



Länsstyrelsen Jämtlands län

HISSMOFORS DEPONIOMRÅDE, HUVUDSTUDIE



© Lantmäteriverket Gävle 2005. Medgivande I2005/1246.

Sundsvall 2006-03-31, rev 2006-05-31

SWECO VIAK AB

Sven Åke Heinemo
Sven-Åke Heinemo

Erika Backman, Fredrik Bellander, Hans Ericsson, Lars Eurenus,
Helena Fureman, Robert Jonasson, Hans Kronberg,
Johanna Leback, Anna Olofsson, Linda Strid, Maria Åström

Granskad: Yvonne Olsson
Uppdragsnummer 1654181

SWECO VIAK
Södra Järnvägsgatan 37
Box 259, 851 04 Sundsvall
Telefon 060-16 99 00
Telefax 060-61 30 07

Uppdrag 1654181; SAHE
P:\1584\1654181\Data\10Textdokument\RA_Hissmofors
Huvudstudie rev 060531.doc



Hissmofors deponiområde
Huvudstudie

ra02s 2000-03-30



Innehåll

<i>Sammanfattning</i>	1
1 Bakgrund och syfte	7
2 Områdesavgränsning för huvudstudien	7
3 Objektets ägare, efterbehandlingsansvarig och huvudman för efterbehandlingsprojektet	8
4 Översiktlig objektsbeskrivning	8
4.1 Planförhållanden	10
4.2 Geologiska förhållanden	11
4.3 Historik	11
4.4 Tidigare undersökningar och utredningar	12
4.5 Tidigare åtgärder inom deponiområdet	13
5 Delområdesbeskrivning	14
5.1 Industrideponin	14
5.2 Kisaskadeponin	16
5.3 Barkdeponin	19
5.4 Kisaskaytan intill industriområdet	21
6 Kompletterande undersökningar 2005	23
6.1 Undersökningsmetodik	23
6.2 Provpunkternas placering och märkning	24
6.3 Borr- och provtagningsmetoder	24
6.3.1 Provtagning med borrhandsvagn.....	25
6.3.2 Provtagning genom provgrovsgrävning.....	26
6.3.3 Provtagning av sediment.....	26
6.4 Provtagning av grundvatten	27
6.5 Provtagning av ytvatten	27
6.6 Analys- och testmetoder	27
6.7 Inmätningar	29
6.8 Analysresultat	29
6.8.1 Grundvattennivåer	29
6.9 Beskrivning av föroreningsförekomst	30
6.9.1 Barkdeponin.....	33
6.9.2 Kisaskadeponin och västra slänten	34
6.9.3 Industrideponin	36
6.9.4 Kisaskaytan invid industriområdet	38
6.9.5 Områden fria från föroreningar.....	39

6.10	Mängd och volym.....	39
6.11	Statistiska mått på metallförekomst i jord inom Hissmofors deponiområde.....	40
6.12	Utvärdering statistisk fördelning.....	41
6.13	Lakningsegenskaper och klassificering.....	46
6.13.1	Utvärdering av genomförda lakteter	46
6.13.2	Avfallsklassning	48
7	<i>Hydrogeologisk bedömning av deponiområdet.....</i>	52
7.1	Avrinningsområde	52
7.2	Inströmningsområden	52
7.3	Utströmningsområden.....	52
7.4	Grundvattenströmning.....	53
7.4.1	Industrideponin	54
7.4.2	Kisaskadeponin.....	54
7.4.3	Barkdeponin.....	55
7.4.4	Övriga delar av området	55
8	<i>Deponiernas stabilitet.....</i>	56
8.1	Geotekniska förhållanden	56
8.1.1	Topografi	56
8.1.2	Bergläge.....	57
8.1.3	Jordlagerföljd.....	57
8.2	Stabilitetsberäkningar	58
8.3	Slutsatser och rekommendationer gällande stabilitet.....	59
9	<i>Erosionsrisk för industrideponin vid höga flöden</i>	60
9.1	Höga flöden vid Hissmofors	60
9.2	Bedömningar	61
9.2.1	Dimensionerande vattenhastighet	61
9.2.2	Bedömd erosionskänslighet	61
9.3	Utformningen av erosionsskydd	62
10	<i>Riskbedömning</i>	63
10.1	Syfte och övergripande metodik	63
10.2	Avgränsning	64
10.3	Föroreningssituation som underlag för riskbedömning.....	65
10.4	Spridningsförutsättningar.....	67
10.4.1	Identifierade föroreningskällor	67
10.4.2	Spridningsprocesser.....	67
10.5	Känslighet och skyddsvärde	69

