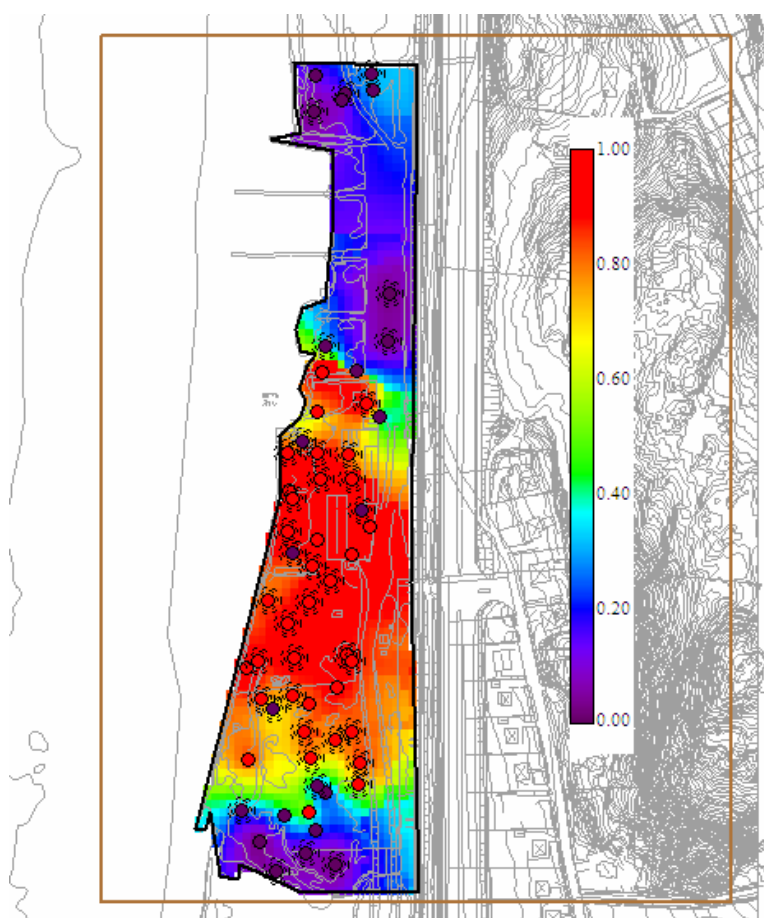


Ale Kommun

TIDERMANS UTFYLLNADSOMRÅDE, HUVUDSTUDIE

Del 2, åtgärdsutredning



*Sannolikhet att påträffa blyhalter > 300 mg/kg TS i fyllnadsmassor,
ca 1 – 3 m u my.*

Göteborg 2007-03-29

Uppdragsnummer 1310958.000

SWECO VIAK
Gullbergs Strandgata 3
Box 2203, 403 14 Göteborg
Telefon 031-62 75 00
Telefax 031-62 77 22

Uppdrag 1310958.000; MABL
p:\1314\1310958
tidermans\19_original\slutrappor\åtgärdsutredning\åtgärdsutrednin
g.doc

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning	1
2	Övergripande åtgärds mål	1
3	Riskbedömning	2
3.1	Allmänt	2
3.2	Föroreningssituation	3
3.2.1	Jordlager, hela området	3
3.2.2	Jordlager, delområden	10
3.2.3	Grundvatten	17
3.2.4	Sediment	18
3.2.5	Spridning av föroreningar	19
3.2.6	Påverkan av framtida ökade vattenflöden och höjda vattennivåer i Göta älv	23
3.3	Fördjupad riskbedömning m a p markanvändning	25
3.3.1	Platsspecifika förutsättningar	26
3.3.2	Exponeringsförutsättningar för människor	26
3.3.3	Skydd av markfunktionen	28
3.3.4	Urval av ämnen	29
3.3.5	Platsspecifika hälsobaserade riktvärden för jord	29
3.3.6	Jämförelse mellan aktuell föroreningssituation och platsspecifika hälsobaserade riktvärden	31
3.4	Föroreningar och deras farlighet	32
3.4.1	Bly 32	
3.4.2	Koppar	33
3.4.3	Kvicksilver	33
3.4.4	Zink34	
3.4.5	Alifatiska kolväten (alkaner och alkener)	34
3.5	Fördjupad riskbedömning m a p Göta älv	34
3.5.1	Påverkan via grundvattenströmning och erosion	35
3.5.2	Påverkan via skred	36
3.6	Sammanfattande riskbedömning	40
4	Åtgärdsutredning	43
4.1	Genomförande och förutsättningar	43
4.2	Metoder som uppfyller övergripande åtgärds mål	44
4.3	Åtgärdsalternativ och konsekvenser	47
4.3.1	Alternativ A – Nollalternativ	47
4.3.2	Alternativ B – Stabilitetsåtgärder och administrativa åtgärder	49
4.3.3	Alternativ C –Urgrävning av kvicksilverförorenade massor inom del av Område III, off site-behandling/deponering Stabilitetsåtgärder samt administrativa åtgärder	52
4.3.4	Alternativ D –Urgrävning av kvicksilverförorenade massor inom del av Område III samt sanering inom en 20 m bred	

	strandzon inom resterande del av Område III, off site-behandling/deponering samt stabilitetsåtgärder	55
4.3.5	Alternativ E – Uppgrävning av samtliga massor inom Område III, off site-behandling/deponering	58
5	Kostnadsbedömning	61
5.1	Allmänt	61
5.2	Osäkerhet i bedömningarna	61
5.3	Förutsättningar	62
5.4	Underlag för kostnadsbedömning, enhetspriser	62
5.5	Kostnader, alternativ A (nollalternativ)	65
5.6	Kostnader, alternativ B (stabilitetsåtgärder och administrativa åtgärder)	65
5.7	Kostnader, alternativ C (stabilitetsåtgärder samt urgrävning av kvicksilverförorenade massor inom Område III, off site behandling)	65
5.8	Kostnader, alternativ D (stabilitetsåtgärder, urgrävning av kvicksilverförorenade massor inom del av Område III samt urgrävning inom en 20 m bred strandzon inom resterande del av delområde III)	67
5.9	Kostnader, alternativ E (urgrävning av förorenade massor inom hela Område III, off-sitebehandling/deponering)	68
6	Krav på tillstånd och tidsåtgång för aktiviteter	70

- Bilagor:**
1. Situationsplan med områdesindelning
 2. Beräkningsresultat, platsspecifika riktvärden
 3. Rapport från Göteborgs VA-verk, 2006-03-23
 4. Sammanställning av åtgärdsalternativ

1 Inledning

En huvudstudie enligt Naturvårdsverkets kvalitetsmanual har utförts avseende Tidermans utfyllnadsområde vid Göta älv, mellan Surte och Bohus.

I del 1 av huvudstudien (separat dokument) redovisas uppdragets syfte, omfattning och avgränsningar samt en områdesbeskrivning, inklusive recipientens, d v s Göta älvs känslighet och skyddsvärde. I del 1 redovisas även resultatet av tidigare och nu utförda undersökningar av jord, grundvatten och sediment.

Föreliggande dokument omfattar del 2 av huvudstudien och innehåller en fördjupad riskbedömning samt en åtgärdsutredning. I dokumentet görs emellanåt hänvisningar till underlagsmaterialet, t ex i form av bilagor m m, vilket återfinns i del 1.

I övrigt ingår i detta dokument de delar i en åtgärdsutredning som föreskrivs i Naturvårdsverkets kvalitetsmanual, med undantag av ansvarsutredning och riskvärdering, förslag till mätbara åtgärdskrav samt direktiv för miljökontroll och för projektering. Detta innebär att utredningen omfattar förslag till övergripande åtgärds mål, fördjupad riskbedömning, åtgärdsalternativ, kostnadsbedömning, och krav på tillstånd samt översiktlig tidplan.

Det bör särskilt noteras att det delområde inom undersökningsområdet som enligt förstudien benämns Område I ej har ingått i huvudstudien på annat sätt än att dess gräns mot övriga delområden säkrare ska fastställas.

2 Övergripande åtgärds mål

Som övergripande åtgärds mål för Tidermans utfyllnadsområde föreslås:

- 1) En strävan bör vara att långsiktigt säkra skyddet av Göta älv, intill vilken utfyllnadsområdet är beläget. En orsak till detta är att Göta älv utgör huvudvattentäkt för Göteborg, med råvattenintaget nedströms det förorenade området och att leveranssäkerheten och konsumenternas förtroende måste säkras. Ett stärkt skydd för Göta älv möjliggör även ekologiskt hållbara

och variationsrika livsmiljöer, samt minskar belastningen av förorenade sediment, särskilt inom Göteborgs hamnområde.

- 2) Marken inom fastigheterna skall efter utförda saneringsåtgärder kunna användas för de ändamål som gällande planer för området anger.
- 3) Kvicksilver ska fasas ur biosfären och projektets bidrag är att kvicksilvermängden inom området ska reduceras med minst 90 %.
- 4) Inom övervägande del av Tidermansområdet och dess närmiljö bör förutsättningar finnas för en väl fungerande markfunktion.

3 Riskbedömning

3.1 Allmänt

För att en risk skall kunna bedömas måste det finnas ett objekt som skall skyddas. För att risk skall föreligga måste det dessutom finnas en potentiell farlighet (exempelvis ett giftigt ämne) som skyddsobjektet kan utsättas för och en möjlig exponeringsväg. En modell för hur riktvärden kan beräknas har tagits fram av Naturvårdsverket i samband med att generella riktvärden för förorenad mark publicerades 1996 (NV 4638 och 4639) och förslag till branschspecifika riktvärden för ämnen förekommande på bensinstationer utgavs 1998 (NV 4889).

I en fördjupad riskbedömning tas bl a hänsyn till aktuell förorenings-situation, exponerings- och spridningsförutsättningar samt planerad markanvändning. Förutom risker som sammanhänger med markanvändningen inom och i närheten av det förorenade området, kan även risker föreligga på större avstånd från detta område, t ex nedströms i en recipient, vilken kan påverkas av det förorenade området.

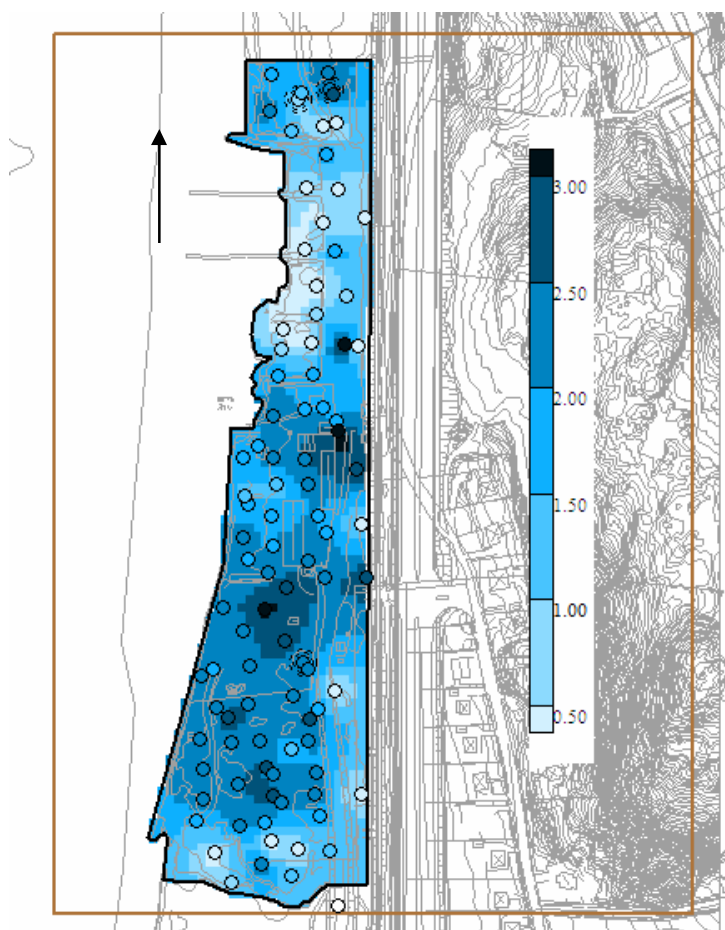
Nedan lämnas en sammanfattande beskrivning av föroreningssituationen inom Tidermans utfyllnadsområde. Beskrivningen är ett sammanvägt resultat från verksamhetsinventering, fältundersökningar (t ex provgroppsgrävning och skruvborring), analysresultat och fältmätningar, nya som gamla, vilka genomförts inom området. Därutöver bedöms riskerna för spridning av föroreningar från området.

3.2 Föroreningsituation

3.2.1 Jordlager, hela området

Jordlagren utgörs huvudsakligen av fyllnadsmassor på lera. Ytligt kan även ett tunt lager mulljord förekomma, alternativt ytskikt av grus eller asfalt.

Fyllnadsmassornas mäktighet varierar vanligen mellan 0,5 och 2,5 m, men i flera provpunkter har även större mäktighet noterats. Maximalt har 3,8 m fyllnadsmassor noterats, denna provpunkt är belägen direkt norr om båtclubbens inhägnade område. I **figur 3.1** redovisas en schematisk karta med fyllnadsmassors mäktigheter inom hela området.



Figur 3.1 Fyllnadsmassors mäktighet (m), inklusive undersökningspunkter, schematisk bild.

Av denna framgår att mäktigheten i allmänhet är störst (mörka partier i figur 3.1) inom de centrala och södra delarna av Tidermans utfyllnadsområde. Här finns större sammanhängande delområden med mäktigheter av 2,5 m eller mer. Även längst i norr, mot EKAs fastighet, är fyllnadsmassornas mäktighet stor.

Områden med mindre mäktighet (ljusa partier i figur 3.1) finns framförallt mellan ovan nämnda område i norr och båtklubbens inhägnade område i den centrala delen. Mindre mäktigheter av fyllnadsmassor finns även inom undersökningsområdets sydligaste del. Mot järnvägsområdet i öster minskar i allmänhet fyllnadsmassors mäktighet, även om några punkter med stor mäktighet påträffats inom den östra delen av områdets centrala delar. Det bör noteras att bedömningsunderlaget inom den östra delen är begränsat, p g a svårigheterna att utföra provtagningspunkter.

Detta innebär att fyllnadsmassors volym inom hela undersökningsområdet uppgår till 70-75 000 m³.

Från fältundersökningarna bedöms att fyllnadsmassorna till stor del utgörs av sand, grus, sten och lera, men med mycket varierande inslag av olika avfall och restprodukter såsom trä, betong, skrot, glas, slagg e t c, både inom olika delar av området och för olika djup. Ställvis har det vid provgrovsgrävning t o m varit svårt att urskilja någon särskild kornfraktion, uppgrävda fyllnadsmassor förefaller att nästan enbart utgöras av restprodukter och avfall.

Från såväl fältundersökningar som analyser framgår också att en stor del av fyllnadsmassorna är kraftigt påverkade av oljerester. Dessa påträffas i uppgrävda jordmassor m m, men också på vattenytor i provgropar. Ställvis förefaller fyllnadsmassorna vara indränkta med olja, eller en blandning av olja och vatten. I **figur 3.2** och **figur 3.3** redovisas okulärt bedömd förekomst dels av avfallsliknande massor, dels av massor innehållande oljerester, utifrån grävning av provgropar.

Av figurerna framgår att massor med avfallsliknande karaktär främst förekommer inom södra (men ej den sydligaste) delen och inom de centrala delarna. Förekomst av oljerester uppvisar i stort sett på förekomst inom samma områden som för de avfallsliknande fyllnadsmassorna. Från den centrala delen av område och norrut saknas i stort sett inslag av massor med avfallskaraktär, liksom inslag av massor med oljerester. Bedömningsunderlaget inom den östra delen är osäkert.

Förutom att fyllnadsmassorna karaktär varierar inom olika delar, varierar de även med djupet inom vissa delområden. Ovan redovisas att massor med avfallskaraktär och oljerester till stor del påträffas inom de centrala och södra delarna. Vanligen påträffas dessa dock inte direkt i markytan, utan på något ett varierande djup under denna. Detta djup varierar vanligen mellan ca 0,5 och drygt 1m inom området, ställvis något djupare, men utan några uttalat tydligt mönster. Detta ytliga skikt utgörs vanligen av fyllnadsmassor med sand, grus, silt, lera, mulljord o dyl. I de ytliga fyllnadsmassorna har också inslag av bl a tegel noterats.



Figur 3.2 Okulärt bedömd förekomst av massor med avfallskaraktär, av större omfattning, vid provgröpsgrävning.



Figur 3.3 Okulärt bedömd förekomst av massor med oljerester vid provgroppgrävning.

Analysen på jordprover tagna på fyllnadsmassor redovisar att halterna av TOC varierar, flera är låga (0,5-2 %) och några är relativt sett höga, upp emot 10-20%. Halterna torrsubbstans (TS) varierar också, från cirka 40 % till nära 100 %, med ett genomsnittligt värde av ca 70-80 %.

Fyllnadsmassorna är generellt sett påverkade av metaller och ställvis mycket kraftigt påverkade av metaller, särskilt bly, koppar och zink, se **tabell 3.1**, där en sammanställning av analysresultat från samtliga analyserade jordprover (förstudie och huvudstudie) redovisas, men även olika jämförelser.

Tabell 3.1 Min-, median-, medel- och, maxhalter för metaller i jordprov (mg/kg TS) baserat på laboratorieanalyser av samtliga jordprover. För jämförelse har NVs generella riktvärden för MKM lagts in, liksom RVFs föreslagna haltgräns¹ för bedömning av om förorenade massor är farligt avfall.

Metall	Antal analyser	Min	Median	Medel	Max	MKM	RVF "Farligt avfall"
Bly	104	5	140	2 083	24 400	300	2 500
Koppar	104	8	150	1 078	19 400	200	2 500
Kvicksilver	104	0,1	4	77	2 000	7	500
Zink	104	14	238	1 623	42 300	700	2 500

Variationsbredden för de olika metallhalterna är mycket stor, beroende på att såväl "rena" fyllnadsmassor, som restprodukter av olika slag, t ex slagg, kan ingå i de olika jordprover som analyserats. Detta medför också att medianhalterna blir betydligt lägre än medelhalterna, beroende på att ett antal jordprover med extremt höga metallhalter förekommer. Som framgår är dock även medianhalterna förhöjda, men lägre än MKM-värden.

Medelhalterna för metaller är enligt tabellen kraftigt förhöjda, jämfört med riktvärdet för MKM. Samtliga medelhalter är dock lägre än RVF:s föreslagna bedömningsgrund för "farligt avfall" avseende förorenade massor.

