrörning och avvattning av massor. Olägenheter för närboende och förbipasserade pga syn- och lukttintryck bedöms kunna uppstå. Även buller från åtgärderna, särskilt vid installation av spont, men även vid schakt och transportarbetena bedöms kunna påverka omgivningarna. Hanteringen av förorenade och illaluktande massor kan innebära arbetsmiljörisker. Omgivningspåverkan värderas högre för alternativen 1 och 2 än för alternativ 3 där massorna är frusna och ingen

vattenbehandling eller avvattnning sker på plats. Nollalternativet bedöms inte ge någon omgivningspåverkan medan alternativ 4 en viss omgivningspåverkan då framföra allt genom syn och buller vid installation av spont.

För samtliga alternativ planeras uppfyllning med massor efter åtgärd. Denna påverkan är likvärdig oavsett saneringsåtgärd och har därför inte värderats.

Tabell 14. Sammanställning av parametrar som ingår i kriteriet måluppfyllelse

Åtgärdsalternativ	Nollalternativet	Schakt under vatten		Schakt i torrhet	Frysning		Inneslutning
		1:1	1:2		3:1	3:2	
Hälsorisker på området efter åtgärd	0 Reduceras i och med påförandet av 1,5 m rena massor	1:1 Reduceras men kvarstår	1:2 Som alt 1:1 men reduktionen är större	2:1 Som alt 1:1	3:1 Som alt 1:1 men reduktionen är större	3:2 Som alt 3:1 men reduktionen är större	4:1 Inga risker kvarstår
Miljörisker på området efter åtgärd	2 Oförändrade	3 Reduceras men kvarstår	4 Som alt 1:1 men reduktionen är större	3 Som alt 1:1	4 Som alt 1:1 men reduktionen är större	5 Som alt 3:1 men reduktionen är större	5 Reduceras kraftigt
Reduktion av spridning till Munksjön	1 Oförändrad	2 Reduceras men kvarstår	3 Som alt 1:1 men reduktionen är större	2 Som alt 1:1	3 Som alt 1:1 men reduktionen är större	4 Som alt 3:1 men reduktionen är större	4 Betydande
Miljörisker under åtgärd	1 Inga	2 Risker relaterade till schaktning och hantering av blöta massor, avattning och transport	4 Som alt 1:1 men större mängd massor att hantera och transportera	2 Risker relaterade till schaktning och hantering av massor och transport	4 Små risker	5 Små risker	5 Små risker
Hälsorisker under åtgärd	5 Inga	3 Risker relaterade till schaktning och hantering av blöta massor, avattning och transport	2 Som alt 1:1 men större mängd massor att hantera och transportera	4 Risker relaterade till schaktning och hantering av massor och transport	5 Små risker. Transporter	5 Som alt 3:1 men fler transporter	5 Små risker
Störningar på omgivningen under åtgärd	5 Inga	3 Transporter, syn och lukt	2 Som alt 1:1 men större mängd massor att hantera och transportera	4 Transporter, syn, lukt och damm	4 Transporter	4 Transporter	5 Små störningar
Summa	19	16	18	18	24	27	29

41 (47)

8.3.4 Hållbarhet

I detta kapitel görs en värdering av olika parametrar som tillsammans kan visa på åtgärdernas hållbarhet utifrån miljö och sociala aspekter. De ekonomiska aspekterna som också ingår i hållbarhetsbegreppet utvärderas i kap 8.3.2, totalkostnad. Hållbarhetsaspekterna värderas endast på en övergripande nivå och många fler parametrar finns att värdera. Samhällsekonomiska aspekter har inte värderats. I tabell 15 finns samtliga värderade aspekter sammanfattande för huvudkriteriet hållbarhet.

Socialt hållbart

Projektet i sin helhet innebär en omvandling av ett centralt beläget och sjönära industriområde till en ny stadsdel med bostäder, handel och kontor, vilket medför stora positiva förändringar utifrån den sociala aspekten jämfört med dagens inhägnade industriområde. Människor kommer genom omvandlingen att få tillgång till området och Munksjöstranden. Den så populära hälsans väg som leder runt Munksjön kommer att kunna förläggas nära Munksjön genom parkmiljö istället för som idag inklämd mellan industri och den högtfärdade Barnarpsgatan. Två av Munksjöfabrikens byggnader kommer att lämnas kvar och restaureras, vilket värderas positivt utifrån kulturmiljö-aspekten, då en del av Jönköpings historia bevaras. Åtgärdsalternativen 1-4 möjliggör en förändring av detaljplanen för området och medför att omvandlingen kan genomföras, vilket för att dessa alternativ värderas lika. Nollalternativet kan dock innebära att omvandlingen inte kan genomföras fullt ut.

Förutom de faktiska miljö- och hälsorisker som finns inom området, i huvudsak inträngning av ånga i byggnader och skyddet för markmiljö, kan människor känna oro vid vetskap om att jord och grundvatten är förorenat (existensvärde). Frågor som kan komma att ställas kan vara; Är det farligt för mig att bo i området? Vill jag ha mitt barn på förskolan intill de kvarlämnade föroreningarna? Vad händer om mitt barn kommer i kontakt med marken inom området? Om föroreningar lämnas kvar och byggnadstekniska lösningar och uppfyllnad av rena massor för att förhindra ånginträngning och direktexponering genomförs är det inte säkert att oron fullt ut elimineras även om de faktiska riskerna har hanterats. Det finns även en risk att sådan oro försämrar marknadsvärdet för bostäderna.

Sanering enligt åtgärdsalternativen 1-3 värderas lika vad gäller existensvärde utifrån att det faktiskt sker en reduktion av förorenade massor från området. Alternativen som tar bort mer värderas något högre. För alternativ 4 som innebär en inneslutning så bedöms oron finnas kvar dock kanske inte i samma grad som om inga åtgärder vidtas enligt nollalternativet.

Miljömässigt hållbart

Restriktioner vid framtida markanvändning kommer att bli aktuella oavsett vilket åtgärdsalternativ som väljs. Alternativen 1-3 värderas lika. Byggnation över inneslutning enligt alternativ 4 kan medföra att konstruktionslösningar behöver till för att kunna utnyttja kvartersmarken, då man troligtvis inte bör påla genom tätskiktet/inom inneslutningen.

Eftersom en konstruktion lämnas i marken kan eventuellt tillsynmyndigheten ställa krav på att konstruktionens ska vara åtkomlig vid behov av reparationer och kontroll. Detta behöver inte innebära hinder för en byggherre som kan hitta flexibla lösningar att behålla konstruktionen åtkomlig. Nollalternativet innebär troligtvis att inga byggnader kan anläggas ovan åtgärdsområdena B1 och B2. Vid framtida markarbeten måste föroreningsituationen beaktas oberoende vilket av alternativen som väljs. Hela område B kommer enligt Länsstyrelsens principbeslut att kräva byggnadstekniska lösningar för att förhindra inträngning av gas, där har de olika åtgärdsalternativen troligen ingen betydelse.

Ersättningsmassor som behövs för att återfylla i alternativen 1-3 kommer ej vara naturgrus utan bestå av bergkross. För alternativa 0 och 4 krävs inga ersättningsmassor (utöver de massor som ska användas för att höja marknivån i hela området), vilket medför att dessa alternativ värderas högre än alternativ 1-3.