10.6	Platsspecifika riktvärden	71
10.6.1	Exponeringsanalys och platsspecifik modell.....	71
10.6.2	Platsspecifika riktvärden, effekter inom industriområdet.....	74
10.6.3	Platsspecifika riktvärden, effekter inom strövområdet.....	75
10.6.4	Platsspecifika riktvärden för sediment	76
10.7	Platsspecifika riktvärden för jord, grundvatten och ytvatten utifrån effekter i Indalsälven	77
10.8	Risker nu, under åtgärd och i framtiden (diagnos och prognos).....	78
10.9	Behov av riskreduktion	78
10.10	Diskussion	79
11	Åtgärdsutredning med kostnadsberäkning.....	80
11.1	Övergripande möjligheter för efterbehandling.....	81
11.1.1	Urschaktning av förorenade massor	81
11.1.2	Behandling av förorenade massor	83
11.1.3	Övertäckning/isolering av förorenade massor (barriärer).....	86
11.2	Åtgärdsalternativ för deponiområdet	89
11.2.1	Barkdeponin, åtgärdsbehov och alternativ	89
11.2.2	Vinddriven kisaska under kraftledningsgatan, åtgärdsbehov/ alternativ ...	96
11.2.3	Kisaskadeponin och västra slänten, åtgärdsbehov och alternativ	97
11.2.4	Industrideponin, åtgärdsbehov och alternativ.....	105
11.2.5	Kisaskaytan vid industriområdet, åtgärdsbehov och alternativ	109
12	Förespråkat alternativ	111
12.1	Barkdeponin	112
12.2	Kisaskadeponin och västra slänten	113
12.3	Industrideponin.....	115
12.4	Kisaskaytan invid industriområdet (f.d. timmerfickan vid gamla såghuset)	115
12.5	Total beräknad kostnadskalkyl	116
13	Haltgränser för massor som kan samdeponeras.....	117
14	Åtgärds mål och Riskvärdering.....	118
14.1	Åtgärds mål	118
14.1.1	Förslag till mätbara åtgärds mål	121
14.2	Riskvärdering.....	124
15	Projekteringsdirektiv	127
15.1	Övergripande direktiv	127
15.2	Upphandlingsdirektiv	128

15.3	Entreprenaddirektiv	128
15.3.1	Schaktarbeten och masshantering.....	128
15.3.2	Klassning av massor.....	129
15.3.3	Tillfälliga upplag av förorenade massor	129
15.3.4	Vattenhantering och vattenrening.....	129
15.3.5	Transport inom arbetsområdet och rensluss	130
15.3.6	Transport på allmän väg	130
15.3.7	Utformning av deponier	130
15.3.8	Flyttning och återställande av objekt inom området.....	131
15.3.9	Egenkontroll	131
15.3.10	Arbetsmiljö.....	131
15.3.11	Övriga försiktighetsmått.....	132
16	<i>Strategi för anmälningar och tillståndsansökan.....</i>	133
17	<i>Direktiv för miljökontroll</i>	135
18	<i>Osäkerheter och konsekvensrisker samt kompletteringsförslag..</i>	136
19	<i>Grov tidplan</i>	138
20	<i>Referenser.....</i>	139

Bilagor:

1. Fältprotokoll
2. Analyspaket med detektionsgränser
3. Sammanställning av analysresultat (3:1-3:5)
4. Analysprotokoll enligt förteckning (4:1-4:11)
5. Fotodokumentation på provgropar, borrhöjningar mm
6. Teknisk PM Stabilitet
7. Rapport geoteknik
8. Beräkningsresultat, platsspecifika riktvärden
9. Beräkningsmodell för platsspecifika riktvärden
10. Indata, platsspecifika riktvärden

Ritningar enligt ritningsförteckning (se särskild pärm)

Sammanfattning

Denna huvudstudie för Hissmofors deponiområde har utförts av SWECO VIAK på uppdrag av länsstyrelsen i Jämtlands län. Hissmofors deponiområde ligger i Krokoms kommun vid Indalsälvens utlopp ur Storsjön.