Fördelningen av metaller inom området varierar, framförallt inom olika delar av området, men också även med djupet. Fördelningen av olika metaller redovisas i **Del 1 i bilaga 11 och bilaga 12**.

För att redovisa föroreningssituationen m a p metaller på ett förenklat, men ändå adekvat sätt, har här valts att illustrera denna genom främst blyhalter, eftersom flertalet metaller (främst bly, koppar och zink) uppvisar en uttalad samvariation inom det aktuella området. Såväl analyserade som XRF-mätta halter redovisas därför i **figur 3.4 och 3.5**. Den förstnämnda figuren redovisar halter i ett ytligt lager, 0 till 1 m mäktigt, medan den sistnämnda figuren redovisar halter på ett

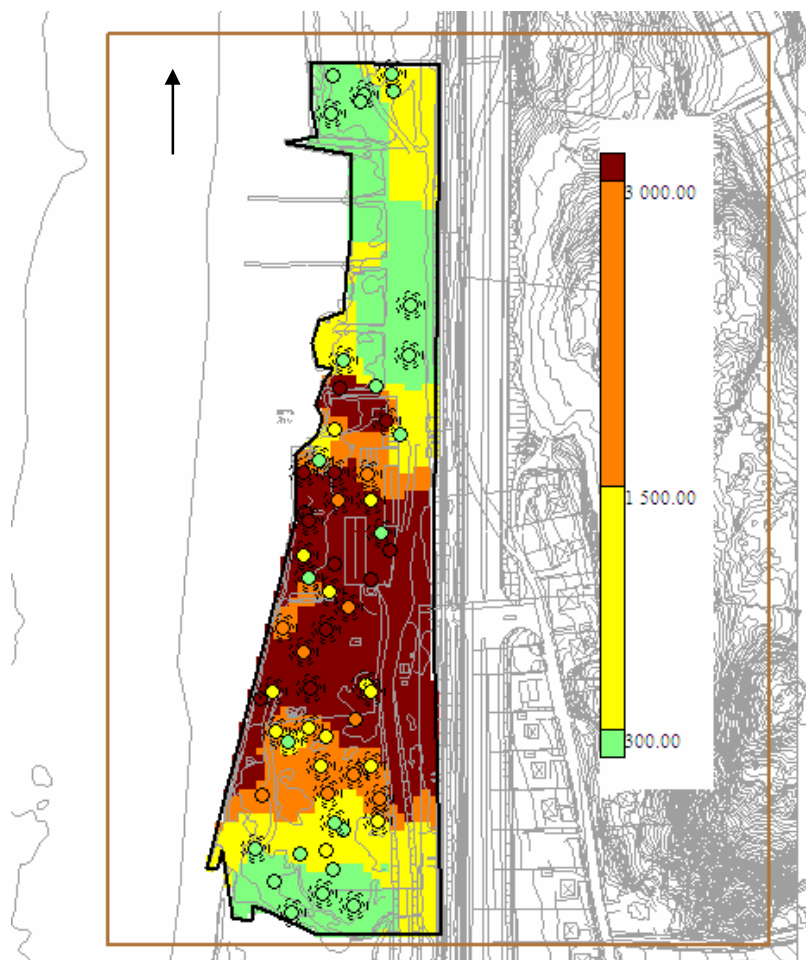
¹ RVF Utveckling 02:09. Bedömningsgrunder för förorenade massor. ISSN 1103.4092.

djup av ca 1 – 3 m (dock enbart fyllnadsmassor). Det bör dock noteras att information till stor del saknas från den allra östligaste delen av södra området.



Figur 3.4 Blyhalter (analyser och XRF-mätningar) i ytliga (ca 0 – 1 m) fyllnadsmassor

Som framgår av **figur 3.4** är blyhalterna i ytlig jord inom stora delar av området måttligt höga, även om halterna inom flera delområden överskrider 300 mg/kg TS, d v s det generella riktvärdet för MKM.



Figur 3.5 Blyhalter (analyser och XRF-mätningar) i djupa (ca 1 – 3 m) fyllnadsmassor.

Det djupare belägna jordlagret, se **figur 3.5**, redovisar däremot för stora områden inom den södra och centrala delen av undersökningsområdet halter i marken som är mycket höga, vanligen över 1500 mg/kg TS (5 x MKM) och inom vissa delområden även över 3000 mg/kg TS (10 x MKM). Samma figur visar också att blyhalterna inom den allra sydligaste delen är relativt låga, liksom halterna norr om den centrala delen. Underlaget inom särskilt den sydöstra delen är begränsat.

En något avvikande bild av metallförekomst erhålls om enbart kvicksilverhalter beaktas. Detta redovisas bl a i **figur 3.6** och diskuteras även nedan.

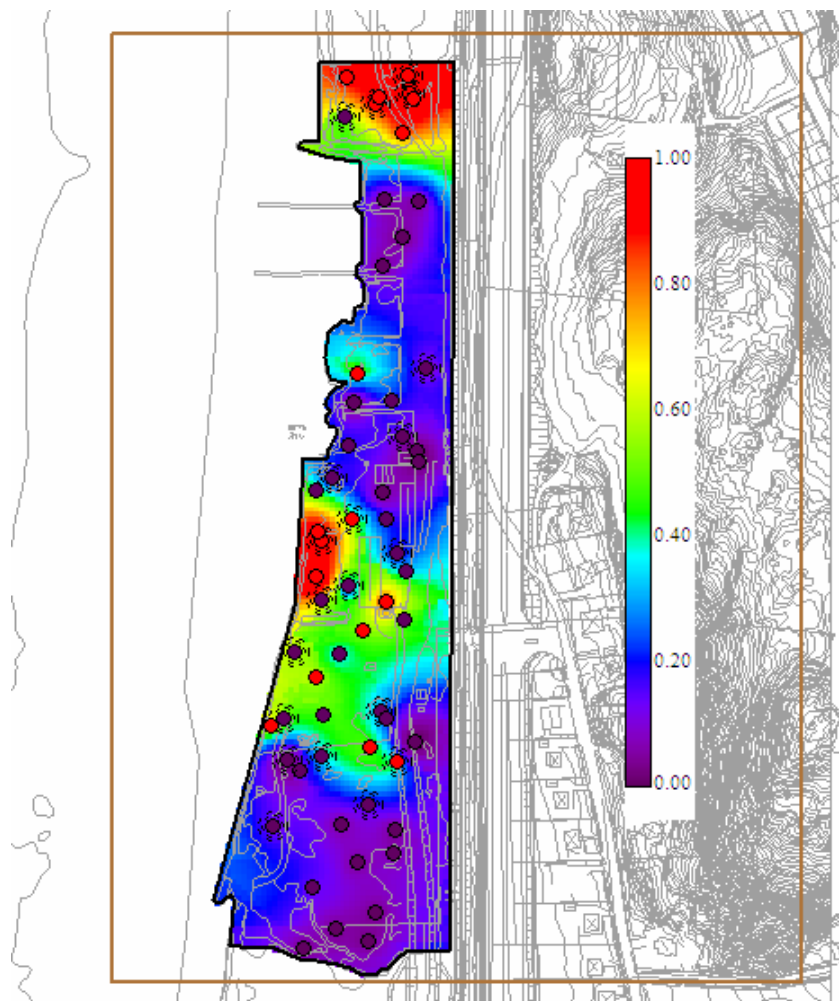
3.2.2 Jordlager, delområden

Genom att kombinera förekomst av avfallsliknande massor och oljerester, kraftigt förhöjda halter av olika analyserade metaller m m och jordlagerföljd, kan en indelning i fyra delområden utföras, med sinsemellan varierande föroreningsbelastning av jordlagren. För att bedöma gränserna mellan delområden har också modellverktyget SADA använts, genom att beräkna sannolikheten för överskridande av valda metallhalter inom olika områden. De olika delområdenas bedömda gränser redovisas på en särskild situationsplan, se **bilaga 1**.

Område I omfattar det delområde i norr som framförallt är påverkat av kvicksilverhaltiga massor. En avgränsning av området har utförts med hjälp av halterna kvicksilver i jordlagren, men till viss del även m h a jordlagerföljd i provgropar och skruvborrhål. I **figur 3.6** redovisas en analys av sannolikheten för att påträffa kvicksilverhalter högre än MKM för norra delen av Tidermans utfyllnadsområdet, baserat på analyserade jordprover. Analysen bygger på att den högsta kvicksilverhalten i varje provpunkt (flera prover från olika nivåer kan vara analyserade) beaktas.

Det bör noteras att möjligheterna till att utföra provpunkter (p g a vattendränkta områden) inom särskilt nordöstra delen, medfört en viss osäkerhet i gränsdragningen.

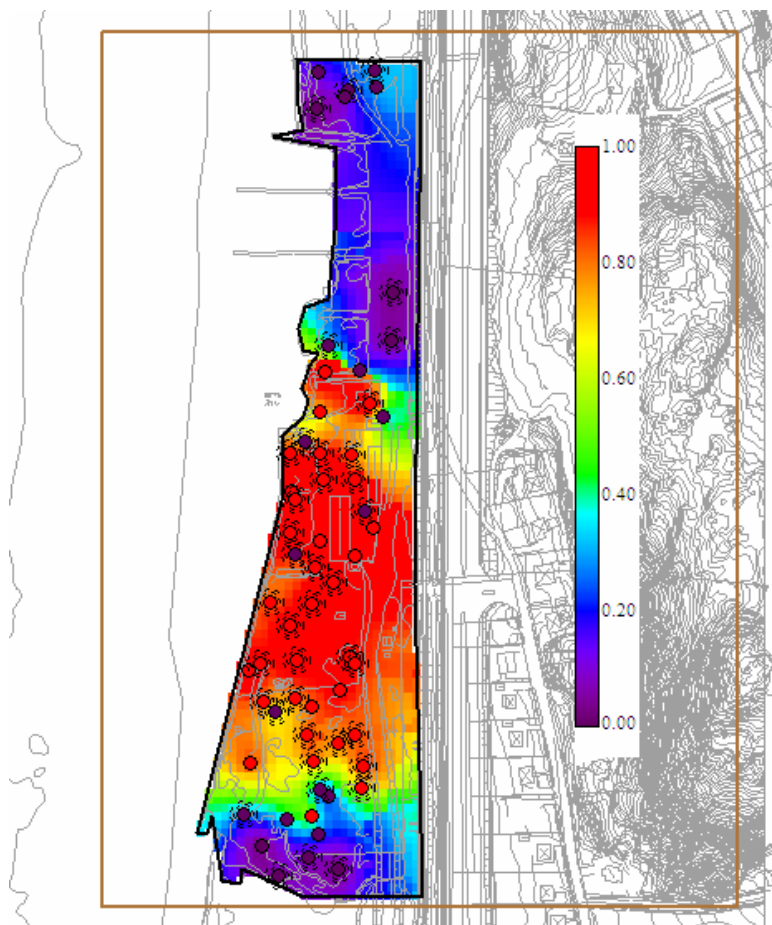
Område II omfattar ett delområde med begränsad påverkan av förorenade fyllnadsmassor, vilket gränsar till Område I i norr och till Område III i söder. Den sistnämnda gränsen har framförallt bedömts m a p blyhalter i fyllnadsmassor, men även genom förekomst av fyllnadsmassor med avfallsliknande karaktär och oljerester. En modellanalys m h a SADA, avseende sannolikheten att påträffa förhöjda blyhalter, har använts för att bedöma gränsen mot Område I, se **figur 3.7**.



Figur 3.6 Sannolikhet för att påträffa kvicksilverhalter > 7 mg/kg TS (MKM).

Område III omfattar det område som framförallt utmärks av mäktiga fyllnadsmassor, kraftigt påverkade av föroreningar, vilket avgränsas mot Område II i norr och Område IV i söder. Gränsen mot det sistnämnda området i söder har också bedömts m h a blyhalter, **se figur 3.7**, men också genom bedömning av jordlagerföljder i provgropar och skruvborrningar.

Område IV omfattar ett mindre delområde i söder vilket utmärks såväl av att andelen fyllnadsmassor är ringa, liksom deras innehåll av föroreningar.



Figur 3.7 Sannolikhet för att påträffa blyhalter > 300 mg/kg TS (MKM).

Utgående från ovan redovisade indelning och uppgifter om jordlagerföljd och mäktighet kan de olika delområdenas areal och deras innehåll av fyllnadsmassor bestämmas, se **tabell 3.2**.

Tabell 3.2 Olika delområdets arealer, deras volymer och mängder av fyllnadsmassor.

	Område I	Område II	Område III	Område IV
Areal (m ²)	4 900	7 300	29 600	6 500
Medelmäktighet, Fyllnadsmassor (m)	1,7	0,7	2,2 - 2,3	1,0
Volym fyllnadsmassor (m ³)	8 300	5 100	66 900	6 500
Mängd fyllnadsmassor (ton)	15 000	9 200	120 300	11 700

Område III innehåller majoriteten av fyllnadsmassor, ca 83 % av den totala mängden. En beräkning av metallinnehållet avseende bly, koppar, zink och kvicksilver har utförts för fyllnadsmassorna inom de olika delområdena, se **tabell 3.3**.

Tabell 3.3 Metallhalter (från analyser) och metallmängder (från medelhalt i fyllnadsmassor inom olika delområden. Halter i mg/kg TS.

	Område I (10 analyser)		Område II (3 analyser)		Område III (55 analyser)		Område IV (4 analyser)	
	Medelhalt	Mängd (ton)	Medelhalt ^{A)}	Mängd (ton)	Medelhalt	Mängd (ton)	Medelhalt	Mängd (ton)
Bly	97 ^{B)}	1	10 ^{B)}	0,1	2036 ^{B)}	244	24 ^{B)}	0,2
Koppar	311	5	15	0,1	1706	205	17	0,1
Zink	172	3	25	0,2	2627	316	122	1
Kvicksilver	325	5	<1	0	42	5	0	0

Förklaringar: A) En punkt (Ti 1008) uppvisar extremt höga metallhalter, övriga mycket låga värden. Det sistnämnda indikeras också av XRF-mätningar på andra prover. Det enstaka extremvärdet har därför ej beaktats vid mängdberäkningen

B) För bly har även XRF-analyser medtagits; 6 st för Område I, 3 st för Område II, 53 st för område III och 4 st för område IV.

Område III innehåller även absolut störst mängd metaller, enligt tabellen innehåller detta delområde ca 99 % av den totala mängden

bly, koppar och zink, samt ca 50 % av totala mängden kvicksilver. Resterande kvicksilvermängd inom Tidermans utfyllnadsområde finns inom det till ytan begränsade Område I.

Föroreningsituationen inom respektive delområde kan sammanfattningsvis beskrivas enligt följande:

Område I

Fyllnadsmassor med en mäktighet som varierar mellan ca 0,5 – 2,5 m överlagrar naturligt avsatt lera eller sand. Fyllnadsmassorna utgörs av en blandning av lera, sand och grus, i några punkter påträffas även inslag av tegel och trä. Vattentillrinningen varierar kraftigt mellan provgroparna.

Området uppvisar generellt höga halter av kvicksilver i analyserade jordprover, medianhalten är 67 mg/kg TS, medelhalten är 325 mg/kg TS och maxhalten är 2000 mg/kg TS. Detta medför att mängden kvicksilver, beräknat från medelhalten, uppgår till ca 5 ton. Övriga metallhalter är, jämfört med Område III, relativt sett låga. Dioxin har påträffats i kraftigt förhöjd halt i två punkter, och även DDT, klorerade bensener och PCB har påvisats i höga halter.

Säkerheten mot brott inom detta delområde är tillfredställande, jämfört med skredkommissionens anvisningar

Område II

Fyllnadsmassor med ringa mäktighet, < 0,5 m, förekommer inom västra delen av området, särskilt mot Göta älv. Fyllnadsmassorna utgörs här av lera eller sand och de överlagrar naturliga jordlagren av främst lera. Mot öster har utfyllnader utförts i en något större omfattning, bl a inom den större grusade kör- och uppställningsyta som är belägen längs med järnvägen. Fyllnadsmassornas mäktighet inom denna del varierar mellan ca 1 -2 m, och i flera punkter påträffas sprängsten, men även sand och grus. I en punkt påträffas fyllnadsmassor till mer än 3,5 m djup. Inslaget av fyllnadsmassor med avfallsliknande karaktär, byggnadsrester liksom av oljerester, är i det närmaste obefintligt.

Förutom i en punkt med kraftigt förhöjda halter inom norra delen (påträffad vid provtagning i en fjärrvärmeschakt), är metallhalterna genomgående låga. Även innehållet av organiska föroreningar i jordprover är begränsat.

Säkerheten mot brott inom detta delområde är tillfredställande, jämfört med skredkommissionens anvisningar.

Område III

Detta delområde dominerar föroreningssituationen markant inom undersökningsområdet. Fyllnadsmassor med avsevärd mäktighet, vanligen 1,5 – 2,5 m, täcker hela området, vilka överlagrar naturligt avsatt lera. I flera punkter har även fyllnadsmassor med mäktigheter över 2,5 m påträffats. Fyllnadsmassorna har i allmänhet en avfallsliknande karaktär (skrot, trä, plast, slagg, glas m m) och oljerester förekommer frekvent, särskilt vid provgroppsgrävning, se även **figur 3.2** och **figur 3.3**. I fyllnadsmassorna ingår även lera, sand, sten, block och sprängsten, med mycket varierande sammansättning inom olika delar. I många provpunkter indikeras att de ytligaste massorna, ca 0,5-1 m, till stor del saknar inslag av avfallskaraktär. Mot djupet förekommer dock i stort sett inom hela delområdet massor med avfallsliknande karaktär och oljerester. Inom den östra delen saknas dock ställvis uppgifter om jordlagerföljder och föroreningsbelastning, eftersom möjligheterna att utföra provtagningspunkter här varit begränsade.

I regel sker tillrinning av vatten till provgropar relativt snabbt inom området, även om undantag finns. I ett flertal punkter indikeras en oljehinna på vattenytan.

De ytliga fyllnadsmassorna (ca 0-1m) innehåller i allmänhet måttligt förhöjda halter av bly och övriga metaller inom delområdet, se även **figur 3.4**. Blyhalterna ligger här mestadels under MKM-värdet (300 mg bly/kg TS), även om flera provpunkter finns med något högre halter. På större djup, ca 1 – 2,5 m, är blyhalterna däremot avsevärt mycket högre och i princip uppvisar alla punkter högre halter än 5 x MKM, och delområden redovisar halter med mer än 10 x MKM, se **figur 3.5**. Övriga metaller, t ex koppar, zink m fl följer i stora drag blyhaltens variation. De stora mängderna fyllnadsmassor och de höga blyhalterna medför att av den totala mängden bly, koppar och zink inom hela Tidermans utfyllnadsområde, så härrör mer än 99 % från Område III. Även kvicksilver med förhöjda halter har påträffats i flera provpunkter inom området, särskilt inom den centrala del där båtklubben är belägen, se **figur 3.6**.