Frysmuddring (alternativ 3) kräver mer energi än schaktning (alternativ 1 och 2). För varje fryst kubikmeter massor uppgår elkostnaden till ca 30-50 kr. En fördel med frysmuddringen är dock att energin som väljs kan vara miljömärkt, vilket medför att energin är fossilfri. Schaktning med grävmaskin utförs med fossila bränslen.

För alternativen 1-3 innebär att förorenade massor måste transporteras till en eller flera mottagningsanläggningar. Transporterna kommer att ske med lastbil då inga alternativa transportsätt finns. I denna rapport har vi antagit transportavståndet till Jönköpings kommuns mottagningsanläggning, Miljön (Hults avfallsanläggning), vilken ligger ca 17 km från åtgärdsområdet. Återfyllnadsmassorna hämtas antagligen från ett område strax söder om Jönköping. Samma transportavstånd gäller för alternativ 1-3.

Behov av energi och transporter ökar ju mer förorenade massor som tas bort, vilket medför att nollalternativet och alternativ 4 värderas bäst och alternativen 1-3 sämre ju mer förorenade massor som tas bort. Alternativ 3 värderas sämst eftersom frysning kräver mycket energi, om än nödvändigtvis inte fossil.

Tabell 15. Sammanställning av parametrar som ingår i kriteriet hållbarhet och mjuka parametrar.

Åtgärdsalternativ	Nollalternativet	Schakt under vatten		Schakt i torrhet	Frysning		Inneslutning
		1:1	1:2		3:1	3:2	
Kultur- och naturmiljö, rekreativsvärde	Omvandlingsplanerna kanske ej genomförbara fullt ut, tillgängligheten kan bli begränsad.	5	Som alt 1:1	Som alt 1:1	Som alt 1:1	Som alt 1:1	Som alt 1:1
	3	5	5	5	5	5	5
	Risk för oro	Risk för oro bedöms som liten.	Som 1:1, dock tas mer föreningar bort	Som 1:1, dock tas mer föreningar bort	Som 1:1, dock tas mer föreningar bort	Som 1:1, dock tas mer föreningar bort	Inga föreningar tas bort. Risk för oro.
Existensvärde	1	4	5	4	5	5	3
Framtida markanvändning och ev restriktioner	Restriktioner för markanvändning. Byggnadstekniska lösningar krävs. Byggnation tillåts troligen inte inom B1 och B2	Restriktioner för markanvändning. Byggnadstekniska lösningar krävs.	Som alt 1:1	Som alt 1:1	Som alt 1:1	Som alt 1:1	Som alt 1:1. Konstruktion som lämnas i marken och som behöver vara åtkomlig.
	1	3	3	3	3	3	2
		Fossil energi för spionting och scahkning. Ersättnings-massor, dock ej naturgrus.	Som alt 1:1 men mer massor att hantera.	Som alt 1:1	Som alt 1:2. Mycket energi för frysning, dock ej fossil.	Som alt 3:1 men mer energi behövs och mer massor att hantera.	Fossil energi vid spionting. Inga ersättningsmassor.
Resurs- och energihushållning	Kräver ej resurser och energi	3	3	3	2	2	4
Behov av transporter	Kräver ej transporter	Ja, men relativt korta avstånd	Som alt 1:1 men mer massor att transportera	Som alt 1:1	Som alt 1:2	Som alt 3:1 men mer massor att transportera	Ja, anläggnings-material, men inga massor.
	5	3	2	3	2	1	4
	15	18	18	18	17	16	18

44 (47)

RAPPORT
2013-04-22

KOMPLETTERING TILL "ÅTGÄRDSUTREDNING MED
KOSTNADSBEDÖMNING" FÖR SÖDRA MUNKSJÖOMRÅDET 2009-
05-14

8.4 Sammanställning och sammanvägning av urvalskriterierna

I tabell 16 finns samtliga värderade aspekter sammanvägda. Sammanställning med text finns i **bilaga 1**. Resultaten från riskvärdering pekar på att det alternativ som är mest fördelaktigt är alternativ 4:1, hydraulisk inneslutning. Det bedöms vara ett kostnadseffektivt alternativ som ger bäst måluppfyllelse och metoden är fullt jämförbar med övriga alternativ, där källtermen tas bort istället för innesluts, när det kommer till hållbarhet.

Tabell 16. Sammanvägd riskvärdering för södra Munksjöområdet.

Åtgärdsalternativ	Nollalternativet	Schakt under vatten		Schakt i torrhet	Frysning		Inneslutning
	0	1:1	1:2	2:1	3:1	3:2	4:1
Totalkostnad							
Kostnad för genomförande (MKr)	5	4	3	2	2	1	4
Kostnad per behandlad volym (kr)	5	3	3	1	2	2	4
Kostnad, effektoppföljning	2	3	4	3	4	4	3
Drifts- och underhållskostnader	5	5	5	5	5	5	4
Ekonomiska projektrisker	5	4	3	2	3	3	4
Summa	44	38	36	26	32	30	38
Genomförbarhet							
Genomförbarhet, spont	5	4	4	3	3	3	3
Genomförbarhet, vatten	5	4	3	2	5	5	5
Projektrisker	5	4	3	2	4	4	4
Beprövad metod	5	5	5	5	5	5	5
Genomförandetid	5	5	5	5	5	5	5
Beständighet	1	3	4	3	4	5	5
Summa	26	25	24	20	26	27	27
Måluppfyllelse							
Hälsorisker på området efter åtgärd	2	3	4	3	4	5	5
Miljörisker på området efter åtgärd	1	2	3	2	3	4	4
Reduktion av spridning till Munksjön	1	2	4	2	4	5	5
Miljörisker under åtgärd	5	3	2	4	5	5	5
Hälsorisker under åtgärd	5	3	2	4	4	4	5
Störningar på omgivningen under åtgärd	5	3	3	3	4	4	5
Summa	19	16	18	18	24	27	29
Hållbarhet							
Kultur- och naturmiljö, rekreationsvärde	3	5	5	5	5	5	5
Existensvärde	1	4	5	4	5	5	3
Framtida markanvändning, ev restriktioner	1	3	3	3	3	3	2
Resurs- och energihushållning	5	3	3	3	2	2	4
Behov av transporter	5	3	2	3	2	1	4
Summa	15	18	18	18	17	16	18
Total poängsumma	104	97	96	82	99	100	112

9 Fastställande av mätbara åtgärds mål

Mätbara åtgärds mål fastställs efter att Länsstyrelsen kommenterat vilka åtgärdsalternativ myndigheten kan acceptera och efter att exploatören har bestämt vilket åtgärdsalternativ som baserat på detta slutligen väljs. Mätbara åtgärds mål formuleras i en PM.

Litteraturreferenser

NV rapport 5637. *Åtgärdslösningar – erfarenheter och tillgängliga metoder*. Naturvårdsverket 2006.

NV rapport 5978. *Att välja efterbehandlingsåtgärd*. Naturvårdsverket 2009.

Golder Associates AB, *Schaktning och termisk behandling av PAH-förorenade massor på kv. Lyftkranen, Miljökontroll*, daterad 2006-09-13.