Huvudstudiens syfte är att ge en tillräckligt detaljerad bild av föroreningsituationen inom det undersökta området för att fungera som beslutsunderlag avseende kommande saneringsinsatser. Påverkan och risker för omgivningen har belysts och värderats och rapporten leder fram till att detaljerade efterbehandlingsåtgärder föreslås för de olika delområdena.

I arbetet med huvudstudien har historiska data beaktats parallellt med nya data från undersökningar av mark, sediment, yt- och grundvatten. Inom ramen för studien har också:

- utförts fördjupade utredningar avseende hydrogeologi, markstabilitet och erosionsrisker i området,
- utförts fördjupande bedömningar avseende risk för hälsa och miljö,
- tagits fram detaljerade förslag avseende platsspecifika riktvärden och mätbara åtgärds mål, åtgärder, direktiv för projektering, entreprenad och miljökontroll,
- presenterats strategier för kommande anmälningar och/eller tillstånd.

Föroreningsutbredning

Undersökningarna visar att kisaska, som deponerats från f.d. sulfitmassafabriken, har en stark påverkan på markområdets kvalitet framförallt med avseende på de metaller som är typiska för kisaska (arsenik, bly, kadmium, koppar och zink). Beräkningar visar att mängden arsenik uppgår till minst 3,6 ton i området. Kisaskadeponin innehåller kisaska i mäktigheter upp till 8 meter och deponins sträckning uppgår till ca 250 meter. Vid f.d. timmerintaget för gamla sågen på industriområdet förekommer kisaska och svavelkis med höga metallhalter, där även kvicksilverhalten är hög.

I deponiområdet förekommer också industriavfall, rivningsmassor samt barkavfall. Tidigare omflyttningar av förorenade massor mellan delområden har ökat den diffusa spridningen av metaller till

omgivningen. Genom vindspridning från kisaskadeponin har också ett större område förorenats med yttlig kisaska.

Spridning av metaller via grundvattnet och östra diket är stor i de östra delarna av deponiområdet. Lakningen av metaller ur kisaskadeponin förstärks till följd av att grundvatten med reducerande egenskaper tillrinner från barkdeponin.

Övriga undersökta föroreningar i området visar inte på halter som har någon större betydelse för riskerna för människors hälsa eller miljön.

Fördjupad riskbedömning

Bedömning av miljö- och hälsoriskerna i området har utförts utifrån de vägledningar och de modeller som Naturvårdsverket har tagit fram för förorenade områden. Riskmodellen har anpassats till de förutsättningar som råder inom undersökningsområdet och med beaktande av den övergripande målsättningen för framtida nyttjande som uppställts för detta. Med hjälp av modellen har platsspecifika riktvärden tagits fram för metaller, cancerogena PAH'er och tunga alifater för jord och sediment (avser effekter inom området) samt för yt- och grundvatten (avser effekter utanför området).

Den övergripande målsättningen som uppställts för området är att förorenings-spridningen från området skall minimeras samt att området skall kunna användas för rekreatiönsändamål respektive som industriområde utan risk för människors hälsa och miljön.

Då föroreningsnivåerna i hög grad visats överskrida de framräknade platsspecifika riktvärdena, konstateras ett stort behov av riskreduktion för att undvika hälsorisker i området. Framförallt är det direkt-exponeringen som behöver förhindras, vilket innebär att halterna i de massor som människor har möjlighet att komma i kontakt med måste bli lägre alternativt att kontaktmöjligheten med föroreningarna förhindras. Arsenik konstateras vara det styrande riskämnet.