Fyllnadsmassorna inom området innehåller även oljerester. Det bör noteras att massor som bedömts vara indränkta med oljerester i provgropar ej uttagits för analyser, utan analyser har endast utförts på

icke oljeindränkta jordmassor. Av de analyser som utförts på jordprover m a p petroleumkolväten, främst alifater C12-C16 och C16-C35, uppvisar ca hälften av proverna halter över gränsen för MKM. I flera fall uppgår halterna till ca 5 000 – 10 000 mg/kg TS, eller mer. De högsta halterna motsvarar i stort sett residualmättnad i jorden, d v s den resthalt som återstår i en jordvolym efter oljemättnad och en därpå följande fri dränering.

Inslaget av övriga alifater (<C12) är däremot relativt begränsat. De oljeförorenade massorna förekommer främst i de fyllnadsmassor som återfinns på ett djup större än 0,5 m under markytan.

Att översiktligt bedöma vilka mängder med oljerester som kan finnas i de förorenade massorna är behäftat med mycket stora osäkerheter. Om man antar att hela Område III, d v s ca 67 000 m³ fyllnadsmassor, innehåller oljepåverkade massor med en medelhalt oljerester av 100 – 1000 mg/kg TS, innebär detta att ca 13 – 130 ton oljerester kan förekomma. Sannolikt ligger den "riktiga" mängden närmare det högre värdet än det lägre.

Även andra organiska ämnen påvisas vid analys av jordprover från Område III. Av dessa indikeras vanligen måttligt höga men ställvis också kraftigt förhöjda halter av PAH (cancerogena och övriga) i de djupare liggande fyllnadsmassorna. Halten av PAH i den ytliga fyllningen är däremot relativt låg. Ställvis har även förhöjda halter av övriga analyserade aromatiska föreningar, samt låga till måttliga halter av PCB noterats. Dioxin påträffas i samtliga jordprover (5 st) där analyser utförts, men i relativt låga halter.

Tennorganiska föreningar har analyserats i två prover och påvisats i ett av dessa, i ett samlingsprov från den centrala delen (båtklubben). Det kan noteras att TBT användes i större omfattning först under 1960-talet. Om varvsmassor o dyl har använts för utfyllnad under en tidigare period, innehåller dessa massor förmodligen ringa, eller ingen TBT. Däremot kan denna förening ha tillförts i samband med att fritidsbåtar hanterats under senare tid, fast då i mindre omfattning.

Säkerheten mot brott är tillfredställande inom norra hälften av detta delområde, inom södra hälften är dock säkerheten mot brott ej tillfredställande, jämfört med skredkommissionens anvisningar.

Område IV

Fyllnadsmassor inom detta delområde saknas i hälften av provpunkterna, i övriga punkter varierar mäktigheten mellan 0,5 och 1,2 m. Naturliga jordlager utgörs av lera och silt. Mindre inslag av byggregester finns i några punkter. Vattentillrinningen var i allmänhet liten vid provgroppsgrävning. Säkerheten mot brott inom detta delområde är tillfredställande, jämfört med skredkommissionens anvisningar.

Halterna av metaller och organiska föroreningar är genomgående låg inom detta område, såväl i ytliga som i djupare jordlager, se **figur 3.4** och **figur 3.5**.

3.2.3 Grundvatten

Provtagningspunkter för grundvatten fördelas till Område I (1 punkt), Område II (2 punkter) och Område III (7 punkter). Utförda analyser visar att de vattenprover som filtrerats överlag uppvisar låga metallhalter. Endast i ett filtrerat prov ligger blyhalten i paritet² med "måttligt allvarligt tillstånd", i övriga ligger halterna under detektionsgränsen, eller så indikeras att tillståndet är "mindre allvarligt".

I de ofiltrerade proverna påvisas däremot betydligt högre halter. Blyhalterna indikerar här vanligen "allvarligt" till "mycket allvarligt" tillstånd. Flera av de ofiltrerade vattenproven från Område III uppvisar extremt höga halter, 2000-7000 µg bly/l.

Av särskilt intresse här är resultaten från de tre grundvattenprover som analyserats m a p metylkvicksilver. Samtliga vattenprov är tagna från området vid båtklubben, där kvicksilver i jordlagren påträffats mest frekvent. Vattenproven uppvisar ett innehåll av metylkvicksilver, varierande mellan 0,3 och 3,2 ng/l. Några direkta jämförelser för metylkvicksilver saknas.

Utförda lakförsök på jordprov från Område III (med i allmänhet kraftigt förhöjda halter av arsenik, bly, koppar, kvicksilver och zink), indikerar en relativt låg urlakning av metaller. Jämfört med de gränsvärden som gäller för mottagning på deponier, överskrider enbart kvicksilver och antimon lakningskriterierna för inert deponi. Urlakningen för de

² Naturvårdsverket, 2002. Metodik för inventering av förorenade områden. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Rapport 4918.

två sistnämnda ligger dock under kriterierna för mottagning på deponier för icke-farligt avfall.

Eftersom oljerester generellt sett påträffas i jordlagren inom Område III har begränsat med analyser på petroleumkolväten i grundvattenprov utförts. De vattenprov från provtagningspunkter inom Område III som ändå analyserats, uppvisar som regel halter av alifatiska petroleumkolväten (C5-C35) varierande mellan 0,2 och 17 mg/l. Detta visar på en i stort sett generell påverkan av petroleumkolväten på grundvattnet inom Område III, och de högsta halterna indikerar dessutom att sannolikt inte bara lösta komponenter analyserats.

Analyser av ofiltrerade grundvattenprover innehåller i ett enstaka fall även förhöjd halt av PAH.

3.2.4 Sediment

Provtagningen av sediment har utförts i Göta älv längs med Tidermans utfyllnadsområde, på varierande avstånd från strandlinjen, ca 20 – 60 m. Sediment påträffas i 8 av 12 punkter, med mäktigheter av i allmänhet ca 0,1 – 0,2 m. Sedimenten utgörs vanligen av siltig gyttja, med inslag av organiskt material.

Metallhalter i sedimentprover har analyserats. Utifrån en jämförelse med NV:s tillståndsvärden³, vilka baseras på variationen av halter i ytliga sediment i svenska sjöar, klassas metallhalterna i samtliga provtagningspunkter som "mycket låga", "låga" eller "måttligt höga". Ett undantag utgörs av provpunkten Ti2011, vilken uppvisar "hög" halt m a p kvicksilver. Att notera är att bl a bly och zink, de metaller som dominerar i de förorenade fyllnadsmassorna, i allmänhet uppvisar "mycket låga" halter.

En jämförelse med NVs jämförvärden för avvikelser, d v s klassindelning grundad på avvikelser från ursprungliga, naturliga halter i sediment i svenska sjöar, indikerar däremot förhöjda halter ("stor" till "mycket stor" avvikelser) av arsenik, krom, koppar, nickel och zink. Detta gäller i stort sett för samtliga analyserade prover, såväl uppströms som nedströms inom området.

³ Naturvårdsverket, 2000. Sjöar och vattendrag. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Rapport 4913.

Blyinnehållet i sedimenten indikerar som regel "tydlig avvikelse" från naturlig halt. Halten av kvicksilver i en punkt bedöms motsvara "liten avvikelse", i övriga punkter "ingen avvikelse".

Sedimentundersökningar har även ingått i den huvudstudie⁴ som tidigare utförts för Bohus varv, ca 1,5 km uppströms nu aktuellt område. Resultaten från de undersökningarna uppvisade mindre mängder sediment, men i stort sett liknande halter av analyserade metaller.

Sammanfattningsvis bedöms därför att sedimenten i Göta älv utanför Tidermans utfyllnadsområde, i mindre grad är påverkade av det aktuella området, utan att dessa sannolikt representerar situationen hos sediment inom ett mer omfattande avsnitt av älven.

3.2.5 Spridning av föroreningar

Som redovisas ovan innehåller fyllnadsmassorna avsevärda mängder med föroreningar, framförallt metaller, men också petroleumkolväten. Föroreningspotentialen för området kan därför sägas vara mycket stor.

Olika föroreningar förekommer i olika faser, vilket starkt påverkar deras mobilitet och följaktligen deras benägenhet för spridning. Metallinnehållet, främst bly, koppar och zink, är mycket högt i jordprover, men såväl lakförsök på jordprov, som analyser av grundvattenprov indikerar att metallurlakningen till vätskefasen i allmänhet är låg. Lakförsöken utfördes på jordprover från Område III, men trots de kraftigt förhöjda metallhalterna var utlakningen av de olika metaller låg till måttlig. Undantag utgörs av kvicksilver, som visar på viss urlakning, jämfört med deponikriterierna. I allmänhet indikerar dock grundvattenprov och laktester att metallerna sannolikt är hårt bundna till partiklar. Detta indikerar också att spridningen av i grundvattnet lösta metaller till Göta älv är begränsat under rådande förhållanden. Här bör dock noteras att förekomst av metylkviksilver påträffats i samtliga de tre vattenprov som analyserats, om än i relativt sett låga halter.

En överslagsmässig bedömning av denna spridning kan dock göras utifrån analyserade halter, se **tabell 3.4**. Det bör noteras att halterna är analyserade på filtrerade vattenprover.

⁴ SWECO VIAK, 2006. F d Bohus varv. Huvudstudie. Unr 1310845 000.

Tabell 3.4 Översiktligt beräknat metallläckage till Göta älv från Tidermans utfyllnadsområde, baserat på metallhalter i **filtrerade** grundvattenprov.

	Bly	Koppar	Zink
Medelhalt i vattenprov (µg/l)	2,7	5,0	23
Maxhalt i vattenprov (µg/l)	21,1	20,7	64,8
Metallläckage till Göta älv, från medelhalt (kg/år)	0,04	0,08	0,35
Metallläckage till Göta älv, från maxhalt (kg/år)	0,3	0,3	0,9

Det grundvatten som avrinner till Göta älv från området antas utgöras av det grundvatten som bildas inom området, genomströmningen av grundvatten från järnvägsområdet i öster bedöms vara begränsad. Totalt antas grundvattenbildningen inom det aktuella området uppgå till ca 300 mm per år eller för 5 hektar ca 15 000 m³ per år, vilket i genomsnitt bedöms vara den volym grundvatten i fyllnadsmassorna som läcker till Göta älv.

Som framgår av beräkningarna bedöms läckaget av bly till Göta älv vara lägre än ett 0,1 kg per år, vilket kan jämföras med den översiktligt beräknade totala blymängden, ca 250 ton. För zink är läckaget något större, ca 0,4 kg per år, jämfört med ett totalt innehåll av ca 340 ton. Beräkningarna är överslagsmässiga, men indikerar ändå att läckaget via vattenlösliga metaller är begränsat, samtidigt som det kan dock pågå under mycket lång tid.

Någon liknande beräkning för metylkvicksilver är inte genomförd, främst beroende på det fåtaliga antalet analyser. Dessa indikerar dock att ett läckage sker till Göta älv av metylkvicksilver, även om mängderna är lägre än de ovan redovisade.

Inom den del av aktuellt markområde som är belägen närmast älven kommer grundvattennivåerna att påverkas av det fluktuerande vattenståndet i Göta älv. Detta innebär att vatten strömmar in i och ut från fyllnadsmassorna, under sannolikt en betydande hydraulisk gradient. Detta innebär sannolikt en ökad risk för uttransport av metaller, framförallt på att större vattenomsättning medför ökad utlakning, möjligen också genom att viss partikelbunden transport skulle kunna ske. Analyser av ofiltrerade vattenprov (innehållande partiklar) indikerar att halterna i dessa innehåller avsevärt högre metallhalter jämfört med filtrerade prov. Någon beräkning av uttransport av metaller genom

denna process låter sig svårligen göras, men genom att strandlinjen och därmed kontaktytan mellan älv och det huvudsakligen förorenade markområdet uppgår till ca 300 m (Område III), kan den inte helt negligeras. Genom att fluktuationerna har pågått under mycket lång tid, är det dock sannolikt att uttransporten av partikelbundna metallföroreningar p g a denna process med tiden avtagit.

Inom delar av området sker, med viss regelbundenhet men sannolikt med relativt kort varaktighet, även översvämning i samband med högvatten i älven. Större delen av nuvarande markyta inom Område III är belägen mellan nivåerna +11,0 och +11,5. En ungefärlig bedömning av hur högt vattnet kan nå, kan utföras m h a en utredning⁵ från 1996. Av denna framgår att vid normalvattenföring i Göta älv (ca 1000 m³/s) och normalt havsvattenstånd i Göteborgs hamn (Tingstads udde), är nivån i Göta älv vid Tidermans utfyllnadsområde ca +10,5. Om havsvattenståndet är ca +1,2 m över normalvattenståndet i Göteborg, och om vattenföringen är 840 m³/s, är vattennivån vid det undersökta området ca +11,4. Det sistnämnda innebär att mycket stora delar inom Område III översvämmas. Sådana vattennivåer i Göta älv har inträffat minst två gånger under de senaste två åren.

En översvämning innebär bl a att "grundvattenbildningen" ökar och därmed vattenomsättningen och urlakningen. Den omättade zonen i massorna vattenmättas dock inte "momentant" vid en översvämning. Relativt sett bedöms att uttransport av metaller p g a denna process maximalt är av samma storleksordning som den transport som redovisas i **tabell 3.4**.

De förorenade massorna står delvis i direkt kontakt med älven, och erosion p g a strömmande vatten kan därför i värsta fall ske längs den ca 300 m långa strandlinjen vid Område III. Genom att metallerna är bundna till partiklar finns en risk för uttransport av metaller vid denna typ av erosion.

Sediment påträffas i vattenområdet utanför utfyllnadsområdet vid ca 2/3 av de provtagningar som genomförts. Enligt ovan, se kapitel 3.2.3, indikerar dock inte en jämförelse med jämförvärden på några höga metallhalter i sedimenten utanför Tidermans utfyllnadsområde. Däremot, jämfört med naturliga bakgrundshalter för svenska sjöar

⁵ VBB VIAK, 1996. Götatunneln. Extrema vattenstånd i Göta älv. Unr 130500200.

och vattendrag, indikeras förhöjda halter av ett flertal metaller. Bly och zink, vilka är de metaller som dominerar i fyllnadsmassorna, uppvisar emellertid inte samma grad av påverkan på sedimenten, som på jordlagren. Detta kan tolkas som att de sediment som påträffats utanför Tidermans, helt eller delvis har annat ursprung, dvs de härrör ej från detta område.

En mycket grov beräkning kan göras för att uppskatta storleksordningen av metalltransport via erosion. Om man antar att metallhalterna är jämnt fördelade inom ett område med 100 m bredd och 300 m längd och om erosionen vid strandlinjen är 1 cm per år, innebär detta att jord innehållande ca 26 kg bly, 34 kg zink, 22 kg koppar och knappt 0,8 kg kvicksilver eroderas och borttransporteras varje år. Även om beräkningen är grov, indikerar den att en erosion av denna storleksordning sannolikt medför en betydligt större uttransport än läckage via grundvattnet. Erosionens storlek ovan är antagen, men även för det fall att erosionen enbart var 10 % av den antagna, dvs 1 mm per år, är detta fortfarande den viktigaste orsaken till metalltransport från det aktuella området till Göta älv. I sammanhanget kan nämnas att visst erosionskydd idag finns för större delen av Område III.

Till denna antagna erosion längs strandlinjen tillkommer även att ovan nämnda översvämningar på öppna markytor kan bidra till erosion och viss partikeltransport. Dock återfinns inte de mest förorenade massorna i markens ytliga jordlager, varför detta bidrag till föroreningsspridningen sannolikt är begränsat.

Spridning av damm från ytligt belägna jordmassor kan orsaka spridning av föroreningar från området, framförallt under torra och blåsiga väderleksförhållanden. De mest förorenade massorna återfinns dock inte i de ytliga jordlagren, vilket begränsar möjligheterna till spridning.

Ovan har främst spridning av metaller diskuterats. Näst efter metallbelastningen är förorening med oljerester, och då främst innehållande "tung" alifatfraktioner, av vikt att beakta vid föroreningsspridning. Oljresterna har med stor sannolikhet tillförts med de utfyllnadsmassor som idag återfinns inom området.

Eftersom oljeföroreningarna är att betrakta som äldre, och att eventuella lättflyktiga (och lösliga) föreningar sannolikt därför har avgått, kvarstår som regel de ovan nämnda alifatfraktionerna. Dessa

uppvisar som regel låg löslighet i vatten och hög viskositet (trögflytande).

En överslagsmässig beräkning av uttransporten till Göta älv via grundvattnet kan utföras på samma sätt som för metaller, enligt ovan. Om medelhalten av alifatiska petroleumkolväten, lösta i grundvattnet antas uppgå till i genomsnitt maximalt 5 mg/l (antaget värde, men baserat på erfarenheter från andra undersökningar), innebär detta ett maximalt läckage av ca 70 kg per år. Även denna beräkning är osäker, men den indikerar en maximal storleksordning. Det verkliga utläckaget bedöms vara betydligt mindre.

Förekomst av "fri fas" olja indikeras i vissa fall vid provgroppsgrävning och i ett fall vid grundvattenprovtagning. Generellt sett bedöms dock oljeresterna vara bundna till jordlagren, inte minst genom att stigande och sjunkande grundvattennivåer under årens lopp sannolikt har fördelat den fria oljefasen till porutrymmen mellan jordkornen. Samtidigt har också viskositeten hos oljefasen förändrats under den långa tid som gått sedan utfyllnaden utfördes. Vid provgroppsgrävningen sker dock en kraftig omrörning och störning av strukturen hos de oljeförörenade jordlagren, vilket kan orsaka att det existerande oljehinna bildas på inläckande vatten. Förekomst av en fri oljefas inom mindre delområden kan heller inte uteslutas, men sannolikt är dessa begränsade i storlek och oljefasen mer eller mindre stagnanter, enligt ovan. Ett eventuellt läckage av frifas olja till Göta älv kan svårt beräknas, men bedöms vara mindre, eller betydligt mindre, än de oljerester som kan spridas löst via grundvattnet till Göta älv, se ovan.