Åtgärdsalternativ	Nollalternativet	Schakt under vatten		Schakt i torrhet	Frysning		Inneslutning
	0	1:1	1:2	2:1	3:1	3:2	4:1
Totalkostnad							
Kostnad för genomförande (MKr)	0	7,7	14,1	21,2	19,6	31,2	10,0
	5	4	3	2	2	1	4
Kostnad per behandlad volym (kr)	0	2 000 kr	1 900 kr	5 700 kr	2 600 kr	2 500 kr	800 kr
	5	3	3	1	2	2	4
Kostnad, effektuppföljning	Ja, ej skattad. Under lång tid	Ja, ej skattad	Ja, ej skattad	Ja, ej skattad	Ja, ej skattad	Ja, ej skattad	Ja, ej skattad. Under lång tid
	2	3	4	3	4	4	3
Drifts- och underhållskostnader	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja, ej skattad. Under lång tid
	5	5	5	5	5	5	4
Ekonomiska projektrisker	Inga	Små	Medel	Medel	Medel	Medel	Små
	5	4	3	2	3	3	4
Summa	44	38	36	26	32	30	38
Genomförbarhet							
Genomförbarhet, spont	Ingen åtgärd	Konsolspont, 9 m	Spont 10 m med hammarband och stämp	Konsolspont 12 m.	Spont 10 m med hammarband och stämp.	Spont 16 m med hammarband och stämp.	Konsolspont 12 m.
	5	4	4	3	3	3	3
Genomförbarhet, vatten	Ingen åtgärd	Awattning	Som 1:1, men mer awattning	Länshållning och rening av vatten	Inget vatten att hantera.	Inget vatten att hantera.	Inget vatten att hantera
	5	4	3	2	5	5	5
Projektrisker	Nej	Väderberoende	Större djup, mer massor, väderberoende	Hydrauliskt grundbrott, väderberoende	Små	Små	Små
	5	4	3	2	4	4	4
Beprövad metod	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	5	5	5	5	5	5	5
Genomförandetid	-	Start våren 2014	Som 1:1, men längre tid p.g.a mer massor att hantera	Som 1:1	Start hösten 2013	Som 3:1, men längre tid p.g.a. mer massor att hantera	Start hösten 2013
	5	5	5	5	5	5	5
Beständighet	Ej beständig	Ja, 30-38 % av föroreningen tas bort. Stor risk att grundvattnet återförorenas	Ja, 60-75 % av föroreningen tas bort. Risk att grundvattnet återförorenas.	Som alt 1:1	Som alt 1:2	Ja, all förorening tas bort.	Ja, i ett 100-års perspektiv
	1	3	4	3	4	5	5
Summa	26	25	24	20	26	27	27
Måluppfyllelse							
Hälsorisker på området efter åtgärd	Reduceras i och med påförandet av 1,5 m rena massor	Reduceras men kvarstår	Som alt 1:1 men reduktionen är större	Som alt 1:1	Som alt 1:1 men reduktionen är större	Som alt 3:1 men reduktionen är större	Inga risker kvarstår
	2	3	4	3	4	5	5
Miljörisker på området efter åtgärd	Oförändrade	Reduceras men kvarstår	Som alt 1:1 men reduktionen är större	Som alt 1:1	Som alt 1:1 men reduktionen är större	Som alt 3:1 men reduktionen är större	Reduceras kraftigt
	1	2	3	2	3	4	4
Reduktion av spridning till Munksjön	Oförändrad	Reduceras men kvarstår	Som alt 1:1 men reduktionen är större	Som alt 1:1	Som alt 1:1 men reduktionen är större	Som alt 3:1 men reduktionen är större	Betydande
	1	2	4	2	4	5	5

Åtgärdsalternativ	Nollalternativet	Schakt under vatten		Schakt i torrhet	Frysning		Inneslutning
	0	1:1	1:2	2:1	3:1	3:2	4:1
Miljörisker under åtgärd	Inga	Risker relaterade till schaktning och hantering av blöta massor, avattning och transport	Som alt 1:1 men större mängd massor att hantera och transportera	Risker relaterade till schaktning och hantering av massor och transport	Små risker	Små risker	Små risker
	5	3	2	4	5	5	5
Hälsorisker under åtgärd	Inga	Risker relaterade till schaktning och hantering av blöta massor, avattning och transport	Som alt 1:1 men större mängd massor att hantera och transportera	Risker relaterade till schaktning och hantering av massor och transport	Små risker. Transporter	Som alt 3:1 men fler transporter	Små risker
	5	3	2	4	4	4	5
Störningar på omgivningen under åtgärd	Inga	Transporter, syn och lukt	Som alt 1:1 men större mängd massor att hantera och transportera	Transporter, syn, lukt och damm	Transporter	Transporter	Små störningar
	5	3	3	3	4	4	5
Summa	19	16	18	18	24	27	29
Hållbarhet							
Kultur- och naturmiljö, rekreativvärde	Omvandlings-planerna kanske ej genomförbara fullt ut, tillgängligheten kan bli begränsad.	Omvandlings-planerna går att genomföra.	Som alt 1:1	Som alt 1:1	Som alt 1:1	Som alt 1:1	Som alt 1:1
	3	5	5	5	5	5	5
Existensvärde	Risk för oro	Risk för oro bedöms som liten.	Som 1:1, dock tas mer föroreningar bort	Som 1:1	Som 1:1, dock tas mer föroreningar bort	Som 1:1, dock tas mer föroreningar bort	Inga föroreningar tas bort. Risk för oro.
	1	4	5	4	5	5	3
Framtida markanvändning och ev restriktioner	Restriktioner för markanvändning. Byggnadstekniska lösningar krävs. Byggnation tillåts troligen inte inom B1 och B2	Restriktioner för markanvändning. Byggnadstekniska lösningar krävs.	Som alt 1:1	Som alt 1:1	Som alt 1:1	Som alt 1:1	Som alt 1:1. Konstruktion som lämas i marken och som behöver vara åtkomlig.
	1	3	3	3	3	3	2
Resurs- och energihushållning	Kräver ej resurser och energi	Fossil energi behövs vid spontning och schaktning. Ersättnings-massor, dock ej naturgrus.	Som alt 1:1 men mer massor att hantera.	Som alt 1:1	Som alt. 1:2. Mycket energi behövs för frysning, dock ej fossil.	Som alt 3:1 men ännu mer energi behövs och mer massor att hantera.	Fossilenergi behövs vid spontning. Inga ersättnings-massor.
	5	3	3	3	2	2	4
Behov av transporter	Kräver ej transporter	Ja, men relativt korta avstånd	Som alt 1:1 men mer massor att transportera	Som alt 1:1	Som alt 1:2	Som alt 3:1 men mer massor att transportera	Ja, anläggnings-material, men inga massor.
	Kräver ej transporter	Ja, men relativt korta avstånd	Som alt 1:1 men mer massor att transportera	Som alt 1:1	Som alt 1:2	Som alt 3:1 men mer massor att transportera	Ja, anläggnings-material, men inga massor.
Summa	5	3	2	3	2	1	4
Summa	15	18	18	18	17	16	18
Total poängsumma	104	97	96	82	99	100	112