I rapporten föreslås mätbara åtgärds-mål, vilka beskriver den situation som eftersträvas för delområden som övertäcks, för delområden där schaktning utförs men där övertäckning inte ske eller som lämnas utan åtgärd samt för sediment i diken och dammar inom området.

Åtgärds mål i form av haltgränser för övertäckningsmassor

Djup	Arsenik	Bly	Kadmium	Kobolt	Koppar	Krom (III)	Krom (VI)	Kvick-silver	Nickel	Zink	PAH * canc	Alifater C16-21
<i>mg/kg TS</i>												
C_fyll	15	150	6	120	100	120	40	5	100	350	8	100

* Avser Benso(a)pyrenekvivalenter

Åtgärds mål i form av haltgränser för icke övertäckta ytor och resthalter på icke övertäckt schaktbotten inom deponiområdet

Djup	Arsenik	Bly	Kadmium	Kobolt	Koppar	Krom (III)	Krom (VI)	Kvick-silver	Nickel	Zink	PAH* canc	Alifater C16-21
<i>mg/kg TS</i>												
C_jord: 0-1 m	15	150	6	120	100	120	20	5	100	350	8	100
C_jord: > 1 m	40	300	12	250	200	250	20	7	200	700	40	1000

* Avser Benso(a)pyrenekvivalenter

Åtgärds mål i form av haltgränser för sediment

Djup	Arsenik	Bly	Kadmium	Kobolt	Koppar	Krom (III)	Krom (VI)	Kvick-silver	Nickel	Zink	PAH canc	Alifater C16-21
<i>mg/kg TS</i>												
C_sed:	30	80	7	30	100	100	5	1	35	350	20	100

Åtgärds mål i form av haltgränser för icke övertäckta ytor och resthalter på icke övertäckt schaktbotten inom industriområdet

Djup	Arsenik	Bly	Kadmium	Kobolt	Koppar	Krom (III)	Krom (VI)	Kvick-silver*	Nickel	Zink	PAH**	Alifater C16-21
<i>mg/kg TS</i>												
C_jord: 0-1 m	26	300	12	250	200	250	20	0,3/7	400	700	40	1000
C_jord: 1-2 m	85	500	20	500	500	500	20	0,3/7	800	1500	40	2000
C_jord: >2 m	170	1000	40	1000	1000	1000	20	1/7	1000	1500	40	5000

*Kvicksilvervärdet styrs av inträngning av ångor i byggnader. Enstaka förhöjda kvicksilverhalter över MKM (7 mg/kg) bedöms inte påkalla åtgärder.

** Avser Benso(a)pyrenekvivalenter

Stabilitet och erosionskänslighet

Delar av industriavfallsdeponin riskerar erosionsskador vid höga flöden i Indalsälven, varför föreslagna åtgärder även omfattar anläggande av erosionskydd i strandzonen. Stabilitetsberäkningar av sektioner i industriavfallsdeponin visar att åtgärder bör vidtas för att undvika skred, särskilt vid genomförande av övertäckningsåtgärder. Stabilitetsbefrämjande åtgärder möjliggör också att industriavfallsdeponin kan ligga kvar i nuvarande läge, vilket i hög grad reducerar kostnaderna för åtgärderna i området. Även barkdeponin bör släntjusteras för godtagbar stabilitet.

Åtgärdsutredning

I den åtgärdsutredning som genomförts för huvudstudieområdet har tre tillämpbara alternativa åtgärdslösningar studerats djupare: *övertäckning, urschaktning och stabilisering.*

Ett antal andra metoder har uteslutits då de i ett tidigt skede bedömts som ogenomförbara eller tveksamma för aktuella förhållanden.

Det mest kostnadsoptimala alternativet bedöms vara övertäckning av deponierna samt urschaktning och samdeponering för material från "kisaskaytan" på industriområdet.

Läckage av metaller via grund- och ytvatten sker nästan uteslutande från områdets östra delar. Till följd av de gynnsamma hydrogeologiska förutsättningarna i området bedöms att mycket god reducering av denna metallspridning kan uppnås genom övertäckning i dessa delar.