3.2.6 Påverkan av framtida ökade vattenflöden och höjda vattennivåer i Göta älv

I framtiden kommer med största sannolikhet flödesförhållandena i Göta älv att förändras avsevärt. Enligt SMHI⁶ kommer ett mildare och mer nederbördsrikt klimat att leda till stora förändringar av flödena i Göta älv. Framförallt kommer antalet dagar med höga tappningar i Göta älv att öka kraftigt. Jämfört med dagens medeltappning på 1030 m³/s visar olika framtida klimatscenarier på att en genomsnittlig tappning (ej extremvärden) på 1400 m³/s krävs om ca 70-100 år för att bibehålla dagens säkerhetsnivå i Väneren.

⁶ SMHI, 2006. Nivåer och flöden i Vänerens och Mälarens vattensystem – Hydrologiskt underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen. Reports Hydrology, No 20, november 2006.

Ökade vattenflöden och höjda vattennivåer medför ökade risker för erosion och för översvämning (oftare och uthålligare) av älvnära områden. Enligt ovan är föroreningarna till mycket stor del partikelbundna och ökad erosion medför därför en direkt ökad risk för spridning av föroreningar till Göta älv.

Undersökningarna visar att kvicksilver finns inom delar av utfyllnadsmassorna, med högst halter inom Område I, men också med relativt höga halter inom Område III. I normala fall är kvicksilver⁷ i jordlagren under icke-anaeroba förhållanden bundet till organiskt material, med en låg rörlighet. Om kvicksilvret däremot metyleras, d v s metylkvicksilver bildas, kan rörligheten i mark öka väsentligt. Metylkvicksilver bildas i huvudsak under anaeroba förhållanden. Om förutom en begränsad syretillförsel även den mikrobiella aktiviteten är hög inom ett område, kan detta medföra att metyleringen ökar dramatiskt.

Exempel på miljöer där kvicksilver kan metyleras och övergå till vattenfasen är våtmarker o dyl, för vilka förhållandena förändras. Det är också känt att en förändring av vattennivåerna i mark starkt kan påverka produktionen av metylkvicksilver, t ex vid uppdämning i sjöar, d v s när landområden läggs under vatten och organiskt material bryts ned. Liknande effekter har även påvisats vid uppdämning av våtmarker.

Bildningen av metylkvicksilver kan innebära, förutom en väsentligt ökad rörlighet i marken, att kvicksilvret lättare upptas i levande organismer. Eftersom metylkvicksilver har en lång halveringstid i t ex fisk, kan bildning av metylkvicksilver, enligt 7), medföra kraftigt förhöjda kvicksilverhalter i fisk, särskilt i rovfiskar i insjöar och kustnära vatten.

Sammanfattningsvis kommer ökade flöden och höjda vattennivåer i Göta älv att medföra en allmänt ökande risk för erosion, vilket i sig innebär en ökande risk för spridning av partikulärt bundna föroreningar, d v s främst metaller. Dessutom, en ökad risk för översvämning av det älvnära området innebär sannolikt även en ökad risk för metylering av befintligt kvicksilver i jordlagren, vilket innebär att rörligheten för kvicksilver ökar. Inom Område III finns avsevärda mängder kvicksilver i jordlagren, samtidigt som området redan idag

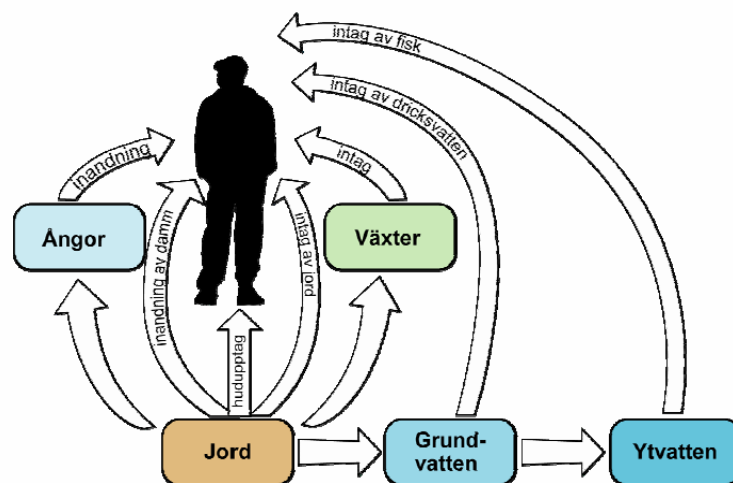
⁷ Regnell, 2005. Kviksilvret på EKA-området, Bengtsfors – en syntes om förekomstformer och spridningsbenägenhet. Rapport nr EKA 2004:3. Lunds Universitet.

översvämmas med viss frekvens. I framtiden riskerar området att översvämmas med en betydligt ökad frekvens. Förekomst av metyllkvicksilver är idag redan konstaterad i grundvattnet inom Område III. Metylisering av kvicksilver inom detta delområde bedöms kunna öka i framtiden och följaktligen även spridningen till Göta älv, där det akvatiska livet riskerar att påverkas.

3.3 Fördjupad riskbedömning m a p markanvändning

NVs generella riktvärden gäller för hela landet och har beräknats för att kunna appliceras på ett stort antal objekt. De tar inte hänsyn till samverkans effekter mellan olika föroreningar. Vid beräkningen av riktvärden tas hänsyn till flera olika exponeringsvägar för såväl människa som miljö, se **figur 3.7**. Figuren visar samtliga av de exponeringsvägar som är aktuella för ett s k KM-område där skyddsvärdet är stort. Vid en platspecifik bedömning av ett område liknande det nu aktuella undersökningsområdet blir bedömningen annorlunda, exempelvis utgår exponeringsvägarna "intag av dricksvatten" och "intag av växter" då området försörjs med kommunalt dricksvatten och odling inte lär vara aktuell.

I det nedanstående redovisas hur plats specifika hälsobaserade riktvärden har beräknats.



Figur 3.7 Exponeringsvägar enligt NV's modell avseende ett KM-område, från NV⁸

⁸ NV Remiss avseende riskbedömning av förorenade områden, 2005

3.3.1 Platsspecifika förutsättningar

Inom undersökningsområdet finns två olika planerade framtida markanvändningstyper identifierade, "verksamhetsområde" samt "MLU". Kategorin "MLU" avser mark med lågt utnyttjande (MLU) exempelvis trafikområden och naturmark där exponeringsförutsättningarna bedöms vara ganska likvärdiga. Detta innebär att exponeringsförutsättningarna skiljer sig åt inom de olika markanvändningsområdena. Inom verksamhetsområdet kommer människor att vistas mer stadigvarande än inom MLU. Inom verksamhetsområdet kan det eventuellt komma att uppföras byggnader, då planen medger detta, vilket sannolikt inte kommer att ske inom övriga delar av området då det strider mot gällande detaljplan.

Observera att den riskbedömning som utförs och de antaganden som görs utgår ifrån de människor som kommer att vistas inom området. Det är alltså inte en bedömning av exponeringsrisker för människor som deltar vid olika kortvariga markarbeten, typ schaktning m m, och som då kan komma i kontakt med föroreningar. Deras hälsa bevakas via arbetarskyddet och en utredning ska utföras i samband med att en arbetsmiljöplan tas fram.

Vid beräkning av platsspecifika hälsobaserade riktvärden har hänsyn tagits till de skilda exponeringsförutsättningarna. Hänsyn tas även till på vilket djup föroreningen återfinns, då sannolikheten att exponeras för massor belägna på ett större djup är mindre än för massor som återfinns ytligt.

Någon möjlighet att beräkna platsspecifika riktvärden för skyddet av markfunktionen anvisas inte i Naturvårdsverkets beräkningsmodell. Eftersom skyddet av markfunktionen bedöms föranleda betydligt hårdare krav m a p föroreningsgraden än vad beräknat skydd för ytvattenrecipienten enligt NVs modell skulle medföra (p g a mycket kraftig utspädning i Göta älv), har den sistnämnda beräkningen inte genomförts. Riskerna m a p Göta älv diskuteras därför separat, se **kapitel 3.4**.

3.3.2 Exponeringsförutsättningar för människor

De sätt på vilka människor kan komma i kontakt med föroreningarna bedöms vara begränsade, se **figur 3.8**.

Inom verksamhetsområdet kommer sannolikt främst vuxna att vistas mer eller mindre stadigvarande i sin arbetsutövning. Barn kan vid

enstaka tillfällen och under kortare tid finnas inom området. Inom MLU kan såväl barn som vuxna befinna sig. Tiden för vistelse inom detta område bedöms dock vara begränsad och exponeringstiden blir därmed lägre än inom industriområdet, se **tabell 3.5**

Platsspecifika hälsobaserade exponeringsantaganden, Tidermans utfyllnadsområde

- Direktintag av jord (oralt intag, i samband med snusning etc)
- Hudkontakt
- Inandning av damm
- Inandning av ångor (inomhus, d v s enbart inom verksamhetsområdet)

Figur 3.8 Platsspecifika exponeringsantaganden avseende människors hälsa

De exponeringstider som använts för ytjorden följer NVs antaganden för MKM-område respektive Parkmark och MLU⁹. För massor belägna på ett större djup har en exponeringstid av 5 dagar/år bedömts vara rimlig med tanke på att det enbart är vid markarbeten som dessa massor "friläggs".

Tabell 3.5 Antagna exponeringstider (dagar/år) vid beräkning av platsspecifika hälsobaserade riktvärden för jord inom Tidermans utfyllnadsområde.

Exponeringsväg	Verksamh ytjord	Verksamh >0,7 m	MLU ytjord	MLU >0,7 m	MKM	Park/ MLU
Intag av jord	129	5	20	5	129	20
Hudkontakt	27*	5	20	5	27*	20
Inandning av damm	122	5	20	5	122	20
Inandning av ångor	122	122	Ej aktuellt	Ej aktuellt	122	Ej aktuellt

* avser exponeringstid för en vuxen person

⁹ Se NV Rapport 4639 samt 4889

Nedan förklaras vad de olika exponeringsvägarna omfattar och till viss del vilka antaganden som gjorts;

Direktintag av jord, hudkontakt och inandning av damm

- Exponeringsrisk föreligger främst vid ytligt liggande föroreningar. Nederbörd i form av regn och snö innebär minskade exponeringsförutsättningar för exempelvis spridning av förorenat damm.
- Om de förorenade massorna täcks av byggnader och/eller hårdgjorda ytor minskar sannolikheten för exponering.
- Förorenade massor belägna under byggnader och/eller hårdgjorda ytor blottläggs enbart i samband med markarbeten. Endast vid dessa tillfällen kan människor som vistas inom området exponeras.

Inandning av ångor

- Vid riskbedömningen utgår vi ifrån att byggnader kommer att finnas inom området. Trots att flyktiga ämnen inte påvisats i någon större omfattning har schablonmässiga beräkningar utförts baserade på NVs antaganden.
- Generella antaganden om spädning i luft har använts. Utgångspunkten har varit egenskaper för byggnader utan källare och att spädningen porluft/inomhusluft är 20 000 gånger.

3.3.3 Skydd av markfunktionen

NVs modell möjliggör inga platsspecifika beräkningar för skydd av markfunktionen. Marken inom Tidermans utfyllnadsområde kan eventuellt jämföras med ett skydd som motsvarar Naturvårdsverkets riktvärde för MKM. I vissa fall accepteras ett lägre skydd än MKM inom kontors- och industriområden i urban miljö. Det är också många gånger accepterat med ett lägre skydds krav för massor belägna på ett djup > 0,7 m. Halter 2-5 gånger de generella riktvärdena för MKM har i flera fall accepterats av olika tillsynsmyndigheter.

3.3.4 Urval av ämnen

Baserat på undersökningsresultatet har platsspecifika hälsobaserade riktvärden beräknats för följande ämnesgrupper:

- Metaller (As, Pb, Cd, Co, Cu, Cr, Hg, Ni, V och Zn)
- Alifatiska kolväten, fraktionerna C₁₆-C₃₅
- Polycykliska aromatiska kolväten (PAH), (summa cancerogena och övriga)

3.3.5 Platsspecifika hälsobaserade riktvärden för jord

Beräkningar har utförts enligt Naturvårdsverkets modell vilket i detta fall innebär att en sk referenskoncentration (C_x) beräknas för respektive ämne och exponeringsväg. Referenskoncentrationen motsvarar den halt i jorden som ger en acceptabel risk om enbart denna exponeringsväg beaktas. En sammanvägning görs, enligt den ekvation som anges nedan, där de olika referenskoncentrationerna sammanvägs till ett hälsobaserat riktvärde. För Tidermans utfyllnadsområde gäller därmed:

Verksamhetsområdet: $C_{hälsa} = 1/(1/C_j)+(1/C_h)+(1/C_d)+(1/C_å)$

MLU/Naturmark: $C_{hälsa} = 1/(1/C_j)+(1/C_h)+(1/C_d)$

C_j – intag av jord, C_h – hudkontakt, C_d – inandning av damm, C_å – inandning av ångor.

Beräknade platsspecifika hälsobaserade riktvärden redovisas i **tabell 3.6**. I **bilaga 2** redovisas de referenskoncentrationer som beräknats för de enskilda exponeringsvägarna samt vilken exponering som styr det framräknade platsspecifika riktvärdet.

Tabell 3.6 Platsspecifika hälsobaserade riktvärden (mg/kg TS) för jord inom Tidermans utfyllnadsområde, justerade och avrundade, samt NV:s jämförvärden.

Ämne	Verksamh ytjord	Verksamh >0,7 m	MLU ytjord	MLU >0,7 m	MKM
Arsenik	37	550	60	560	40
Bly	5 300	e.b.	8 600	e.b.	300
Kadmium	190	2 500	550	2 500	12
Kobolt	3 100	e.b.	4 300	e.b.	250
Koppar	e.b.	e.b.	e.b.	e.b.	200
Krom (tot)	e.b.	e.b.	e.b.	e.b.	250
Kvicksilver	20	20	230	4 800	7
Nickel	450	4 300	1 000	4 300	200
Vanadin	13 000	e.b.	20 000	e.b.	200
Zink	e.b.	e.b.	e.b.	e.b.	700
Alifater C16-C35	2 000	2 000	e.b.	e.b.	1 000
PAH cancerogena	7,5	140	35	150	20
PAH övriga	10 000	20 000	24 000	e.b.	40

e.b. ej begränsande exponering

De halter som redovisas ovan för exempelvis ytjord inom verksamhetsområdet motsvarar de referenskoncentrationer som erhålls enligt NVs beräkningar av generella riktvärden för MKM. Mindre avvikelser förekommer bl a beroende på att uppdaterade indata har använts i beräkningen. I **bilaga 2** redovisas vilka avvikande värden som applicerats i den platsspecifika beräkningsmodellen

3.3.6 Jämförelse mellan aktuell föroreningsituation och platsspecifika hälsobaserade riktvärden

Följande kan noteras:

Arsenik: I enstaka provpunkter har halter som överskrider de platsspecifika riktvärdena för ytlig respektive djupare jord noterats.

Bly: Mycket höga halter av bly har påvisats inom området. Även i jordprov som representerar ytjord (0-1 m) har i ett flertal provpunkter mycket höga halter påvisats. Halterna överskrider det platsspecifika riktvärdet för ytjord.

Koppar: Höga till mycket höga halter av koppar har noterats i ett större antal provpunkter. När det gäller påverkan på människan utgör dock dessa halter ingen risk.

Kvicksilver: I flera prover har halter noterats som överskrider det platsspecifika riktvärdet för ytjord inom verksamhetsområdet. Riktvärdet är dock främst föranlett av risk vid inandning av ångor i inomhusmiljö, en exponering som i dagsläget inte bedöms vara aktuell i någon större omfattning. Halterna i ytjorden är ej så höga att de bedöms utgöra någon risk vid hudkontakt, oralt intag alternativt inandning av förorenat damm. Högst halter återfinns i jordprover tagna på ett djup större än 0,5 m under markytan.

Zink: Höga halter av zink har noterats i ett större antal provpunkter. När det gäller påverkan på människan utgör dock dessa halter ingen risk.

Alifater > C16-C35: I flera av de analyserade jordproverna är halterna högre än de platsspecifika riktvärdena för verksamhetsområdet. Noterbart är också att fältundersökningarna indikerar en utbredd förekomst av "oljeindränkta" massor, dessa återfinns främst på ett djup större än 0,5 m under markytan.

PAH, canc: I enstaka provpunkter uppvisar ytliga jordprover halter som är högre än de platsspecifika riktvärdena för ytlig jord inom verksamhetsområdet. Högsta halter återfinns på ett

större djup varvid riktvärdet för djup jord inom verksamhetsområdet överskrids.

Övriga ämnen: För övriga ämnen, för vilka platsspecifika hälsobaserade riktvärden beräknats, överskrider uppmätta halter inte de platsspecifika riktvärdena. I en enstaka punkt har en dock mycket hög halt av dioxin noterats i jorden, denna provpunkt är belägen inom delområde I.

Sammanfattningsvis bedöms metaller (främst i form av bly, koppar och zink, men även kvicksilver) samt rester av petroleumkolväten vara de föroreningar som kommer att vara dimensionerande för de åtgärder som behöver vidtas inom området. I avsnitt 3.4 lämnas en kortfattad beskrivning avseende ett urval av påträffade föroreningar och deras farlighet.

3.4 Föroreningar och deras farlighet

3.4.1 Bly

Bly är en metall som under lång tid använts i olika produkter och för en mängd olika ändamål, ex mynt, färgpigment, vattenledningssystem, tillsats ämne i bensin samt i batterier. Bly anses vara en global miljöförorening som förekommer allmänt i miljön (luft, mark, vatten och föda). (Källa www.imm.ki.se)

Blyexponeringen har minskat under senare år, framför allt på grund av att bly i bensin förbjöds samt att det skett en urfasning av bly när det gäller tillverkning av konservburkar. Den största exponeringen sker dock via mat och dryck. För små barn kan intag av blyförorenad jord samt inandning av damm vara en betydande exponeringskälla. (Källa www.imm.ki.se)

Bly i miljön är starkt adsorberat till sediment och jordpartiklar vilket innebär en reducerad tillgänglighet för organismer. På grund av den låga lösligheten hos de flesta blysalter tenderar bly att fällas ut i form av komplex. Bioackumulerbarheten är generellt mycket lägre vid närvaro av organiskt material, sediment och/eller mineralpartiklar. I akvatiska system är nästan allt bly hårt bundet till sedimenten. Endast en mindre del löses i vattnet, vilket även gäller för porvattnet. (källa www.inchem.org)

Redan vid små doser ger bly skador på nervsystemet. Det är främst effekter på hjärnans utveckling hos foster och barn som

uppmärksammas. Andra effekter som kan uppträda vid låg exponering är hämning av blodbildning, nedsatt hörsel, njurpåverkan och minskad skelettillväxt hos barn.