RAPPORT

TOLUST EXPLOATERINGS AB

Södra Munksjöområdet. Spontutredning för åtgärdsområdena B1 och B2

UPPDRAGSNUMMER 1300778220



2013-03-21

SWECO ENVIRONMENT AB
GÖTEBORG SWECO GEOTEKNIK

Louise Johansson
Uppdragsledare

Per Lager
Bitr uppdagsledare, handläggare

Urban Högsta
Kvalitetsgranskning

1 (14)

Sweco
Gullbergs Strandgata 3
Box 2203
SE-403 14 Göteborg, Sverige
Telefon +46 (0)31 627500
Fax +46 (0)31 627722
www.sweco.se

Sweco Infrastructure AB
Org.nr 556507-0868
Styrelsens säte: Stockholm

Per Lager
Göteborg
Telefon direkt +46 (0)31 627584
Mobil +46 (0)702613826
per.lager@sweco.se

JLEJ p:\1353\1300778_s._munksjöområdet\220_spontutredning\19 original\spontutredning_2013-03-21.docx

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

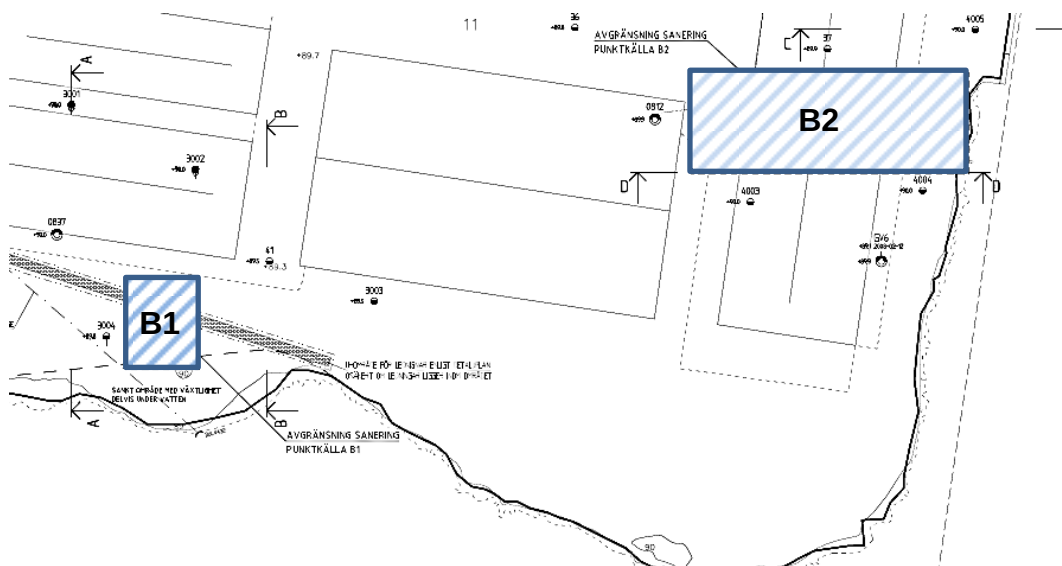
1	Uppdrag	3
2	Underlag	4
3	Studerade alternativ	4
3.1	Schakt i torrhet	5
3.2	Schakt under vatten	6
3.2.1	Frysmuddring	6
3.3	Tätskärm som isolerar föroreningen (Hydraulisk inneslutning)	6
3.3.1	Tätskärm med stålspons	7
3.3.2	Tätskärm med plastspont	7
3.3.3	Tätskärm med plastpaneler	7
4	Resultat	7
4.1	Schakt i torrhet	8
4.2	Schakt under vatten	9
5	Bedömda kostnader	9
5.1	Schakt i torrhet	10
5.2	Schakt under vatten	11
5.3	Tätskärm för isolering av förorening (Hydraulisk inneslutning)	11
5.4	Utrednings- och projekteringskostnader	12
6	Sammanfattning kostnader	13
7	Osäkerheter	13

Bilagor

Bilaga 1	Produktblad Geoflex
Bilaga 2	Produktblad Geolock
Bilaga 3	Kostnadsberäkningar

1 Uppdrag

På uppdrag av Tolust Ett AB utför Sweco Environment en åtgärds- och kostnadsutredning för förorenade områden inom södra Munksjöområdet. Två punktkällor, B1 och B2, har identifierats, och åtgärdsområdena vilka redovisas i figur 1 och 2 har avgränsats utifrån föroreningsituationen i grundvattnet. I figur 1 framgår bl.a. tidigare bebyggelse, vilken har rivits under 2012, och figur 2 visar planerad bebyggelse enligt ej antagen detaljplan.



Figur 1 De aktuella åtgärdsområdena B1 och B2. I figuren framgår även äldre, nu rivna, bebyggelse.



Figur 2 B1 och B2:s läge i förhållande till planerad bebyggelse (källa: Jönköpings kommun). Observera att plan för kommande bebyggelse inte är fastställd.

Det löst lagrade fyllnadsmaterialet och den stora vattenmättnaden samt närheten till Munksjön gör att spontning är en förutsättning för all form av schaktning eller upptagande av massor.

Syftet med denna rapport är att studera ett antal åtgärdsalternativ med schakt inom spont till olika djup samt ett alternativ där föroreningen isoleras med hjälp av en tätskärm (hydraulisk inneslutning). Rapporten behandlar bara själva spontkonstruktionen och inte masshantering såsom schakt och behandling av förorenad jord. Denna rapport ska sedan utgöra del av beslutsunderlag för kostnadsbedömning och val av åtgärd.

2 Underlag

Som underlag har följande använts:

- Södra Munksjöområdet, Markteknisk undersökningsrapport (MUR), för punktkälla B1 och B2. Sweco Infrastructure AB, uppdragsnr 1300778210. 2013-02-18.
- Munksjö Industriområde södra delen. Planerat exploateringsområde. Geoteknisk undersökning, Rapport och Projekteringsunderlag. Sweco VBB, uppdragsnr 2201450. 2008-05-16.

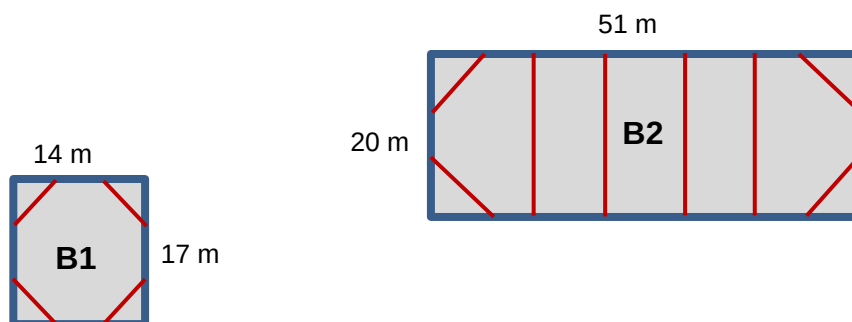
3 Studerade alternativ

För att få fram underlag för beslut har ett antal olika lösningar studerats. Observera att det inte är någon detaljerad dimensionering/projektering av spontkonstruktioner som har utförts utan beräkningar har baserats på förenklade modeller från tillgängligt underlag. Spontberäkningar har utförts enligt IEG Rapport 2:2009 / Sponthandboken och fyllningen har förutsatts ha följande karakteristiska materialparametrar:

Tabell 1. Antagna karakteristiska materialparametrar i fyllnadsjorden.