Förespråkade åtgärdsförslag

Åtgärderna på barkdeponin omfattar släntanpassning, omdisponering av massor samt övertäckning med tät- och täckskikt som anpassats med hänsyn till vilken reduktion som bedömts nödvändig för olika delar, bl.a. för minskad lakvattenbildning.

Åtgärderna på kisaskadeponin omfattar urschaktning och omdisponering av kisaskamassor (även vindspritt material). Vidare utförs övertäckning med tät- och täckskikt. Förslaget har utformats för att rymma deponimassorna samtidigt som lämplig avrinning säkerställs och sågverkets behov av utökad köryta kring virkesmagasin tillgodoses. Åtgärden omfattar också insatser för att motverka risk för ras och skred.

Åtgärderna på industriavfallsdeponin omfattar släntanpassning för motverkande av skred och övertäckning med tät- och täcksikt samt anläggande av erosionsskydd mot Indalsälven.

Åtgärderna på kisaskaytan vid industriområdet omfattar urschaktning och samdeponering inom kisaskadeponin.

De totala beräknade kostnaderna för de föreslagna åtgärderna redovisas i nedanstående tabell. I kalkylen för åtgärden av kisaskaytan vid industriområdet har antagits att samdeponering på kisaskadeponin kan accepteras. I det fall samdeponering inte medges kommer kostnaden för åtgärd av det delområdet att öka med 3,5 miljoner kronor, vilket skulle ge en slutsumma 40,9 miljoner kronor.

Område	Metod	Kostnad [mkr]
Barkdeponin	Övertäckning med naturliga massor	7,3
Kisaskadeponin + vinddriven kisaska under kraftledningsgatan	Övertäckning med naturliga massor	20,0
Industrideponin	Övertäckning med naturliga massor	5,8
Kisaskaytan vid industriområdet (F-ytan)	Urschaktning och samdeponering på kisaskadeponin	0,9
Gemensamma kostnader för etableringsyta, röjning, vattenrening, stängsel, avfallshantering mm		3,4
TOTALT		37,4

Osäkerheter

Innan de föreslagna åtgärderna detaljprojekteras bör vissa osäkerheter belysas närmare. Huvudsakligen handlar det om risken för återkontaminering från områden utanför de som undersökts och föreslagits åtgärdas i denna huvudstudie. Det är känt att kisaska förekommer inom närliggande delar av industriområdet vilket kan medföra att t.ex. fordonstrafik, snöröjning och framtida grävningsarbeten kan medföra spridning av föroreningar ut på åtgärdade delar.

Störst risk för detta bedöms de föroreningar som idag är överbyggda av tekniska konstruktioner i anslutning till sågen (vägar, spår, planer).

Vidare förekommer osäkerheter avseende föroreningssituationen inom delar av huvudstudieområdet och dessa bör klargöras innan åtgärderna detaljprojekteras (nordvästra barkdeponin, ett parti av

kisaskadeponin, området mellan vedmagasinet och gamla hyvleriet mot läget för de rivna sedimenteringsbassängerna).

För att om möjligt kunna sänka kravet på övertäckningens mäktighet, och därmed kostnaden för åtgärderna på barkdeponin, bör metallförekomsten på barkdeponin statistiskt säkerställas genom kompletterande tät ytprovtagning.

Det finns även en del tekniska aspekter på deponiernas uppbyggnad eller funktion som behöver klargöras för att säkerställa att åtgärdslösningarna kommer att ha en god funktion i ett långt tidsperspektiv. Svaren på dessa kan också bidra till att åtgärden kostar mindre att genomföra. Till dessa kan räknas:

- att klargöra nedbrytningsaktiviteten och gaspotentialen i barkdeponin,
- att utföra praktiska försök med utsortering av organiskt material (bark och spån) och analysera de utsorterade fraktionernas föroreningsinnehåll.