3.4.2 Koppar

Koppar förekommer naturligt i miljön i såväl växter som djur.

Koppar är livsnödvändigt för människor, djur och växter. Men samtidigt kan förhöjningar av kopparhalten ge upphov till skadliga effekter på mark- och vattenorganismer. Sådana effekter kan uppträda vid de halter som uppmäts i förorenade miljöer till exempel i storstäder. (källa <http://sv.wikipedia.org>)

Koppar är ett livsnödvändigt spårämne för människor men, vid för höga intag kan skador uppstå på mag- och tarmkanalen. Skador på lever, njurar och slemhinnor kan också uppstå.

I höga koncentrationer är koppar irriterande för magslemhinnan efter oralt intag. Kopparsulfat kan användas som kräkmedel. (källa www.occmmed.uu.se)

3.4.3 Kvicksilver

Närvaro av kvicksilver i miljön har väsentligt ökat på grund av människan. Kvicksilver har bl.a. använts i batterier, tandamalgam och vid betning av utsäde. Spridning sker bl.a. via förbränning av dåligt sorterat avfall. Den viktigaste exponeringen av kvicksilver är via livsmedel och då främst via intag av fisk.

Om kvicksilver finns i marken och metylisering sker, d.v.s. metylkvicksilver bildas, innebär detta att lösligheten och därmed mobiliteten ökar kraftigt, och spridning kan ske, tex via grundvatten till ytvatten. Metylkvicksilver upptas betydligt lättare av organismer, bl.a. av fisk, i vilken halveringstiden för metylkvicksilver dessutom är lång. Detta innebär särskilt stor risk för ackumulering av (metyl)kvicksilver i rovfisk. (källa www.slv.se)

Exponering för metylkvicksilver kan påverka centrala nervsystemet och fosterperioden är den mest känsliga perioden. (källa www.slv.se)

3.4.4 Zink

Zink är en för människan essentiell metall. Den ingår i flera enzymer. Zink har betydelse för RNA-syntesen. Det är viktigt för reproduktionen; sperma innehåller hög halt zink. Metallen är också viktig för sårläkning.

Zink används som korrosionsskydd: förzinkning och galvanisering. Dessutom används det som legeringsmetall till mässing, färgpigment (ZnO) och vid gummivulkanisering. Zinkplåtar används i den grafiska industrin

Inhalation av svetsrök ger metallröksfeber, som också kallas svetsarfrossa eller zinkfrossa. Zinkklorid är en frätande förening och kan ge frätskador på hud. (källa www.occmmed.uu.se)

3.4.5 Alifatiska kolväten (alkaner och alkener)

Petroleumprodukter är mycket komplexa blandningar av hundratals föreningar. Endast för ett fåtal av dessa föreningar är de långsiktiga hälsoriskerna kända och kvantifierade. De komplexa sammansättningarna medför svårigheter vid bedömningen av riskerna i samband med markföroreningar. (källa NV Rapport 4689)

När det gäller toxicitet hos människan finns inga bevis för att *alkaner* är fullständiga cancerogener, däremot misstänker man att de högre alkanerna (C10 och större) kan fungera som cancerogener i samverkan med andra ämnen eller som promotorer av cancer. *Alkener* är inte speciellt toxiska och har inte visats ge skador på nervsystemet. (källa NV Rapport 4689)

För alifatiska kolväten finns mycket lite information när det gäller toxiska effekter för miljön. Den information som finns gäller huvudsakligen de lätta fraktionerna som helst.

3.5 Fördjupad riskbedömning m a p Göta älv

Det aktuella området är beläget direkt i anslutning till Göta älv, med en strandlinje längs älven av drygt 500 m. För Område III, med den absolut största föroreningsbelastningen, är strandlinjen ca 300 m. Förorenade massor bedöms kunna förekomma ända ut mot älven.

Risk för påverkan på älven finns av främst två olika orsaker:

1. Ständigt pågående diffust läckage av föroreningar dels via erosion (partikelbunden), dels via grundvattnet (löst i vattenfasen).
2. Vid ett skred i de finkorniga massorna inom aktuellt område kan förorenade fyllnadsmassor dras med ut i älven och transporteras nedströms via denna.

3.5.1 Påverkan via grundvattenströmning och erosion

Läckage från det förorenade området till Göta älv pågår ständigt, även om omfattningen kan variera, t ex beroende på vattenstånd och vattenflöde i älven, vilka kan påverka grundvattenströmning i fyllnadsmassor och erosion.

För att åskådliggöra storleksordningen av läckaget, redovisas en översiktlig bedömning av detta i **tabell 3.7**, liksom vilken föroreningspotential som finns inom själva de förorenade massorna, tillsammans med uppgifter om metalltransport i Göta älv.

En jämförelse mellan total mängd och utläckande mängder indikerar att utläckaget kan pågå under mycket lång tid, utan att föroreningskällan nämnvärt påverkas.

En jämförelse mellan totalt "läckage" (via både grundvatten och erosion) från Tidermans utfyllnadsområde och metalltransporten i Göta älv visar att det förstnämnda är relativt sett litet. Det beräknade utläckagets storlek är dock osäkert, enligt ovan.

En jämförelse kan även göras mellan den totala mängden metaller inom Tidermans utfyllnadsområde och den mängd som transporteras årligen i Göta älv. Av denna framgår att föroreningspotentialen som regel är mycket stor, jämfört med metalltransporten i älven.

Tabell 3.7 Total mängd föroreningar i fyllnadsmassor inom Tidermans utfyllnadsområde, metalläckage till Göta älv, samt metalltransport i Göta älv¹⁰.

	Bly	Koppar	Kvicksilver	Zink
Total mängd, medelhalter (kg)	245 000	210 000	10 000	320 000
Via grundvatten (maxhalt) per år (kg)	0,3	0,3	Ej beräkn	0,9
Via erosion 1 cm/år (kg)	26	22	0,8	34
Transport i Göta älv per år (kg)	2 000	6 900	15	22 500

I tabellen redovisas inte mängder och läckage av metylkvicksilver från utfyllnadsområdet. Tre grundvattenprov har analyserats och samtliga innehåller metylkvicksilver. Underlaget bedöms dock vara för begränsat för ovan redovisade beräkningar, däremot indikerar det att metylkvicksilver förekommer utbrett inom områden där kvicksilver påträffas i jordlagren

3.5.2 Påverkan via skred

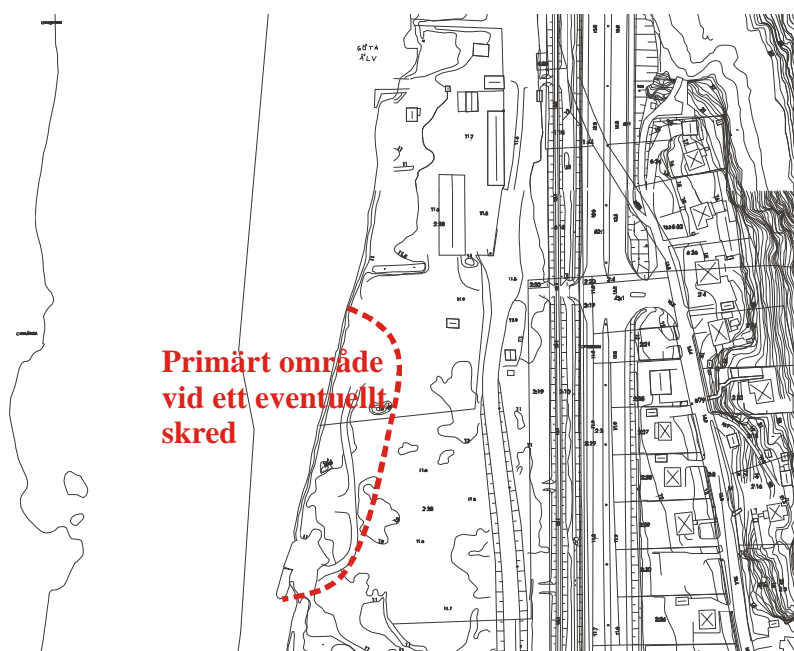
Området ligger i Göta älvs dalgång, vilken generellt sett innehåller skredkänsliga finsediment.

De ytligaste jordlagren, ca 2 m, utgörs av fyllnadsmaterial som till stor del sannolikt består av restprodukter och avfallsmassor från de f d varven i Göteborgsområdet. Fyllnadsmaterialet har en bas av sand och grus men innehåller också skrot, tegel, plast, trärester etc. Fyllnadsmaterialet överlagrar lera med stor mäktighet, generellt omkring 50 m. Längst norrut i utredningsområdet är lerdjupen något grundare, ca 15-30 m. Leran vilar på berg.

¹⁰ Miljögifter i och kring Göta älv. Sammanställning av undersökningar av vatten, sediment, biota och utsläpp. Länsstyrelsen i Västra Götaland, Rapport 2003:57.

Säkerheten mot brott är i dagsläget tillfredställande i den norra delen av utredningsområdet, men otillfredsställande i den södra delen av området, inom Område III.

I det fall ett skred skulle inträffa, är det inte orimligt att skredet skulle kunna gripa ca 20 – 30 m in i massorna från älven räknat, längs en bredd av ca 150 m (gäller enligt ovan inom Område III, med en tidigare konstaterad lägre grad av stabilitet), se **figur 3.8**.



Figur 3.8 Figuren visar bedömt primärt område vid ett eventuellt skred.

Med en medelmäktighet av ca 2 m av de "högförorenade fyllnadsmassorna" inom denna del av utfyllnadsområdet skulle det innebära att närmare 9 000 m³ av massorna primärt kan beröras av ett skred. Vid ett sådant kommer en del av massorna att tryckas ut i älvfåran, samtidigt som marknivån hos övriga massor vilka berörs av skredet i allmänhet skulle sjunka, till stor del sannolikt under älvens yta. Det bör noteras att markytan inom området idag ligger obetydligt (ca 0,5 - 1 m) över Göta älvs normala vattenstånd. Jordlagren inom skredområdet skulle "röras om", "brottytor" skulle uppstå i skredmassorna och jord som tidigare varit täckt av överlagrande jordlager med lägre grad av föroreningar och/eller markvegetation, skulle exponeras direkt mot Göta älvs vatten.

Ett skred kan därför medföra att stora mängder jordpartiklar frigörs till älven vid själva skredtillfället, men också att strömmande älvvatten

skulle få direktkontakt med jordmassor som tidigare inte varit exponerade, med risk för en fortgående erosion. Efter det att ett skred skett, kommer åtgärder att vidtas inom det område som berörs av skredmassorna, särskilt för de massor som tryckts ut i älvfåran. I samband med att åtgärder av olika slag utförs (t ex schaktning, muddring o dyl) är risken stor att ytterligare jordpartiklar frigörs till älven. Förutom åtgärder som skulle vara aktuella att vidta kort efter det att ett skred inträffat, t ex för att möjliggöra fartygstrafik i älven, skulle sannolikt återställnings- och förstärkningsarbeten komma att pågå under mycket lång tid. Alla typer av arbeten som medför masshantering i eller i omedelbar anslutning till älven riskerar därvid att frigöra jordpartiklar till denna.

Beroende på typ av föroreningar, föroreningars halter och föroreningars fördelning till olika faser (fast fas/vätskefas/gasfas) skulle ett skred därför kunna medföra olika typer av föroreningsspridning.

Om man antar att 9 000 m³ inom detta område primärt skulle omfattas av skredet, innebär detta att ca 33 ton bly, 27 ton koppar, 41 ton zink, 0,6 ton kvicksilver samt 2 – 17 ton oljerester kommer att finnas i skredmassorna.

Enligt ovan är metallinnehållet i de förorenade massorna huvudsakligen bundna till jordpartiklarna. Partikelbundna metaller riskerar därför att spridas vid själva skredtillfället, genom fortgående erosion (särskilt via färsk brottytor), men också p g a i tiden utdragna återställnings- och förstärkningsarbeten.

De oljerester som återfinns i de förorenade fyllandsmassorna utgörs enligt utförda analyser främst av alifatiska petroleumkolväten av fraktionen C16-C35. Dessa kännetecknas i allmänhet av låg flyktighet och låg vattenlöslighet, d v s även dessa är till stor del partikelbundna. Följaktligen kommer spridningsmekanismerna för dessa att delvis likna de som gäller för metaller, se ovan.

En "störning" av de förorenade jordlagren kan möjligen också medföra att eventuella oljerester i fri fas kan komma i direkt kontakt med älvvattnet. Vid grävning av provgropar i de förorenade fyllandsmassorna indikerades ställvis att en hinna av olja kan bildas på vattenytan. Om liknande processer inträffar i jordmassor vid ett skred, och skredmassorna kommer i kontakt med älvvattnet, kan oljerester i fri fas spridas via älven.

Flera faktorer kommer att påverka spridningsförutsättningarna vid ett skred; vattenflöde, vattennivåer, väderlek (isbildning på älven eller längs stränder, tjäle i mark) o dyl.

En påverkan från ett skred skulle ske, dels på det ekologiska systemet i och invid älven och dels på ackumulationsbottnar i älvens utlopp vid Västerhavet (Göteborgs hamn). Framförallt riskerar dock Göteborgs råvattenintag vid Alelyckan, ca 10 km nedströms, att påverkas. Vilka konsekvenser som det sistnämnda skulle kunna medföra har sammanställts av Göteborgs Vatten- och Avloppsverk och redovisas i **bilaga 3**.

En punktviss sammanfattning av denna bilaga görs även nedan:

- Stängning av råvattenintaget sker några få minuter från det att VA-verket får kännedom om en kvalitetsstörning. Det sistnämnda kan antingen ske via rapporter från t ex räddningstjänsten och kommuner längs älven, eller via signaler från de kontinuerliga kontrollstationer som VA-verket har i älven. Rinntiden till Alelyckan är normalt ca 6 timmar, vid större vattenföring ca 4,5 timmar.
- Om råvattenintaget vid Alelyckan faller bort finns reservkapacitet för vattenförsörjningen av Göteborg, dels via Delsjöarna, dels via Rådasjön. Även idag sker dock relativt frekvent stängningar av intaget vid Alelyckan, vilket medför att vattenreserverna vid dessa tillfällen minskas.
- Tidigare utförda riskanalyser visar på allvarliga konsekvenser för råvattenförsörjningen vid skred av förorenade massor i Göta älv. Förutom en första sedimentpuls, finns även risk för långvarig påverkan på vattenkvaliteten. Erfarenheter från tidigare skred (1993), när intaget fick hållas stängt både under och efter förstärkningsarbetet, vilket pågick under flera månader, indikerar att stängningstiden efter skred i områden med förorenad mark skulle kunna bli mycket långdragna.
- Att fortsatt använda Göta älv som råvattentäkt i händelse av ett skred uppströms intaget bedöms av VA-verket som uteslutet, och skulle allvarligt påverka brukarnas förtroende för dricksvattenförsörjningen. Eftersom volymerna i reservråvattentäkterna är begränsade, skulle ett skred i förorenad mark även kunna leda till råvattenbrist.

Någon särskild utredning avseende påverkan på det akvatiska livet, eller hur det ekologiska systemet invid Göta älv skulle påverkas av ett skred i förorenade massor har ej omfattats av denna huvudstudie. I älven finns idag bl a ett stort antal fiskarter, enligt muntlig uppgift 47 stycken, vilka kan påverkas av ett skred i förorenade massor.

En ytterligare konsekvens av ett skred skulle högst sannolikt vara att mängden förorenade sediment som ackumuleras vid Göta älvs utlopp i Västerhavet, d v s till stor del inom Göteborgs hamn, skulle öka. Idag måste regelbunden muddring utföras inom hamnen, varvid förorenade sediment kräver deponering på en särskild deponi. Den deponi som används idag för förorenade muddermassor, Torsviken, kommer att vara fullt utnyttjad år 2009.

3.6 Sammanfattande riskbedömning

Föroreningssituation

- Höga metallhalter förekommer i fyllnadsmassorna, framförallt inom Område III och då i allmänhet på ett djup större än 0,5-1 m under markytan. Halterna inom detta delområde är i allmänhet att betrakta som mycket kraftigt förhöjda. Fyllnadsmassorna innehåller i allmänhet även betydande mängder oljerester. Fyllnadsmassornas totala volym och föroreningshalter medför att föroreningspotentialen hos området bedöms vara mycket stor.
- Spridning av föroreningar till älven sker genom olika processer, där främst erosion sannolikt dominerar och där urlakning och grundvattentransport bidrar, men är underordnade. Den totala uttransporten är till sin storlek dock i allmänhet begränsad, särskilt om jämförelser görs med den nuvarande metalltransporten i Göta älv. Området är dock sannolikt ett av flera förorenade områden som bidrar till denna transport. Med hänsyn till områdets mycket stora föroreningspotential, kommer läckaget av föroreningar att kunna fortgå under mycket lång tid.

Påverkan på människor och markmiljön

- De människor som i dagsläget vistas inom området exponeras framförallt för de föroreningar som återfinns ytligt. Massor belägna på ett större djup bedöms inte medföra någon risk för de människor som vistas inom området.

- Ställvis återfinns höga föroreningshalter i ytlig jord, vilket kan medföra risk för påverkan på människor. (arbetsmiljön vid markarbeten på större djup bör därför särskilt beaktas, detta ligger dock utanför denna huvudstudie) .
- På grund av de höga föroreningsnivåer som återfinns i fyllnads-massorna bedöms markfunktionen idag vara allvarligt påverkad. Växtlighet och annan biologisk aktivitet samt artrikedom är sannolikt kraftligt nedsatt.