Tunghet, γ	17 kN/m ³
Effektiv tunghet under GW, γ'	11 kN/m ³
Friktionsvinkel, ϕ'	30°

De avgränsade punktkällorna, B1 och B2, med ungefärliga mått, framgår schematiskt av figur 3. Som förutsättning för beräkningarna har spontkonstruktionen utförts med hammarband och stämp vars antal och dimension varierar från fall till fall. Även ett alternativ med konsolspont, utan hammarband och stämp, har studerats där detta ansetts rimligt (vid mindre schaktdjup). **Antagna spontkonstruktioner förutsätter schakt med grävmaskin som har tillräcklig räckvidd, så kallad långgrävare med minst 15 m räckvidd.** Med hänsyn till vilken metod för mass- och vattenhantering så kan det bli aktuellt med exempelvis flera mindre spontkonstruktioner för B2 istället för en större. Detta får i sådana fall utredas mer i detalj men framräknade spontlängder kan anses gälla även för en sådan lösning.

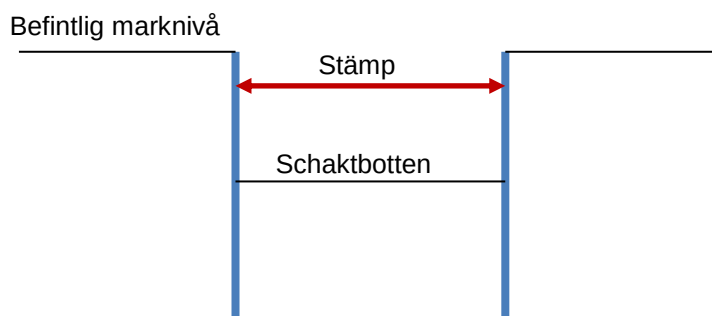


Figur 3. Principskiss i plan för spontkonstruktion med hammarband och stämp runt punktkälla B1 och B2. Läge, dimension och antal varierar från fall till fall.

3.1 Schakt i torrhet

För att få ett enklare schaktförfarande i den mycket lösa och vattengenomsläppliga fyllningen kan schakten eventuellt utföras i torrhet. Riskerna med hydrauliskt grundbrott (vattenströmning under sponten i riktning mot schaktbotten) och möjligheten att hantera de stora vattenmängderna är dock betydande. Hittills utförda studier tyder på att schakt i torrhet är näst intill omöjligt. Alternativet med torr schakt har ändå beräknats i denna rapport om senare utredningar tyder på att utförandet trots allt är möjligt.

Beräkningar för en torr schakt har utförts för fyra olika schaktdjup (3, 4, 5 och 6 m). För samtliga schaktdjup har en stäpad konstruktion förutsatts och för 3 m schaktdjup har även en konsolspont studerats. Generellt har hammarband och stämp förutsatts installeras 1 m under befintlig marknivå (för 6 m schakt: 2 m under marknivån). För principskiss se figur 4.



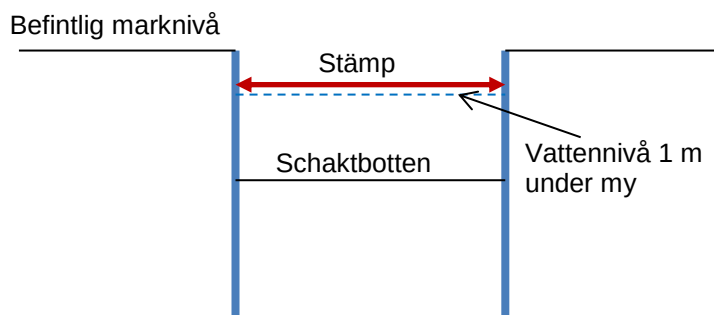
Figur 4. Principsektion för spontkonstruktion med hammarband och stämp vid schakt i torrhet.

Resultat i form av erforderliga spontlängder mm återfinns i kapitel 4.

3.2 Schakt under vatten

För att minska spontmängder och risker med hydraulisk grundbrott kan schakten utföras under vatten. Detta ger en besvärligare schakt då massorna sannolikt blir väldigt lösa och hanteringen försvåras.

Även för schakt under vatten har 3, 4, 5 och 6 m schaktdjup inom en stämpad konstruktion studerats. Ett alternativ med större schaktdjup, 10 m, har också beräknats. För schaktdjup 3 och 4 m har även konsolspont studerats. Vattennivån inom schakten har förutsatts vara 1 m under befintlig markyta, se principskiss i figur 5.



Figur 5. Principsektion för spontkonstruktion med hammarband och stämp vid schakt under vatten.

Resultat i form av erforderliga spontlängder mm återfinns i kapitel 4.

3.2.1 Frysmuddring

Ett alternativ till schakt under vatten är så kallad frysmuddring som utförs genom att massorna på schaktbotten fryses ned och sedan plockas upp i "block". Då denna frysmetod innebär att endast några decimeter i taget av jorden fryser så bedöms samma form av spontkonstruktion som för traditionell schakt under vatten krävas.

3.3 Tätskärm som isolerar föroreningen (Hydraulisk inneslutning)

Ett alternativ till schakt och hantering av förorenade massor är att istället isolera de förorenade massorna med någon form av tätskärm eller inneslutning. Tätskärmen måste då ned till ett sådant djup att grundvattenströmning undviks vilket innebär att skärmen troligtvis måste ned i den naturliga friktionsjorden. Det är vid val av denna lösning viktigt att drivningen kan utföras till önskat djup för varje del då tätheten annars inte kan garanteras. Undersökningar tyder på att det lokalt finns sprängsten i fyllningen vilket kan försvåra möjligheten att få ned tätskärmen, särskilt om den är av plast. I detta skede har antagits att tätskärmen måste ned till 12 m djup. Ett antal olika varianter av tätskärm har studerats och redovisas nedan.

3.3.1 Tätskärm med stålspons

Som tätskärm kan en traditionell stålspons installeras. För att säkerställa en livslängd på ca 100 år bedöms spontplankorna behöva ha en tjocklek på minst 9 mm ("standardspons"). En stålspons som slås i lås är inte helt tät från början men efter något år sätts sannolikt låsen igen av jordpartiklar i kombination med rost. Om det finns behov av att få sponten tät snabbare så finns det lösningar som tätar spontlåsen. Exempelvis finns "Hoesch interlock sealing system" som monteras i spontlåsen på fabrik och som är en beprövad men relativt dyr lösning. Metoden har tidigare testats och använts vid förorenad mark med gott resultat och en livslängd omkring 100 år utlovas, vilket dock måste verifieras med lokala förhållanden. Enklare och billigare tätningar ger troligtvis inte samma effekt i den förorenade jorden men detta måste självklart utredas mer vid val av denna lösning.