Tidplan

För åtgärderna inom det undersökta området bedöms nedanstående tidplan vara realistisk:

- Sommar/hösten 2006: Kompletterande undersökningar
- Hösten/vintern 2006: Förankring av huvudstudien och anslagsansökan
- Våren 2007: Detaljprojektering
- Våren/hösten 2007: Tillståndsansökningar, bygglov mm
- Vintern 2007/2008: Upphandling
- Våren 2008 – Våren 2009: Genomförande

1 Bakgrund och syfte

SWECO VIAK har på uppdrag av länsstyrelsen i Jämtlands län under åren 2005/2006 genomfört kompletterande undersökningar och utredningar för framtagande av en huvudstudie gällande Hissmofors deponiområde. Uppdraget har omfattat alla de moment som omfattas av en huvudstudie beskrivet i naturvårdsverkets kvalitetsmanual, utom ansvarsutredning vilken särskilt hanteras av länsstyrelsen i Jämtlands län.

Syftet med uppdraget är att få en detaljerad bild av förorenings-situationen i området, dess påverkan på omgivningen samt att presentera detaljerade förslag till efterbehandlingsåtgärder. Länsstyrelsens målsättning är att förorenings-spridningen från området ska upphöra samt att området ska kunna användas för rekreatiönsändamål och som industriområde utan att det ska innebära en risk för människors hälsa och miljön.

Arbetet har omfattat kompletterande avgränsning av föroreningarnas utbredning inom de tre deponierna (bark-, kisaska- och industriavfallsdeponi). Mark, sediment och grundvattenprover har analyserats, en hydrogeologisk utredning har genomförts och släntstabiliteten för de tre deponierna samt erosionsrisk för deponin vid älvstranden har bedömts. Vidare har en fördjupad riskbedömning genomförts inklusive framtagande av platsspecifika riktvärden. Förslag till övergripande och mätbara åtgärds-mål har tagits fram och en åtgärdsutredning har genomförts omfattande detaljerade åtgärdsförslag med kostnadsberäkning och riskvärdering av åtgärdsförslag, Slutligen har direktiv för projektering och miljökontroll samt strategi för tillstånd och anmälningar formulerats.

2 Områdesavgränsning för huvudstudien

Denna huvudstudie har i stort sett enbart omfattat deponiområdet vid Hissmofors. En ytterst liten del av industriområdet, där misstänkta föroreningar noterats i markytan, berörs av utredningen. Även om kunskap finns om att föroreningar förekommer i angränsande områden utanför deponiområdet, har denna huvudstudie avgränsats enligt nedanstående (**Figur 1**) på grund av att utredningsansvaret för deponiområdet och industriområdet är åtskilt.



Figur 1. Avgränsning av huvudstudieområdet vid Hissmofors deponiområde.

© Lantmäteriverket 2006. Ur GSD-översiktskartan Ärende 106-2004/188Z.

3 Objektets ägare, efterbehandlingsansvarig och huvudman för efterbehandlingsprojektet

Deponiområdet består av två fastigheter, dels fastigheten Hägra 3:4 som ägs av Hissmofors Såg AB och dels fastigheten Hägra 3:24 som ägs av Jämtkraft AB. Efterbehandlingsobjektet har för närvarande ingen huvudman. Utredning om ansvar för efterbehandlingsåtgärder samt huvudmannaskapet pågår hos länsstyrelsen i Jämtlands län.