Övriga skyddsobjekt (främst Göta älv)

- Inom Göta älvs dalgång finns en generell risk för skred. Inom den norra delen av aktuellt område är stabiliteten tillfredställande, medan den är otillfredställande inom södra delen av Område III, det delområde där förorenings-belastningen är absolut störst. Klimatförändring och landhöjning kan på lång sikt påverka stabiliteten. Om ett större skred går, innebär detta en risk för Göta älv, såväl avseende Göteborgs huvudvattentäkt (råvattenintaget vid Alelyckan) nedströms Tidermans utfyllnadsområde, som för ekosystemen i och invid älven.
- Ett skred inom området medför högst sannolikt en mycket utdragen stängning av råvattenintaget vid Alelyckan, utifrån tidigare erfarenheter. Reservråvattentäkternas volymer är begränsade varför detta skulle kunna leda till råvattenbrist för Göteborg.
- Enligt VA-verket är det uteslutet att fortsätta använda råvattenintaget vid ett skred i förorenade massor uppströms, även om utspädning i älven och behandlingsmöjligheterna beaktas, eftersom detta allvarligt skulle påverka brukarnas förtroende för dricksvattenförsörjningen.
- Någon särskild utredning avseende påverkan på det akvatiska livet, eller hur det ekologiska systemet invid Göta älv skulle påverkas av ett skred i förorenade massor har ej omfattats av denna huvudstudie. I älven finns idag bl a ett stort antal fiskarter, enligt muntlig uppgift 47 stycken, vilka kan påverkas av ett skred i förorenade massor.
- En ytterligare konsekvens av ett skred skulle högst sannolikt vara att mängden förorenade sediment som ackumuleras vid

Göta älvs utlopp i Västerhavet, d v s till stor del inom Göteborgs hamn, skulle öka. Idag måste regelbunden muddring utföras inom hamnen, varvid förorenade sediment kräver deponering på en särskild deponi. Den deponi som används idag för förorenade muddermassor, Torsviken, kommer att vara fullt utnyttjad år 2009.

- En diffus uttransport av föroreningar från området till Göta älv pågår ständigt, av såväl partikulärt bundna föroreningar som vattenlösliga. De processer som orsakar detta är erosion längs strandlinjen och på markytan vid översvämningar, "ursköljningseffekter" i älvnära jordlager och spridning via grundvattnet. Den process som betyder mest för denna uttransport bedöms vara erosion. Den totala uttransporten av föroreningar har begränsad påverkan på älven, men på grund av den stora föroreningspotentialen har den mycket stor varaktighet och kan därmed långsiktigt bidra till belastningen på Göta älv, som en av flera föroreningskällor.
- När det gäller diffus uttransport bör särskilt noteras att starka indikationer finns på bildning av metylkvicksilver inom de delar där kvicksilver påträffas i jordlagren. Metylisering medför även en ökad löslighet av kvicksilver i vatten, ökad mobilitet och därmed risk för spridning till Göta älv. Metylkvicksilver tas upp av organismer och anrikas främst i rovfiskar, genom vilka även exponering till människa kan ske.

Dimensionerande risker

- ***Den risk som bedöms vara absolut störst är risken för en påverkan på Göta älv genom ett skred inom det förorenade området, en påverkan som skulle kunna få betydande konsekvenser för dricksvattenförsörjningen för Göteborgsområdet.***
- ***En risk som är svårbedömd, men som kan vara betydande, är förekomsten och förmodat utläckage av metylkvicksilver från utfyllnadsområdet till Göta älv. Denna risk kommer sannolikt att öka genom den i framtiden förväntade ökade vattenföringen i älven, med återkommande och uthålligare översvämningar m m.***

4 Åtgärdsutredning

4.1 Genomförande och förutsättningar

Åtgärdsutredningen baseras på de övergripande åtgärds mål som ställts upp och den platsspecifika riskbedömning som utförts. Syftet är att ta fram sådana åtgärdsalternativ som efter genomförd efterbehandling uppfyller åtgärds målen. Denna process sker genom att olika möjliga efterbehandlingsmetoder inledningsvis diskuteras, varefter sådana metoder mer ingående studeras, vilka bedöms vara lämpliga för Tidermans utfyllnadsområde. För de senare redovisas även förutsättningar för genomförande, riskreduktion, efterbehandlingskostnader m m.

I ett andra steg genomförs en **riskvärdering** av de förhållanden som råder och de föreslagna efterbehandlingsmetoderna, med hänsyn till teknik, förväntat resultat, kostnader mm. Hänsyn bör också tas till den oro människor kan känna trots att efterbehandling genomförs till den nivå som är tillräcklig ur naturvetenskaplig synvinkel.

Riskvärderingen görs lämpligen av miljömyndigheterna och politiskt ansvariga efter förslag från huvudmannen. Riskvärderingsprocessen ska resultera i ett förslag till åtgärder uttryckt som mätbara åtgärds mål. Förslaget bör vara miljömässigt motiverat, ekonomiskt rimligt och ge tillräcklig riskreduktion.

I föreliggande rapport redovisas endast ett underlag inför riskvärderingen.

För att ge förslag till en eller flera lämpliga åtgärder behöver en rad olika aspekter av efterbehandlingen belysas. De förslag på lämplig åtgärder, kostnader, tider m m som lämnas i denna åtgärdsutredning skall bedömas som preliminära. Detta beror t ex på osäkerhet i behandlingsbarhet, tillgång till "rena" massor, osäkerhet i angivna mottagningskostnader m m, faktorer vilka ej går att fastställa förrän i ett "skarpt" läge och efter eventuella pilotprojekt, genomförd förprojektering o dyl.

En viktig faktor för vissa typer av åtgärder, främst de som kräver återfyllnad med rena massor, inkapsling med tät jord (lera) och eventuellt efterbehandling på annan plats, är det väg- och järnvägsprojekt som berör hela östra sidan av Göta älvdalen. Samordning med detta, t ex vad gäller överskottsmassor (lera), men

också vad gäller hantering av förorenade massor (vilka också uppkommer inom väg- och järnvägsprojektet) bedöms kunna medföra såväl resurs- som kostnadsbesparingar.

I ett tidigt skede krävs samråd med tillsynsmyndigheten avseende om några delar av massorna är att betrakta som farligt avfall. Om en sådan klassning tillämpas, medför det exempelvis strängare krav avseende behandling och transport av materialet.

4.2 Metoder som uppfyller övergripande åtgärds mål

Baserat på områdets framtida markanvändning samt övergripande åtgärds mål bedöms följande metoder inledningsvis vara aktuella att diskutera:

(med "in situ" menas behandling på plats och med "ex situ" menas att massorna grävs upp och behandlas på annan plats. Med "on site" menas behandling på plats efter det att massorna grävts upp)

- **Behandling in situ** – Metoden skulle i detta fall innebära en stimulering av den mikrobiologiska nedbrytningen av organiska föroreningar, framförallt petroleumkolväten. Syftet är att minska källtermen och därmed risken för spridning. Metoden påverkar inte metallhalter och eftersom huvuddelen av de kraftigt förorenade massorna inom området innehåller höga metallhalter i kombination med höga halter av organiska ämnen (oljerester) måste denna metod kombineras med någon annan åtgärd. Höga metallhalter, bl a koppar, kan medföra negativa effekter vid en biologisk behandling, d v s jorden kan vara så förorenad att den biologiska aktiviteten påverkas negativt. Oljeresterna finns till stor del också under grundvattenytan, vilket försvårar behandlingen. Resultatet är osäkert att bedöma i förväg och svårt att kontrollera. Behandlingen bedöms vara mycket tidskrävande. Denna typ av behandling är tillståndspliktig.
- **Inkapsling** – Metoden innebär i detta fall att förorenade massor täcks, eventuellt även med tätande massor. Syftet är att minska risken för exponering av förorenade massor för människor, eventuellt även för att minska spridningen. Inkapsling åtgärder inte själva föroreningskällan, utan enbart exponerings- och spridningsrisker. Täckning innebär en ytterligare belastning på jordlagren och inom det aktuella området medför detta en generellt ökad risk för skred. Detta gäller särskilt inom Område III, det område där föroreningsbelastningen är absolut störst och där

säkerheten mot skred redan i dag är otillfredsställande. Täckning innebär även att markytan höjs, vilket strider mot kommunens fysiska planering. Delvis urschaktning (begränsat djup) och täckning upp till nuvarande nivå medför heller inga egentliga fördelar, eftersom den stora mängden föroreningar ligger på visst djup. Täckning och tätning kan också medföra förändringar av de förhållanden i jordlagren som t ex påverkar lösligheten hos metaller (ändrade redoxförhållanden), eller metylisering av kvicksilver. Om det sistnämnda sker ökar mobiliteten och även riskerna för upptag av kvicksilver i levande organismer. Med tanke på förutsättningarna inom Område III, kan sådana effekter inte uteslutas.

- **Uppgrävning med behandling on site** - Metoden innebär att massorna grävs upp och därefter behandlas på platsen. Möjliga behandlingsmetoder kan omfatta jordtvätt (metaller) och termisk/biologisk behandling (oljerester och PAH). Syftet är att minska källtermen och därmed risken för spridning. Områdets placering och storlek lämpar sig för denna typ av efterbehandling. Maximalt djup till förorenade massor, drygt 3 m, medger i allmänhet uppgrävning. Hantering av större jordvolym inom området, i form av urschaktning och uppläggning m m, kan innebära att stabilitetsförhållandena försämras, d v s ökade risker för skred. Vid uppgrävning kommer en stor del av de förorenade massorna att vara belägna under grundvattenytan, vilket bl a innebär att dränvatten måste hanteras. Detta ställer bl a krav på behandling före eventuellt utsläpp. Behandling skulle ta avsevärd tid, med tanke på den omfattande volym massor som måste hanteras. Denna typ av behandlingsmetod är tillståndspliktig och kan medföra en lång handläggningstid.
- **Uppgrävning med behandling off site** – Metoden innebär i stort sett samma förfarande och har samma syfte som för den närmast föregående metoden, förutom att massorna fraktas till annan plats för efterbehandling. Vid uppgrävning kommer en stor del av de förorenade massorna att vara belägna under grundvattenytan, vilket bl a innebär att dränvattnet måste hanteras. Detta ställer bl a sannolikt stora krav på behandling av dränvatten före eventuellt utsläpp, och kan också medföra krav på ”täta” transporter från området av massor. Uttransport av massor innebär mycket omfattande transportarbete inom området och på närliggande vägar och trafikleder. Samtidigt tillkommer ett stort transportarbete, genom att massor utifrån skall användas för återfyllnad.

- **Uppgrävning och deponering av massor** - Metoden innebär i stort sett samma förfarande och har samma syfte som den närmast föregående metoden, förutom att massorna fraktas till annan plats för (enbart) deponering. Även förutsättningar och konsekvenser vad gäller hantering av dränvatten, transportarbete m m blir liknande. Deponering av de massor som är mest förorenade utan någon form av efterbehandling är dock inte sannolik, utifrån den föroreningsbelastning som föreligger (bl a oljerester) och de krav som finns i deponiförordningen avseende behandlingsbara massor, varför denna metod egentligen är en variant av den närmast föregående. Möjligen kan en mindre andel ytliga massor med lägre föroreningsgrad uppkomma vid uppgrävning, vilka möjligen kan deponeras direkt utan föregående efterbehandling.
- **Administrativa åtgärder** - Området förses med restriktioner avseende markanvändningen. Exempelvis kan krav komma att ställas på att området skall stängslas in. Denna åtgärd måste kombineras med någon av de ovan nämnda metoderna. I det fall inga, eller endast begränsade åtgärder vidtas, kan möjligen införandet av ett Miljöriskområde bli aktuellt.

Tänkbara åtgärdsalternativ kan också omfatta en kombination av några av de ovan nämnda metoderna.

Massorna innehåller bl a inslag av trä och skrot. Utsortering av sådant material kan vara nödvändig innan behandling, beroende på val av åtgärdsalternativ. Krav på sortering kan exempelvis ställas av mottagare av förorenade massor.

Sållning av jordmaterial görs ibland i saneringssammanhang. Föroreningar, särskilt metaller, är ofta bundna till jordens finpartiklar. De grövsta fraktionerna, som block och sten, har sällan några föroreningar bundna till sig. De plats specifika förutsättningarna inom Tidermans utfyllnadsområde gör dock att denna åtgärd inte bedöms vara relevant att genomföra. Andelen grovt material bedöms vara relativt liten. Dessutom är stora delar av fyllnadsmassorna mer eller mindre indränkta i olja. Grovt material kan därför sannolikt inte återfyllas utan föregående behandling (tvättning eller dylikt), vilket gör att sållning ej bedöms vara intressant att utföra.

4.3 Åtgärdsalternativ och konsekvenser

Nedan presenteras de åtgärdsalternativ som bedömts vara lämpliga att vidare utveckla för Tidermans utfyllnadsområde. En sammanfattning av åtgärdsalternativen, deras positiva och negativa konsekvenser, inklusive kostnader, återfinns i **bilaga 4** till detta dokument.

Det bör observeras att två av de möjliga behandlingsalternativ som redovisas under kapitel 4.2 bedöms vara inaktuella och därför ej diskuteras vidare. Behandling in situ bedöms vara orealistiskt beroende på aktuell föroreningsbelastning, tillgänglig metodik och krav på kontrollmöjligheter och resultat. Inkapsling av massor bedöms medföra, dels ökade risker för skred, dels ringa reducering av risker för exponering eftersom föroreningarna i de ytliga marklagren idag är relativt måttliga, dels ökade risker för ökad mobilitet m m hos metaller, samtidigt som en höjning av nuvarande marknivå strider mot planbestämmelserna.

4.3.1 Alternativ A – Nollalternativ

Föreslagna åtgärder

Inga åtgärder vidtas inom området, markanvändningen samt områdets utseende i övrigt fortsätter att vara precis som det är idag.

Positiva konsekvenser

- Stora delar av området är relativt otillgängligt och oattraktivt, vilket bedöms innebära att enbart ett fåtal människor under begränsad tid vistas inom området. Det enda undantaget utgörs av båtklubbens område, inom Område III, samt tillhörande bryggor inom Område III.

Negativa konsekvenser

- Inom området kommer stora volymer förorenade massor att finnas kvar, med mycket stor föroreningspotential. Höga föroreningshalter (metaller och oljerester) förekommer, framförallt på visst djup under markytan. Endast i enstaka punkter har sådana påträffats ytligt. I sistnämnda fall föreligger risk för människor genom inandning av damm, intag av jord och hudkontakt vid långtidsexponering.

- Viss uttransport av metaller och oljerester till Göta älv sker idag och kommer att pågå under mycket lång tid. Undersökningsresultat och bedömningar tyder på att relativt små mängder av metaller och olja sprids. Metylkvikksilver har dock påträffats i grundvattnet. Utspädningen i recipienten är mycket stor, och påverkan bedöms därmed på kort sikt vara liten, men den kommer att fortgå under mycket lång tid. Området kommer fortsatt att bidra till belastningen på Göta älv och till t ex sedimentproblematiken i Göteborgs hamn.
- Risk för skred föreligger generellt sett längs Göta älv och stabiliteten inom Område III är otillfredsställande. Om ett skred inträffar kan förorenade massor nå recipienten. Området ligger uppströms Göteborgs stads råvattenintag så ett skred skulle, beroende på dess omfattning, kunna innebära allvarliga konsekvenser för dricksvattenförsörjningen. Om ett skred utlöses uppströms i älven, kan detta i värsta fall även orsaka följdskred längre ner älvens dalgång.
- Med tanke på förutspådda klimatförändringar på lång sikt kommer sannolikt nederbördsmängderna öka, liksom flöden i vattendragen. Detta bedöms få till följd att erosionen av området accelererar och urlakningen, sett till mängd förorening, ökar. Andra förändringar med långa tidsförlopp, t ex landhöjningen, kan komma att påverka stabilitetsförhållandena inom skredkänsliga områden. Längre och uthålligare översvämningar kan även medföra ökad bildning av metylkvicksilver.
- Människor kan känna oro vid vetskap om att kraftigt förorenade massor lämnas kvar inom området utan att några åtgärder vidtas. Frågor som kan komma att ställas kan vara;
 - Kan jag vistas inom området utan att påverkas på ett negativt sätt?
 - Kan jag äta fisk som fångas nedströms?
 - Vad händer om mitt barn kommer i kontakt med marken inom området?
 - Kan jag dricka vatten som har sitt ursprung i Göta älv?

Övrigt

- Förorenade massor finns inom området och därmed ska alla markarbeten föregås av en kontakt med tillsynsmyndigheten, Miljö- och byggförvaltningen i Ale kommun, för att avgöra om

en anmälan om efterbehandling enligt miljöbalken skall lämnas in eller ej.

- Vid alla markarbeten, såsom schaktning, måste föroreningsinnehållet beaktas och risken för spridning av föroreningar utredas. Detta gäller exempelvis kommande anläggningsarbeten för väg och järnväg.
- Markekosystemet inom området är sannolikt redan idag kraftigt påverkat av föroreningssituationen. Ett nollalternativ innebär inga förändringar.

4.3.2 Alternativ B – Stabilitetsåtgärder och administrativa åtgärder

Föreslagna åtgärder

Inga massor grävs upp eller efterbehandlas. Stabilitetshöjande åtgärder i form av en tryckbank vidtas inom de delar av Område III där säkerheten mot brott är otillfredsställande, jämfört med skredkommissionens anvisningar, se **figur 4.1**.

En fördjupad stabilitetsutredning krävs som underlag för åtgärder.

För att minska risken för föroreningsutbredningen till Göta Älv utförs även erosionsskydd med partikelfilter för hela Område III. De delar av området som idag har ett erosionsskydd, förses med partikelfilter.

För att minska risken för att människor exponeras för de kvarlämnade föroreningarna beläggs markanvändningen inom området med restriktioner. Exempelvis kan krav ställas på att området ska vara inhägnat, att varningsskyltar sätts upp och att byggnader inte får anläggas med källare, för att därigenom minimera framtida schaktarbeten. Särskilda krav kan även ställas på markarbeten.



Figur 4.1 Föreslagen tryckbanks utbredning i plan inom Område III, från detaljerad stabilitetsutredning (bilaga 16).

Positiva konsekvenser

- Riskerna för spridning och för exponering av människor minskar.
- Risken för skred minskar väsentligt
- Nuvarande spridning av föroreningar till Göta älv genom erosion minskar. Underhåll och kontroll av erosionskydd/partikelfilter kommer att krävas för att säkerställa funktionen.
- Åtgärder av denna typ blir relativt billiga, jämfört med alternativ där föroreningskällan avlägsnas.

Negativa konsekvenser:

- Föroreningskällan åtgärdas inte.
- Även om risken för skred minskar väsentligt, kan den aldrig helt elimineras. Eftersom föroreningarna lämnas kvar, kan därför inte heller sägas att risk för spridning via skred helt elimineras.
- Risk för spridning via utläckage av metylkvicksilver påverkas inte av åtgärderna.
- Vetskapen om att kraftigt förorenade massor ligger kvar inom området kan kännas störande, särskilt om inhägnader, varningsskyltar och restriktioner i markanvändningen blir aktuella.
- Alla eventuella framtida "ingrepp", t ex schakt för byggnation eller ledningar innebär schaktarbeten i förorenade massor, med de risker för arbetsmiljö m m som detta medför.
- Om en tryckbank ska göras i älven för att förbättra stabiliteten krävs sannolikt tillstånd enligt Miljöbalken, vilket innebär kostnader för detta liksom att denna process normalt är tidskrävande.
- Människor kan känna oro vid vetskap om att kraftigt förorenade massor lämnas kvar inom området utan att några åtgärder vidtas. Frågor som kan komma att ställas kan vara;
 - Kan jag vistas inom området utan att påverkas på ett negativt sätt?
 - Kan jag äta fisk som fångas nedströms?
 - Vad händer om mitt barn kommer i kontakt med marken inom området?
 - Kan jag dricka vatten som har sitt ursprung i Göta älv?