3.3.2 Tätskärm med plastspont

Som ett alternativ till traditionell stålspons som tätskärm kan någon form av plastspont användas. Riskerna med möjligheten att driva dessa till önskat djup är dock större då en plastspont inte kan drivas med samma kraft. En variant av plastspont kan vara "Geoflex" ifrån BAT Cofra AB. Ett produktblad för "Geoflex" återfinns som bilaga 1. Leverantören bedömer att det kan vara möjligt att utföra sponten genom fyllningen till önskat djup men det finns en stor osäkerhet kring detta. Denna lösning utförs ofta med en tätning i låsen, vilket framgår av bilagt produktblad. Livslängden är enligt leverantören över 100 år men det måste verifieras med förhållanden på plats.

3.3.3 Tätskärm med plastpaneler

Ett annat alternativ är en tätskärm av plastpaneler som är betydligt bredare än spontplankorna. För ett exempel, "Geolock", se bilaga 2. Även här finns stora osäkerheter kring neddrivningen. Dock kan installationen utföras inom en slits som schaktas till önskat djup. Slitsens stabilitet säkerställs med en cement-/bentonitslurry innan panelerna är på plats. Det finns en osäkerhet kring om slurryn klarar att upprätthålla stabiliteten i den mycket lösa och vattengenomsläppliga fyllningen. Även för denna lösning utför man ofta en tätning i låsen för att säkerställa tätheten.

Livslängden bedöms även här till omkring 100 år. Dock kan troligen en betydligt längre livslängd uppnås om installationen sker i en slits, i vilken det dessutom gjuts betong så att en så kallad slitsmur åstadkoms. Alternativet med en gjuten betongmur har inte studerats mer i denna rapport då osäkerheterna med slitsens stabilitet och närheten till Munksjön bedöms som mycket stora. Om en robust lösning med mycket lång livslängd eftersträvas så kan detta alternativ vara värt att utreda vidare.

4 Resultat

I tabeller nedan visas ungefärliga erforderliga spontlängder för de olika lastfallen baserat på spontkonstruktioner enligt figur 1. Beroende på val av metod för mass- och

vattenhantering så kan det bli aktuellt med flera mindre spontkonstruktioner för delområde B2 istället för en stor, exempelvis att B2 delas i tre mindre "spontlådor". Detta får i sådana fall utredas mer i detalj men framräknade spontlängder kan anses gälla även för en sådan lösning och en grov bedömning är att nedan angivna kostnader för B2 då ökar med omkring 25 %.

4.1 Schakt i torrhet

Nedan redovisas framräknade konstruktionsmängder för B1 respektive B2 vid schakt i torrhet om detta bedöms vara möjligt med hänsyn till vattenförhållanden på plats. Hittills utförda beräkningar gällande kapacitet för vattenhantering samt risk för hydrauliskt grundbrott tyder på att schakt i torrhet verkar vara näst intill omöjligt. Nedan angivna spontmängder ska därför bara ses som teoretiska och bara anses gälla om vidare utredningar visar på att vattenhanteringen och risken för hydrauliskt grundbrott är ok.

Tabell 2. Erforderliga spont-, hammarbands- och stämpmängder för schakt i torrhet för punktkälla B1. (Observera att nedan angivna mängder förutsätter att vattenhantering och risk för hydrauliskt grundbrott är ok vilket med nu kända förutsättningar inte är fallet.)

Schaktdjup	Erf spontlängd (62 krönmeter)	Erf böjmotstånd spont	Hammarband (L= 62 m)	Stämp
3 m konsol	12 m	$Wx \geq 600 \text{ cm}^3$	-	-
3 m	7 m	$Wx \geq 600 \text{ cm}^3$	HEB 240	4 st HEB 240, L= 8 m
4 m konsol	-	-	-	-
4 m	9 m	$Wx \geq 1200 \text{ cm}^3$	HEB 300	4 st HEB 300, L= 8 m
5 m	11 m	$Wx \geq 1800 \text{ cm}^3$	HEB 340	4 st HEB 300, L= 8 m
6 m	13 m	$Wx \geq 1800 \text{ cm}^3$	HEB 400	4 st HEB 340, L= 8 m

Tabell 3. Erforderliga spont-, hammarbands- och stämpmängder för schakt i torrhet för punktkälla B2. (Observera att nedan angivna mängder förutsätter att vattenhantering och risk för hydrauliskt grundbrott är ok vilket med nu kända förutsättningar inte är fallet.)

Schaktdjup	Erf spontlängd (142 krönmeter)	Erf böjmotstånd spont	Hammarband (L= 142 m)	Stämp
3 m konsol	12 m	$Wx \geq 600 \text{ cm}^3$	-	-
3 m	7 m	$Wx \geq 600 \text{ cm}^3$	HEB 400	4 st HEB 300, L= 8 m 3 st VKR 400x400x20, L= 20 m
4 m konsol	-	-	-	-
4 m	9 m	$Wx \geq 1200 \text{ cm}^3$	HEB 400	4 st HEB 300, L= 8 m 3 st VKR 400x400x20, L= 20 m
5 m	11 m	$Wx \geq 1800 \text{ cm}^3$	HEB 400	4 st HEB 300, L= 8 m 3 st VKR 400x400x20, L= 20 m
6 m	13 m	$Wx \geq 1800 \text{ cm}^3$	HEB 400	4 st HEB 400, L= 8 m 5 st VKR 400x400x20, L= 20 m

4.2 Schakt under vatten

Tabeller med framräknade spontmängder för B1 och B2 för schakt under vatten redovisas nedan.

Tabell 4. Erforderliga spont-, hammarbands- och stämplmängder för schakt under vatten för punktkälla B1.

Schaktdjup	Erf spontlängd (62 krönmeter)	Erf böjmotstånd spont	Hammarband (L= 62 m)	Stämp
3 m konsol	9 m	$Wx \geq 600 \text{ cm}^3$	-	-
3 m	6 m	$Wx \geq 600 \text{ cm}^3$	HEB 240	4 st HEB 240, L= 8 m
4 m konsol	12	$Wx \geq 600 \text{ cm}^3$	-	-
4 m	7 m	$Wx \geq 600 \text{ cm}^3$	HEB 240	4 st HEB 240, L= 8 m
5 m	9 m	$Wx \geq 600 \text{ cm}^3$	HEB 300	4 st HEB 300, L= 8 m
6 m	10 m	$Wx \geq 1200 \text{ cm}^3$	HEB 300	4 st HEB 340, L= 8 m
10 m	16 m	$Wx \geq 2200 \text{ cm}^3$	HEB 400	4 st HEB 340, L= 8 m

Tabell 5. Erforderliga spont-, hammarbands- och stämplmängder för schakt under vatten för punktkälla B2.