Övrigt

- Samråd med SGI, som har ett övergripande ansvar för geotekniska frågor i Göta älvs dalgång, krävs för alla åtgärder som på något sätt kan påverka stabiliteten nära älven.
- Förorenade massor finns inom området och därmed ska alla markarbeten föregås av en kontakt med tillsynsmyndigheten, Miljö- och byggförvaltningen i Ale kommun, för att avgöra om

en anmälan om efterbehandling enligt miljöbalken skall lämnas in eller ej.

- Vid alla markarbeten, t ex schaktning, måste föroreningsinnehållet beaktas och risken för spridning av föroreningar utredas. Detta gäller exempelvis kommande anläggningsarbeten för väg och järnväg.

4.3.3 Alternativ C –Urgrävning av kvicksilverförorenade massor inom del av Område III, off site-behandling/deponering Stabilitetsåtgärder samt administrativa åtgärder

Föreslagna åtgärder:

Stabilitetshöjande åtgärder i form av en tryckbank vidtas inom de delar av Område III där säkerheten mot brott är otillfredsställande, jämfört med skredkommissionens anvisningar, se **figur 4.1**. En fördjupad stabilitetsutredning krävs som underlag för åtgärder.

För att minska risken för föroreningsspridningen till Göta Älv utförs även erosionsskydd med partikelfilter för hela Område III. De delar av området som idag har ett erosionsskydd, förses med partikelfilter.

De kvicksilverförorenade massorna inom del av Område III schaktas upp och transporteras bort från platsen. Återfyllnad med godkända massor utförs till nuvarande marknivå. Alternativen för efterbehandling kan vara jordtvätt, termisk eller elektrisk behandling e t c på annan plats, varefter de behandlade massorna återanvänds på annan plats eller deponeras. Med tanke på att behandlingsmöjligheter för denna typ av massor i nuläget saknas inom regionen och att samordning vad gäller masshantering förutsätts ske med Banavägprojektet, bedöms det inte som sannolikt att eventuellt behandlade massor kommer att återföras till området. Återfyllnad förutsätts därför ske med andra massor än de som grävs upp.

Beroende på de krav som mottagaren ställer kan utsortering av trä och skrot m m bli nödvändigt innan själva behandlingen kan genomföras. Sortering kan antingen ske på plats, vilket kan vara tillståndspliktig verksamhet, alternativt hos mottagaren av massorna.

För att undvika spridning av föroreningar ut i älven i samband med urgrävning, och samtidigt möjliggöra att denna kan omfatta så stor del av massorna ut mot älven som möjligt, kan spontning utföras längs

strandlinjen (alternativt kan annan typ av lösning som möjliggör urschaktning utredas under förberedelseskedet).

Inom östra delen av området, mot järnvägen, råder idag viss osäkerhet om förorenade massors utbredning (p g a begränsade möjligheter till undersökningar), men också osäkerhet om de praktiska möjligheterna att kunna utföra saneringsschaktning p g a olika ledningar, reservat för trafikområde för järnvägen m m. Här finns således osäkerheter som påverkar både bedömning av föroreningssituationen och möjligt saneringsarbete.

Positiva konsekvenser:

- Risken för skred minskar väsentligt, även om den aldrig helt kan elimineras.
- Nuvarande spridning av föroreningar till Göta älv genom erosion minskar.
- En grävsanering inom denna del av Område III medför att närmare 100 % av kvicksilverföroreningarna kommer att avlägsnas. För bly och övriga metaller bedöms reduktionen bli 75-80%, d v s 20-25 % lämnas kvar.
- Åtgärderna medför att markmiljöfunktionen säkras inom området som berörs av urgrävningen. Dessutom erhålls bättre förutsättningar för de ekologiska systemen i strandzonen intill Göta älv inom berört område.
- Arbeten innebär en begränsad störning för kringboende, p g a området är avskärmat av väg/järnväg, och om båt/pråm nyttjas kan massor transporteras på lokalväg till kaj i Surte, väster om väg-/järnvägsområdet till kaj
- Möjligheterna för en framtida markanvändning förbättras väsentligt eftersom större delen av källtermen reduceras.
- Resultatet av saneringen är relativt enkelt att säkerställa och verifiera

Negativa konsekvenser:

- Fortfarande kommer stora mängder av massor med höga föroreningsnivåer att vara kvar, ca 32 000 m³ eller ca 47 %.
- Själva saneringsarbetet medför i sig själv risk för spridning av föroreningar till Göta älv, t ex genom hantering av förorenade massor och genom ökad risk för skred (tung arbetsmaskiner, massupplag m m). Detta måste beaktas vid planering och projektering och skyddsåtgärder vidtas.
- Det kan bli tekniskt svårt att hantera schakter, särskilt under grundvattenytan. Medelmåktigheten hos fyllnadsmassorna är ca 2,2 m, och grundvattennivån ligger vanligen ca 0,5 – 1 m under markytan. Eftersom schaktmassorna till övervägande del ligger under sistnämnda nivåer, innebär det schaktning under grundvattenytan, samtidigt som inträngande vatten, ställvis i större mängd, sannolikt blir aktuellt. Begränsning av mängd inträngande vatten (tätning), dräneringsåtgärder, hantering av ”blöta” massor, liksom hantering av länshållningsvatten är därför högst aktuellt och måste utredas. Pilotprojekt/förprojektering krävs sannolikt för att undersöka lämplig metodik. Detta gäller sannolikt även för behandling av dränvatten innan sådant kan släppas ut.
- Detta åtgärdsalternativ innebär mycket omfattande transporter. Massorna ska transporteras från området till en behandlingsanläggning eller deponi. I dagsläget finns ingen mottagare av den typ av massor som påträffats i närområdet utan transporterna blir med säkerhet långa. Dessutom kommer återfyllnad sannolikt att ske med andra massor. Transporterna innebär stor förbrukning av drivmedel och därmed emissioner till luft.
- Om borttransport sker med pråm/båt finns risk för att förorenade massor sprids till älven, i samband med att massorna lastas ombord. Detta kräver sannolikt särskilda skyddsåtgärder vid lastning m m, även om befintlig kaj i Surte används. En särskild studie krävs också avseende vattendjup, djupgående hos båtar/pråmar, deras krav på manöverutrymme o dyl.
- Omfattande schaktarbeten medför att försiktighetsåtgärder måste vidtas för att minimera buller, damning etc. Transporterna kan skapa olägenheter för boende i närområdet.

- Sortering av materialet på plats kan komma att betraktas som tillståndspliktig verksamhet om verksamheten omfattar större volymer. Ansökan och tillståndsprövning är en tidkrävande process.

Övrigt

- Samråd med SGI, som har ett övergripande ansvar för geotekniska frågor i Göta älvs dalgång, krävs för alla åtgärder som på något sätt kan påverka stabiliteten nära älven. Eftersom detta åtgärdsalternativ innebär omfattande schakt- och återfyllnadsarbeten ska samråd ske.

4.3.4 Alternativ D –Urgrävning av kvicksilverförorenade massor inom del av Område III samt sanering inom en 20 m bred strandzon inom resterande del av Område III, off site-behandling/deponering samt stabilitetsåtgärder

Föreslagna åtgärder:

Stabilitetshöjande åtgärder i form av en tryckbank vidtas inom de delar av Område III där säkerheten mot brott är otillfredsställande, jämfört med skredkommissionens anvisningar, se **figur 4.1**. En fördjupad stabilitetsutredning krävs som underlag för åtgärder.

För att minska risken för föroreningsspridningen till Göta Älv utförs även erosionsskydd med partikelfilter för hela Område III. De delar av området som idag har ett erosionsskydd, förses med partikelfilter.

De kvicksilverförorenade massorna inom del av Område III schaktas upp, tillsammans med fyllnadsmassorna inom en 20 m bred stramdremsa söder om de förstnämnda, och transporteras bort från platsen. Återfyllnad med godkända massor utförs till nuvarande marknivå. Alternativen för efterbehandling kan vara jordtvätt, termisk eller elektrisk behandling e t c på annan plats, varefter de behandlade massorna återanvänds på annan plats eller deponeras. Med tanke på att behandlingsmöjligheter för denna typ av massor i nuläget saknas inom regionen och att samordning vad gäller masshantering förutsätts ske med Banaväg-projektet, bedöms det inte som sannolikt att eventuellt behandlade massor kommer att återföras till området. Återfyllnad förutsätts därför ske med andra massor än de som grävs upp.

Beroende på de krav som mottagaren ställer kan utsortering av trä och skrot m m bli nödvändigt innan själva behandlingen kan genomföras. Sortering kan antingen ske på plats, vilket kan vara tillståndspliktig verksamhet, alternativt hos mottagaren av massorna.

För att undvika spridning av föroreningar ut i älven i samband med urgrävning och samtidigt möjliggöra att denna kan omfatta så stor del av massorna ut mot älven som möjligt, kan spontning utföras längs strandlinjen (alternativt kan annan typ av lösning som möjliggör urschaktning utredas under förberedelseskedet).

Inom östra delen av området, mot järnvägen, råder idag viss osäkerhet om förorenade massors utbredning (p g a begränsade möjligheter till undersökningar), men också osäkerhet om de praktiska möjligheterna att kunna utföra saneringsschaktning p g a olika ledningar, reserat för trafikområde för järnvägen m m. Här finns således osäkerheter som påverkar både bedömning av föroreningssituationen och möjligt saneringsarbete.

Positiva konsekvenser:

- Åtgärderna innebär att föroreningsmängden av kvicksilver reduceras med i det närmaste 100%. För bly och övriga metaller bedöms reduktionen bli ca 80 - 85%, d v s 15 – 20 % kvar.
- Åtgärderna medför att markmiljöfunktionen säkras inom området som berörs av urgrävningen. Dessutom erhålls bättre förutsättningar för de ekologiska systemen i strandzonen (ca 20 m) till Göta älv inom hela Område III!
- Arbeten innebär en begränsad störning för kringboende, p g a området är avskärmat av väg/järnväg, och om båt/pråm nyttjas kan massor transporteras på lokalväg till kaj i Surte, väster om väg-/järnvägsområdet till kaj.
- Möjligheterna för en framtida markanvändning blir goda eftersom området blir "färdigsanerat" inom denna del. Riskreduktionen blir mycket stor om allt grävs bort.
- Resultatet av saneringen är relativt enkelt att säkerställa och verifiera

Negativa konsekvenser:

- Fortfarande kommer stora mängder massor med höga föroreningshalter att vara kvar, ca 25 000 m³, eller ca 37 %.
- Själva saneringsarbetet medför i sig själv risk för spridning av föroreningar till Göta älv, t ex genom hantering av förorenade massor och genom ökad risk för skred (tung arbetsmaskiner, massupplag m m). Detta måste beaktas vid planering och projektering och skyddsåtgärder vidtas.
- Det kan bli tekniskt svårt att hantera schakter, särskilt under grundvattenytan. Medelmäktigheten hos fyllnadsmassor är ca 2,3 m, största påträffade mäktigheten är 3,8 m och grundvattennivån ligger vanligen ca 0,5 – 1 m under markytan. Eftersom schaktmassorna till övervägande del ligger under sistnämnda nivåer, innebär det schaktning under grundvattenytan, samtidigt som inträngande vatten, ställvis i större mängd, sannolikt blir aktuellt. Begränsning av mängd inträngande vatten (tätning), dräneringsåtgärder, hantering av ”blöta” massor, liksom hantering av länshållningsvatten är därför högst aktuellt och måste utredas. Pilotprojekt/förprojektering krävs sannolikt för att undersöka lämplig metodik. Detta gäller sannolikt även för behandling av dränvatten innan sådant kan släppas ut.
- Detta åtgärdsalternativ innebär mycket omfattande transporter. Massorna ska transporteras från området till en behandlingsanläggning eller deponi. I dagsläget finns ingen mottagare av den typ av massor som påträffats i närområdet utan transportererna blir med säkerhet långa. Dessutom kommer återfyllnad sannolikt att ske med andra massor. Transporterna innebär stor förbrukning av drivmedel och därmed emissioner till luft.
- Om borttransport sker med pråm/båt finns risk för att förorenade massor sprids till älven, i samband med att massorna lastas ombord. Detta kräver sannolikt särskilda skyddsåtgärder vid lastning m m, även om befintlig kaj i Surte används. En särskild studie krävs också avseende vattendjup, djupgående hos båtar/pråmar, deras krav på manöverutrymme o dyl.

- Omfattande schaktarbeten medför att försiktighetsåtgärder måste vidtas för att minimera buller, damning etc. Transporterna kan skapa olägenheter för boende i närområdet.
- Sortering av materialet på plats kan komma att betraktas som tillståndspliktig verksamhet om verksamheten omfattar större volymer. Ansökan och tillståndsprövning är en tidkrävande process.

Övrigt

- Samråd med SGI, som har ett övergripande ansvar för geotekniska frågor i Göta älvs dalgång, krävs för alla åtgärder som på något sätt kan påverka stabiliteten nära älven. Eftersom detta åtgärdsalternativ innebär omfattande schakt- och återfyllnadsarbeten ska samråd ske.

4.3.5 Alternativ E – Uppgrävning av samtliga massor inom Område III, off site-behandling/deponering

Föreslagna åtgärder:

De förorenade massorna inom Område III schaktas upp och transporteras bort från platsen. Återfyllnad med godkända massor utförs till nuvarande marknivå. Alternativen för efterbehandling kan vara jordtvätt, termisk eller elektrisk behandling e t c på annan plats, varefter de behandlade massorna återanvänds på annan plats eller deponeras. Med tanke på att behandlingsmöjligheter för denna typ av massor i nuläget saknas inom regionen och att samordning vad gäller masshantering förutsätts ske med Banaväg-projektet, bedöms det inte som sannolikt att eventuellt behandlade massor kommer att återföras till området. Återfyllnad förutsätts därför ske med andra massor än de som grävs upp.

Beroende på de krav som mottagaren ställer kan utsortering av trä och skrot m m bli nödvändigt innan själva behandlingen kan genomföras. Sortering kan antingen ske på plats, vilket kan vara tillståndspliktig verksamhet, alternativt hos mottagaren av massorna.

För att undvika spridning av föroreningar ut i älven i samband med urgrävning och samtidigt möjliggöra att denna kan omfatta så stor del av massorna ut mot älven som möjligt, kan spontning utföras längs strandlinjen (alternativt kan annan typ av lösning som möjliggör urschaktning utredas under förberedelseskedet).

Inom östra delen av området, mot järnvägen, råder idag viss osäkerhet om förorenade massors utbredning (p g a begränsade möjligheter till undersökningar), men också osäkerhet om de praktiska möjligheterna att kunna utföra saneringsschaktning p g a olika ledningar, reservat för trafikområde för järnvägen m m. Här finns således osäkerheter som påverkar både bedömning av föroreningsituationen och möjligt saneringsarbete.

Positiva konsekvenser:

- Åtgärderna innebär att föroreningsmängderna av bl a kvicksilver och bly m m reduceras med i det närmaste 100%. I princip elimineras de risker som är förknippade med föroreningarna, källtermen försvinner och därmed risken för spridning. Område III bedöms omfatta ca 99% av de metallföroreningar (och förmodligen även av de oljerester) som finns inom Tidermans utfyllnadsområde
- Åtgärderna medför att markmiljöfunktionen säkras inom området som berörs av urgrävningen. Dessutom erhålls bättre förutsättningar för de ekologiska systemen i strandzonen till Göta älv inom hela Område III.
- Arbeten innebär en begränsad störning för kringboende, p g a området är avskärmat av väg/järnväg, och om båt/pråm nyttjas kan massor transporteras på lokalväg till kaj i Surte, väster om väg-/järnvägsområdet till kaj. Biltransporter med förorenad jord kan nå denna kaj via lokalväg, utan att transporter behöver gå på väg45
- Möjligheterna för en framtida markanvändning blir goda eftersom området blir "färdigsanerat". Riskreduktionen blir mycket stor om allt grävs bort.
- Resultatet av saneringen är relativt enkelt att säkerställa och verifiera

Negativa konsekvenser:

- Arbeten med stabilitetshöjande åtgärder och erosionsskydd, liksom själva saneringsarbetet medför i sig själva risk för spridning av föroreningar till Göta älv, t ex genom hantering av förorenade massor och genom ökad risk för skred (tunga

arbetsmaskiner, massupplag m m). Detta måste beaktas vid planering och projektering och skyddsåtgärder vidtas.

- Det kan bli tekniskt svårt att hantera schakter, särskilt under grundvattenytan. Medelmåktigheten hos fyllnadsmassor är ca 2,3 m, största påträffade måktigheten är 3,8 m och grundvattennivån ligger vanligen ca 0,5 – 1 m under markytan. Eftersom schaktmassorna till övervägande del ligger under sistnämnda nivåer, innebär det schaktning under grundvattenytan, samtidigt som inträngande vatten, ställvis i större mängd, sannolikt blir aktuellt. Begränsning av mängd inträngande vatten (tätning), dräneringsåtgärder, hantering av "blöta" massor, liksom hantering av länshållningsvatten är därför högst aktuellt och måste utredas. Pilotprojekt/förprojektering krävs sannolikt för att undersöka lämplig metodik. Detta gäller sannolikt även för behandling av dränvatten innan sådant kan släppas ut.
- Detta åtgärdsalternativ innebär mycket omfattande transporter. Massorna ska transporteras från området till en behandlingsanläggning eller deponi. I dagsläget finns ingen mottagare av den typ av massor som påträffats i närområdet utan transportererna blir med säkerhet långa. Dessutom kommer återfyllnad sannolikt att ske med andra massor. Transporterna innebär stor förbrukning av drivmedel och därmed emissioner till luft.
- Om borttransport sker med pråm/båt finns risk för att förorenade massor sprids till älven, i samband med att massorna lastas ombord. Detta kräver sannolikt särskilda skyddsåtgärder vid lastning m m, även om befintlig kaj i Surte används. En särskild studie krävs också avseende vattendjup, djupgående hos båtar/pråmar, deras krav på manöverutrymme o dyl.
- Omfattande schaktarbeten medför att försiktighetsåtgärder måste vidtas för att minimera buller, damning etc. Transporterna kan skapa olägenheter för boende i närområdet.
- Sortering av materialet på plats kan komma att betraktas som tillståndspliktig verksamhet om verksamheten omfattar större volymer. Ansökan och tillståndsprövning är en tidkrävande process.