Schaktdjup	Erf spontlängd (142 krönmeter)	Erf böjmotstånd spont	Hammarband (L= 142 m)	Stämp
3 m konsol	9 m	$Wx \geq 600 \text{ cm}^3$	-	-
3 m	6 m	$Wx \geq 600 \text{ cm}^3$	HEB 400	4 st HEB 240, L= 8 m 3 st VKR 400x400x20, L= 20 m
4 m konsol	12	$Wx \geq 600 \text{ cm}^3$	-	-
4 m	7 m	$Wx \geq 600 \text{ cm}^3$	HEB 400	4 st HEB 240, L= 8 m 3 st VKR 400x400x20, L= 20 m
5 m	9 m	$Wx \geq 600 \text{ cm}^3$	HEB 400	4 st HEB 300, L= 8 m 3 st VKR 400x400x20, L= 20 m
6 m	10 m	$Wx \geq 1200 \text{ cm}^3$	HEB 400	4 st HEB 300, L= 8 m 3 st VKR 400x400x20, L= 20 m
10 m	16 m	$Wx \geq 2200 \text{ cm}^3$	HEB 400	4 st HEB 340, L= 8 m 5 st VKR 400x400x20, L= 20 m

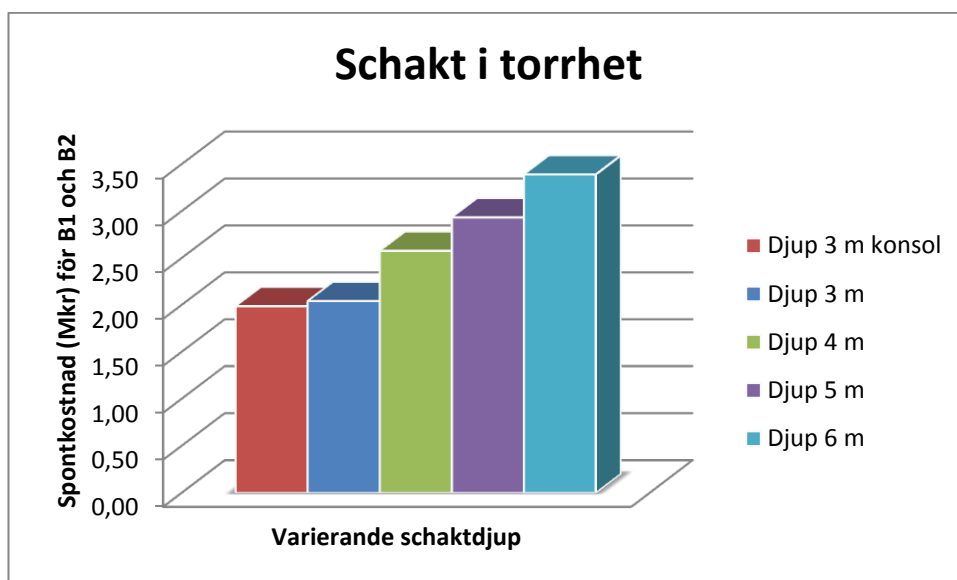
5 Bedömda kostnader

Baserat på framräknade mängder har kostnader för spontkonstruktioner bedömts. Observera att redovisade kostnader är ungefärliga och främst ska användas som en jämförelse mellan de olika alternativen. Kostnader inkluderar endast hyra eller inköp samt installation och dragning av spontkonstruktion. Kostnader för åtgärderna som helhet redovisas i åtgärdsutredningen till vilken dessa beräkningar utgör underlag. Kostnader för exempelvis schakt, vatten- och masshantering redovisas därmed **inte** här.

I beräkningarna har förutsatts att sponten behöver vara installerad i ca 4-5 månader. Vid en längre byggtid ökar kostnaderna då materialet hyrs (detta gäller förstås inte alternativet med isolering av föroreningen då sponten är en permanent lösning och måste köpas in). Som en grov bedömning kan antas att kostnaden för B1 ökar med ca 40 tkr per månad efter 5 månader och motsvarande siffra för B2 är ca 100 tkr per månad.

5.1 Schakt i torrhet

Nedan redovisas bedömda kostnader i diagram- och tabellform för spontkonstruktion om schakten kan utföras i torrhet. Hittills utförda beräkningar gällande kapacitet för vattenhantering samt risk för hydrauliskt grundbrott tyder på att schakt i torrhet verkar vara näst intill omöjligt. Nedan angivna kostnader ska därför bara ses som teoretiska och bara anses gälla om vidare utredningar visar på att vattenhanteringen och risken för hydrauliskt grundbrott är ok.



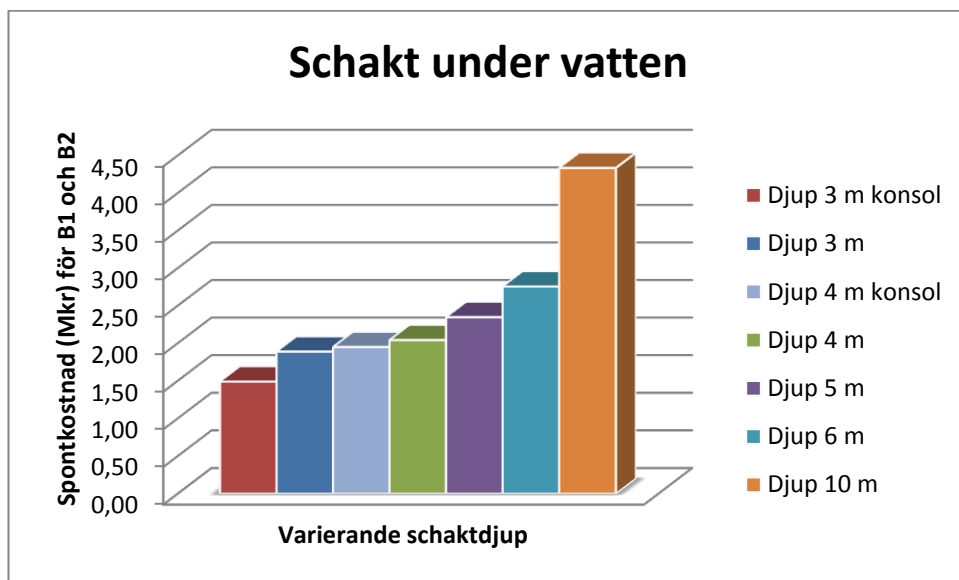
Figur 6. Bedömda kostnader (Mkr) för schakt i torrhet. (Observera att redovisade kostnader förutsätter att vattenhantering och risk för hydrauliskt grundbrott är ok vilket med nu kända förutsättningar inte är fallet.)

Tabell 6. Bedömda kostnader (Mkr) för schakt i torrhet. (Observera att redovisade kostnader förutsätter att vattenhantering och risk för hydrauliskt grundbrott är ok vilket med nu kända förutsättningar inte är fallet.)

	3 m konsol	3 m	4 m konsol	4 m	5 m	6 m
B1	0,63	0,64	-	0,80	0,91	1,02
B2	1,35	1,41	-	1,78	2,03	2,38
B1+B2	1,99	2,04	-	2,58	2,93	3,39

5.2 Schakt under vatten

Nedan redovisas bedömda kostnader i diagram- och tabellform för spontkonstruktion om schakten till största del utförs under vatten.