Övrigt

- Samråd med SGI, som har ett övergripande ansvar för geotekniska frågor i Göta älvs dalgång, krävs för alla åtgärder som på något sätt kan påverka stabiliteten nära älven. Eftersom detta åtgärdsalternativ innebär omfattande schakt- och återfyllnadsarbeten ska samråd ske.

5 Kostnadsbedömning

5.1 Allmänt

De kostnader som anges nedan är sådana kostnader som bedöms uppkomma för efterbehandlingen av de förorenade massor som finns inom området, baserat på ovan angivna åtgärdsförslag. Dessutom ingår kostnader för rivning av de byggnader som finns inom en del av området, vilka beräknats schablonmässigt.

Kostnader för geotekniska utredningar och åtgärder har tagits med i denna beräkning om de bedöms vara nödvändiga för att säkerställa syftet med åtgärderna. Vid befintliga förhållanden (nollalternativ) har antagandet gjorts att några stabilitetshöjande åtgärder inte utförs.

5.2 Osäkerhet i bedömningarna

Många antaganden görs vid en kostnadsbedömning. Ingående parametrar kan komma att förändras med tiden, varvid kalkylerna påverkas.

En stor osäkerhet utgör de kostnader som antas avseende transport och mottagning av förorenade massor för efterbehandling eller deponering. Kostnaderna är starkt marknadsberoende och kan därmed vara helt andra om t ex ett år, jämfört med idag. Förhandlingar i ett "skarpt läge" brukar vanligtvis ge lägre pris än det som erhålls vid en allmän förfrågan.

Villkoren för omhändertagande av förorenad massor, med avseende på vilka volymer och typer av massor som mottagare får ta emot på respektive anläggning, kan också ha förändrats när det blir aktuellt att transportera bort massor. Detta bedöms dock vara mindre sannolikt.

Hantering och rening av länshållningsvatten kan komma att bli omfattande och därmed kostnadskrävande, eftersom schakt under grundvattenytan för flera av alternativen kommer att behöva utföras i ett område nära Göta älv. Vilken kapacitet som behövs på reningsanläggningen påverkar kostnaderna för utrustning såsom pumpar, filter etc, men även för drift och underhåll. Kapaciteten är starkt beroende av hur schakten utformas, vilken tid på året den görs m m. Någon hänsyn till sådana faktorer har ej tagits vid kostnadsbedömningen (se även under förutsättningar nedan).

För varje åtgärdsalternativ har en "mest sannolik kostnad" redovisats, samt ett osäkerhetsintervall med min- och maxvärde. Den osäkerhet som slår kraftigast är mottagnings- och efterbehandlingskostnader, enligt ovan, därefter kommer fel i uppskattade volymer. Osäkerhetsintervallet är en preliminär bedömning, baserat på de förutsättningar som vi känner till idag.

5.3 Förutsättningar

Som grund för beräkningarna har följande förutsättningar antagits:

- Utifrån nu utförda undersökningar bedöms att det enbart är Område III som är aktuellt för en sanering.
- 1 m³ urschaktat material (fast volym) har antagits motsvara ca 1,8 ton. Medelmåktigheten av fyllnadsmassor har antagits till ca 2,2-2,3 m inom det område som är aktuellt att saneras.
- Massor (lera) för återfyllnad/täckning antas erhållas kostnadsfritt från väg- och järnvägsprojektet

5.4 Underlag för kostnadsbedömning, enhetspriser

Nedan, i **tabell 5.1**, redovisas de ungefärliga antaganden som använts vid kostnadsbedömning avseende schaktarbeten, transporter, utsortering av skrot 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. Ofta avgör dagspris och exempelvis utrymme på respektive mottagningsanläggning priset. Den största osäkerheten i

angivna kostnader är just kostnader för mottagning och behandling av förorenade massor samt erforderliga entreprenadarbeten.

För de massor som blir aktuella att ta bort från området finns flera möjliga anläggningar för efterbehandling och/eller deponering. För denna kostnadsbedömning har svar från två potentiella mottagare erhållits. Observera att priserna baseras på att en mottagare får omhänderta samtliga förorenade massor från området.

Någon mottagningsanläggning finns i dagsläget inte i närområdet, vilket innebär att båda de aktuella alternativen medför långa transporter. Med hänsyn till den stora volymen massor som kan komma att efterbehandlas bedöms att relativt miljövänliga transportsätt, som tåg eller båt, bör övervägas.

Möjligtvis kan det ytliga, mindre förorenade skiktet, av fyllnadsmassorna omhändertas på en mera lokalt belägen deponi.

I priserna ingår mottagnings- eller behandlingskostnad samt kostnad för transport från Tidermans utfyllnadsområde till respektive anläggning.

Mottagningsalternativ 1 avser transport via båt/pråm. Massorna måste därför forslas till en lämplig kajplats, vilket enligt uppgift t ex finns i Surte cirka 1 km söderut. Nyttjande av kajen ingår i kostnadsbedömningen. För transport från Tidermans utfyllnadsområde till kaj i Surte har en kostnad på **50 kr/ton** antagits. Detta ingår i det beräknade priset i tabellen nedan.

Transport av massor kan kräva tillstånd av olika slag, t ex exporttillstånd. Beroende på innehållet av kvicksilver, är ett sådant tillstånd inte självklart, även om haltkriterierna uppfylls. I det fall detta mottagningsalternativ faller bort, medför andra mottagningsalternativ (kraftigt) ökade kostnader.

För mottagningsalternativ 2 transporteras massorna på väg med lastbil. Ett alternativ med båttransport går enligt uppgift att få fram om det efterfrågas, men på grund av mottagningsanläggningens läge bedöms detta inte vara lämpligt, eftersom omlastning då skulle krävas vid flera tillfällen.

Tabell 5.1 Enhetspriser använda som grund för kostnadsuppskattningen, Tidermans utfyllnadsområde. En kubikmeter massor har antagits väga 1,8 ton.

Aktivitet	Pris (kr/m ³)	Kommentar
Uppgrävning och transport inom området	75	
Förberedelser (trädfällning/röjning/omhändertagande)		En total kostnad på 0,3 Mkr har antagits
Rivning av befintliga byggnader	500 kr/m ²	En total kostnad på 0,5 Mkr har antagits för rivning. OBS - i kostnadsbedömningen har inte demontering av de sk båtskjulen tagits med
Stödfyllnad	300	
Erosionsskydd	1000kr/löpmeter	Antag 6 m bredd och 0,5 m mäktighet (sprängsten)
Partikelfilter	2000kr/löpmeter	Antag 6 m bredd och 0,5 m mäktighet (sand)
Spontning		2-4 Mkr för spontning av hela delområde III, kostnaden blir lägst om spontning sker från land och högst om flotte används.
Sortering	75	Utförs för att rensa ut tex skrot och trä från massorna innan behandling eller borttransport
Utläggning av geotextil	50	Priset avser m ²
Mottagningskostnad inkl transport med båt, alternativ 1	800	Transport till närbelägen utskeppningskaj ingår i priset. Förutsätter lastning av ca 200 ton/timme, d v s 2000 ton/dag.
Mottagningskostnad inkl transport med lastbil, alternativ 2	1350	
Ersättningsmassor inkl transport	100	Detta alternativ förutsätter gratis överskottsmassor från närbeläget väg- eller järnvägsbygge.
Utläggning/packning av återfyllnadsmassor	50	

Andra transportalternativ, exempelvis på järnväg, kan sannolikt ordnas om så skulle önskas men har inte utretts i detta skede.

5.5 Kostnader, alternativ A (nollalternativ)

För alternativ A, d v s nollalternativet när inga åtgärder vidtas, uppkommer inga omedelbara kostnader för sanering. Alla eventuella framtida markarbeten inom området är dock att betrakta som anmälningspliktig verksamhet, vilket medför kostnader liksom masshantering vid eventuell schakt.

5.6 Kostnader, alternativ B (stabilitetsåtgärder och administrativa åtgärder)

En översiktlig bedömning av de kostnader som uppkommer i samband med efterbehandling enligt alternativ B redovisas nedan i **tabell 5.2**.

Tabell 5.2 Efterbehandlingskostnader enligt alternativ B.

Aktivitet	Bedömd volym/mängd	Uppskattad kostnad
Projektering/förfrågningsunderlag/upphandling		0,6 Mkr
Fördjupad stabilitetsutredning		0,3 Mkr
Framtagande av restriktioner för markanvändning		0,2 Mkr
Anläggande av tryckbank		1,5 Mkr
Anläggande av erosionsskydd	300 löpmeter	0,3 Mkr
Anläggande av partikelfilter	300 löpmeter	0,6 Mkr
Tillståndsansökan		0,4 Mkr
Kontrollprogram och uppföljning		0,3 Mkr
Projektledning		0,4 Mkr
Osäkerhet i bedömningen, påslag ca 20 %		1.0 Mkr
Mest sannolik kostnad och bedömt intervall		6 Mkr, 5 – 7 Mkr

5.7 Kostnader, alternativ C (stabilitetsåtgärder samt urgrävning av kvicksilverförorenade massor inom Område III, off site behandling)

En översiktlig bedömning av de kostnader som uppkommer i samband med efterbehandling enligt alternativ C redovisas nedan i **tabell 5.3**. Observera att utbredningen av kvicksilverpåverkade

massor är osäker, vilket kräver detaljundersökningar! Denna osäkerhet påverkar givetvis även bedömd volym.

Tabell 5.3 Efterbehandlingskostnader enligt alternativ C.

Aktivitet	Bedömd volym/mängd	Uppskattad kostnad
Projektering/förfrågningsunderlag/upphandling		0,8 Mkr
Fördjupad stabilitetsutredning		0,3 Mkr
Tillståndsansökan		0,6 Mkr
Förberedelser (trädfällning/röjning/omhändertagande)		0,3 Mkr
Pilotprojekt inkl förprojektering,		0,5 Mkr
Rivning av befintliga byggnader		0,5 Mkr
Detaljutredning, utbredning av kvicksilver		0,5 M kr
Spontning	Ca 180 löpmeter	1-2 Mkr
Anläggande av tryckbank (södra delen)		1,5 Mkr
Anläggande av erosionsskydd (hela Område III)	300 löpmeter	0,3 Mkr
Anläggande av partikelfilter (hela Område III)	300 löpmeter	0,6 Mkr
Uppgrävning, lastning och transport inom området	30- 40 000 m ³	2,2 - 3 Mkr
Avvattning och hantering av drän- och länshållningsvatten		1-2 Mkr
Utsortering av trä, skrot etc (antag 10 % av volymen)	3 - 4000 m ³	0,2 - 0,3 Mkr
Omhändertagande inkl transport		
Alt C1: mottagningsalternativ 1 (båt)	30 - 40 000 m ³	24 - 32 Mkr
Alt C2: mottagningsalternativ 2 (lastbil)	30 - 40 000 m ³	40 -54 Mkr
Ersättningsmassor inkl transport	30 - 40 000 m ³	3 - 4 Mkr
Utläggning/packning av återfyllnadsmassor	30 - 40 000 m ³	1,5 - 2 Mkr
Miljökontroll, dokumentation, slutredovisning etc		0,5 Mkr
Projektledning		0,6 Mkr
Osäkerhet i bedömningen, påslag ca 20 %		8- 11 Mkr (Alt C1) 11 – 15 Mkr (Alt C2)
Mest sannolik kostnad och bedömt intervall		58 Mkr, 50 – 65 Mkr (Alt C1) 80 Mkr, 70 - 90 Mkr (Alt C2)

5.8 Kostnader, alternativ D (stabilitetsåtgärder, urgrävning av kvicksilverförorenade massor inom del av Område III samt urgrävning inom en 20 m bred strandzon inom resterande del av delområde III)

En översiktlig bedömning av de kostnader som uppkommer i samband med efterbehandling enligt alternativ D redovisas nedan i **tabell 5.4**. Observera att utbredningen av kvicksilverpåverkade massor är osäker, vilket kräver detaljundersökningar! Denna osäkerhet påverkar givetvis även bedömd volym.

Tabell 5.4 Efterbehandlingskostnader enligt alternativ D.

Aktivitet	Bedömd volym/mängd	Uppskattad kostnad
Projektering/förfrågningsunderlag/upphandling		0,8 Mkr
Tillståndsansökan		0,6 Mkr
Förberedelser (trädfällning/röjning/omhändertagande)		0,3 Mkr
Pilotprojekt inkl förprojektering		0,5 Mkr
Rivning av befintliga byggnader		0,5
Detaljutredning, utbredning av kvicksilver		0,5
Spontning	320 löpmeter	2 - 4 Mkr
Anläggande av tryckbank (södra delen)		1,5 Mkr
Anläggande av erosionsskydd (hela Område III)	300 löpmeter	0,3 Mkr
Anläggande av partikelfilter (hela Område III)	300 löpmeter	0,6 Mkr
Uppgrävning, lastning och transport inom området	38 – 47 000 m ³	2,9 – 3,5 Mkr
Avvattnings och hantering av drän- och länshållningsvatten		1-2 Mkr
Utsortering av trä, skrot etc (antag 10 % av volymen)	38 – 47 000 m ³	0,3 – 0,4 Mkr
Omhändertagande inkl transport		
Alt D1: mottagningsalternativ 1 (båt)	38 – 47 000 m ³	30 - 38 Mkr
Alt D2: mottagningsalternativ 2 (lastbil)	38 – 47 000 m ³	51 - 63 Mkr
Ersättningsmassor inkl transport	38 – 47 000 m ³	3,8 – 4,7 Mkr
Utläggning/packning av återfyllnadsmassor	38 – 47 000 m ³	1,9 – 2,3 Mkr

Miljökontroll, dokumentation, slutredovisning etc		0,5 Mkr
Projektledning		0,6 Mkr
Osäkerhet i bedömningen, påslag ca 20 %		10 - 12 Mkr (Alt D1) 14 - 17 Mkr (Alt D2)
Mest sannolik kostnad och bedömt intervall		68 Mkr, 60 - 75 Mkr (Alt D1) 95 Mkr, 85 - 105 Mkr (Alt D2)

5.9 Kostnader, alternativ E (urgrävning av förorenade massor inom hela Område III, off-sitebehandling/deponering)

En översiktlig bedömning av de kostnader som uppkommer i samband med efterbehandling enligt alternativ E redovisas nedan i **tabell 5.6**.

Tabell 5.6 Efterbehandlingskostnader enligt alternativ E.

Aktivitet	Bedömd volym/mängd	Uppskattad kostnad
Förprojektering/pilotförsök (schakt/dränering)		0,5 Mkr
Tillståndsansökan		0,6 Mkr
Projektering/förfrågningsunderlag/upphandling		1,0 Mkr
Detaljutredning, avgränsning av föroreningar		0,5 Mkr
Förberedelser (trädfällning)		0,3 Mkr
Rivning av byggnader		0,5 Mkr
Spontning (hela Område III)		2-4 Mkr
Anläggande av tryckbank (södra delen)		1,5 Mkr
Anläggande av erosionsskydd (hela Område III)	300 löpmeter	0,3 Mkr
Anläggande av partikelfilter (hela Område III)	300 löpmeter	0,6 Mkr
Uppgrävning, lastning och transport inom området (till avvattningsanläggningen)	Ca 67 000 m ³	5 Mkr
Avvattning och hantering av drän- och länshållningsvatten		1-3 Mkr
Utsortering av trä, skrot etc	7 000 m ³	0,5 Mkr
Omhändertagande inkl transport		
-Alt E1: mottagningsalternativ 1 (båt)	67 000 m ³	54 Mkr
-Alt E2 mottagningsalternativ 2 (lastbil)	67 000 m ³	90 Mkr
Ersättningsmassor inkl transport	67 000 m ³	6,7 Mkr
Utläggning/packning av återfyllnadsmassor	67 000 m ³	3,4 Mkr
Miljökontroll, dokumentation, slutredovisning etc		1 Mkr
Projektledning		1 Mkr
Osäkerhet i bedömningen, påslag 20 %		17 Mkr (Alt E1) 24 Mkr (Alt E2)
Mest sannolik kostnad och bedömt intervall		100 Mkr, 90 - 110 Mkr (Alt E1) 145 Mkr, 130 - 160 Mkr (Alt E2)

6 Krav på tillstånd och tidsåtgång för aktiviteter

En bedömning av tidsåtgång för genomförande av föreslagna åtgärder lämnas nedan i **tabell 6.1**. Tiderna kommer dock att styras framförallt av vilket alternativ som väljs, men också av myndighetsbeslut avseende de anmälningar och eventuella tillstånd som åtgärderna kräver. Anpassning till väg- och järnvägsprojektet, vilket i sig möjliggör olika samordningsfördelar, kan påverka tidplaner för de olika åtgärderna. Arbeten kräver sannolik också anpassning till lämplig årstid (hänsyn till bl a vattennivåer i Göta älv).

Generellt sett är efterbehandling av förorenade områden anmälningspliktig verksamhet enligt 28 § i förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (SFS 1998:899). Om de föreslagna åtgärderna kräver någon form av arbete i vatten, är detta sannolikt tillståndspliktigt enligt Miljöbalken. Utförande av stabilitetshöjande och erosionsskyddande åtgärder är exempel på sådana åtgärder. Behandling på plats och sortering av större mängder kan också vara tillståndspliktig verksamhet.

Om verksamheten enbart kräver anmälan innebär detta att kommunen kommer att ha tillsynsansvar över de åtgärder som vidtas. Kommunen kommer även att vara huvudman för efterbehandlingen.

Tabell 6.1 Tidsåtgång för genomförande av aktiviteter

Aktivitet	Omfattning
Ansökan och beslut om finansiering, Lst och NV	1 – 2 månader
Tekniskt underlag för prövning enligt miljöbalken	Ca 3 månader
Prövning enligt miljöbalken	Ca 6 månader - 1 år
Övriga kompletterande utredningar (geoteknik, ev andra)	1-3 månader
Pilotförsök, förprojektering (krävs för vissa alternativ)	1-2 månader
Projektering	2-3 månader
Anmälan om efterbehandling* + kontrollprogram	1 månad
Upphandling av entreprenad och av omhändertagande av förorenade massor	1-2 månader
Entreprenadarbeten (beror på alternativ)	1-4 (?) månader
Miljökontroll	1-4 månader

* Anmälan skall vara tillsynsmyndigheten tillhanda senast 6 veckor innan planerad arbetsstart.