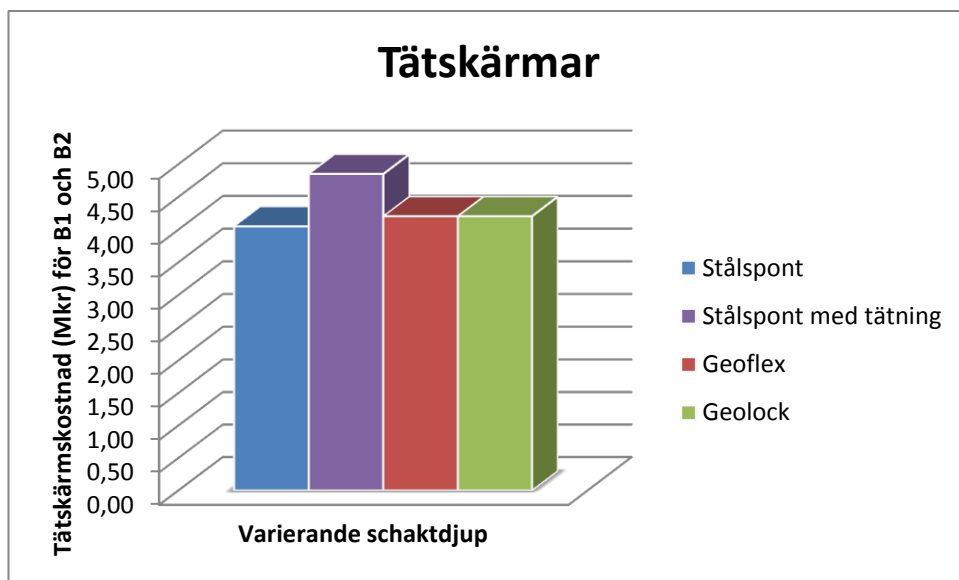
Figur 7. Bedömda kostnader (Mkr) för schakt under vatten.

Tabell 7. Bedömda kostnader (Mkr) för schakt under vatten.

	3 m konsol	3 m	4 m konsol	4 m	5 m	6 m	10 m
B1	0,49	0,59	0,63	0,64	0,73	0,85	1,30
B2	1,00	1,30	1,32	1,41	1,62	1,90	3,03
B1+B2	1,49	1,89	1,95	2,04	2,35	2,76	4,33

5.3 Tätskärm för isolering av förorening (Hydraulisk inneslutning)

Nedan redovisas bedömda kostnader i tabell och diagramform för tätskärm vars syfte är att isolera den förorenade jorden. I kostnadsberäkningarna har antagits att tätskärmen behöver utföras till 12 m djup.



Figur 8. Bedömda kostnader (Mkr) för tätskärmar, med antagande om installation till 12 m djup.

Tabell 8. Bedömda kostnader (Mkr) för tätskärmar, med antagande om installation till 12 m djup.

	Stålspons	Stålspons inkl tätning	Geoflex	Geolock
B1	1,25	1,50	1,29	1,29
B2	2,81	3,36	2,91	2,91
B1+B2	4,05	4,85	4,21	4,21

För stålspons redovisas även alternativet med en extra tätning i spontlåsen, i detta fall "Hoesch interlock sealing system".

5.4 Utrednings- och projekteringskostnader

Kostnader för kommande utredningar, projektering och dimensionering beror på val av lösning. Nedan ges några uppskattningar för kostnader för utredning och dimensionering av spontkonstruktion.

Kompletterande fältundersökning (främst i spontlinjen) inklusive utvärdering bedöms till ca 70 tkr. Dimensioneringskostnad och upprättande av bygghandling beror av schaktdjup etc men uppskattas till ca 300 tkr. För ett alternativ med tätskärm bedöms dimensioneringskostnaden bli betydligt lägre men utredningskostnader för livslängd och täthet blir större.

6 Sammanfattning kostnader

Tabell 9. Sammanfattande tabell över bedömda kostnader för spontkonstruktioner. (Observera att redovisade kostnader för schakt i torrhet förutsätter att vattenhantering och risk för hydrauliskt grundbrott är ok vilket med nu kända förutsättningar **inte** är fallet.)

		Kostnad B1+B2
Schakt i torrhet (OBS! Förutsätter att vattenhantering och risk för hydrauliskt grundbrott är ok vilket med nu kända förutsättningar inte är fallet.)	Schaktdjup 3 m, konsolspont	(2,0 Mkr)
	Schaktdjup 3 m	(2,0 Mkr)
	Schaktdjup 4 m, konsolspont	-
	Schaktdjup 4 m	(2,6 Mkr)
	Schaktdjup 5 m	(2,9 Mkr)
	Schaktdjup 6 m	(3,4 Mkr)
Schakt under vatten	Schaktdjup 3 m, konsolspont	1,5 Mkr
	Schaktdjup 3 m	1,9 Mkr
	Schaktdjup 4 m, konsolspont	2,0 Mkr
	Schaktdjup 4 m	2,0 Mkr
	Schaktdjup 5 m	2,4 Mkr
	Schaktdjup 6 m	2,8 Mkr
	Schaktdjup 10 m	4,3 Mkr
Isolering av förorening med tätskärm	Stålspont	4,1 Mkr
	Stålspont med tätning i lås	4,8 Mkr
	Geoflex	4,2 Mkr
	Geolock	4,2 Mkr

7 Osäkerheter

Då osäkerheterna varierar beroende på val av lösning bör slutligt val av metod utredas mer genom exempelvis provschaktning och provspontning. Även kompletterande geotekniska undersökningar i spontlinjen kan ge nyttig information kring fyllningens sammansättning och eventuella inslag av sprängsten som försvårar spontningen. För de lösningar som förutsätter långa spontplankor, längre än ca 10 meter, så kan även den naturliga underliggande sandens fasthet innebära problem med att få ned sponten till önskat djup.

Med hänsyn till de utredningar som hittills gjort gällande kapacitet för vattenhantering samt hydrauliskt grundbrott för alternativet med schakt i torrhet tyder på att detta förfarande är näst intill omöjligt med nu kända förutsättningar.

Om alternativet med isolering av förorening väljs så måste man fundera över spontens täthet och livslängd. En stålspont blir sannolikt "tät" med tiden då jordpartiklar sätter igen det utrymme som eventuellt finns i låsen. För att snabbare få tät kan låsen försees med en tätning vilket beskrivs mer i kapitel 3. En standard stålspont, inklusive eventuell tätning, livslängd i den aktuella jorden bedöms till ca 100 år. Genom grövre spont och noggrannare tester kan troligtvis denna tid ökas något men till slut har sponten rostet bort. Om en avsevärt längre livslängd eftersträvas så handlar det sannolikt om kostsammare konstruktioner.

Plastspont eller plastpaneler för att isolera föroreningen bedöms i detta skede innebära för stora risker med att säkerställa en tät funktion på så pass stora djup i den blandade fyllningen. Ett alternativ för att lättare få ned tätskärmen av plast är att först schakta en slits till önskad djup som stabiliseras av en cement-/ bentonitslurry. Osäkerheter finns dock kring hur slurryn fungerar i den blandade fyllningen och med närheten till Munksjön vilket gör att det i detta skede inte rekommenderas. Schakt för en slits innebär också en större störning av jorden än en traditionell neddrivning av stålspont.

Den mycket lösa fyllningen med stor vattengenomsläpplighet och närhet till Munksjön gör att det är svårt att bedöma hur besvärligt schaktarbetet blir.

Ett alternativ där man både schaktar och isolerar är att sätta en 12 m konsolspont där schakt och återfyllning med rena massor ned till ca 4 m sker under vatten. Sponten kvarlämnas sedan för att isolera de förorenade massor som finns på större djup än 4 meter.