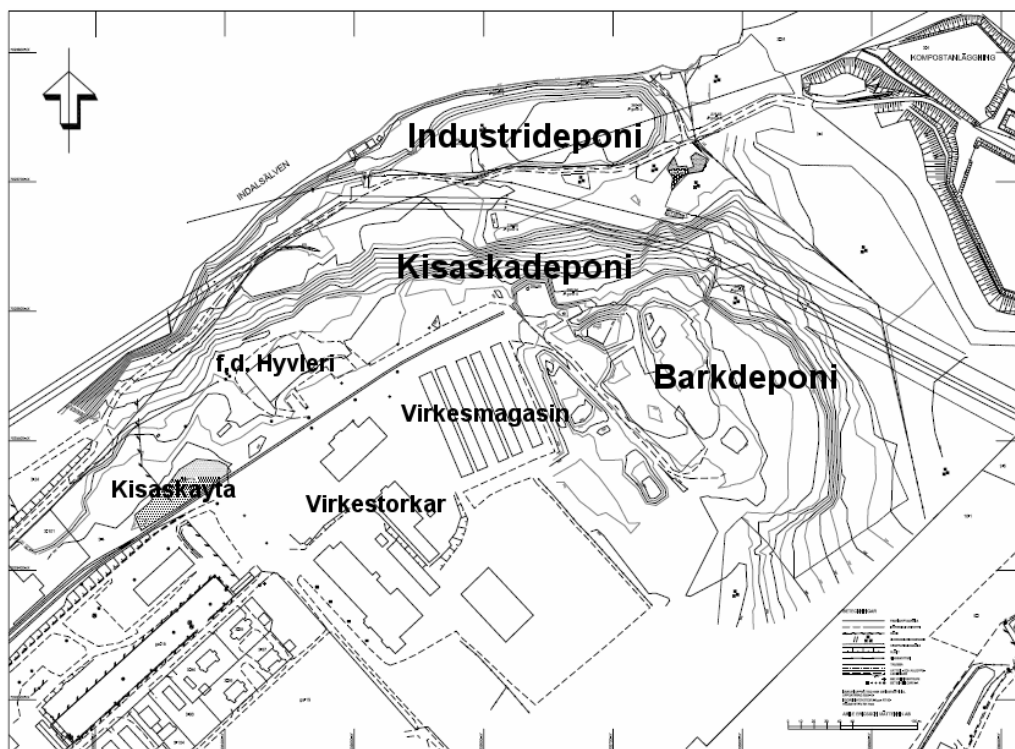
4 Översiktlig objektsbeskrivning

Hissmofors deponiområde är beläget i Krokoms kommun invid Indalsälven vid dess utlopp ur Storsjön (se **Figur 2**), ca 22 km nordväst om Östersund. Deponiområdet ligger på fastigheterna Hägra 3:4 och 3:24.



Figur 2. Översiktskarta med läget för Hissmofors deponiområde inringat i övre vänstra delen av figuren. © Lantmäteriverket 2006. Ur GSD-översiktskartan Ärende 106-2004/188Z.

Deponiområdet sträcker sig ca 0,5 km utmed Indalsälven södra strand. I den västra delen når deponiområdet ca 150 meter söderut mot sågverksområdet med virkestorkar och virkesmagasin, medan det i den östra delen når ca 350 meter ner söderut över barkdeponin. I öster avgränsas området mot en bäck och mot väster av industriområdet med äldre industribyggnader innehållande bl.a. gamla hyvleriet. (Se **Figur 3**).



Figur 3. Översiktskarta som visar de olika deponiernas placering inom Hissmofors deponiområde samt den öppna kisaskaytan vid industriområdet och några av byggnaderna inom sågområdet.

4.1 Planförhållanden

Gällande byggnadsplan (B1690) från år 1986, beskriver huvuddelen av nu aktuellt huvudstudieområde som "område för industri", där endast bebyggelse för industriändamål bör få tillkomma. På samma byggnadsplan är strandlinjen i nordväst avsatt för högspänningsledning. Den västra delen av huvudstudieområdet (området nedanför hyvleriet samt början av och området norr om deponivägen) överlappas av en detaljplan (P93/12) från år 1993. Enligt planbestämmelserna i den överlappande planen ska denna del av området användas för vattenkraftverk.

I byggnadsplanen från 1986 finns ett ej byggbart område avsatt (Z industriväg) vilket skär tvärs över kisaskadeponin och västra slänten. Detta område kommer i konflikt med möjligheterna till åtgärder inom området.

4.2 Geologiska förhållanden

Terrängen i deponiområdet lutar generellt i riktning norrut mot Indalsälven. De sydöstra delarna av deponiområdet lutar mot öster till ett avskärande dike. Den naturliga jordarten under deponierna består av lerig/siltig morän som i flera lägen diffust övergår i en skiffermorän som lokalt kallas "blåhall". I nordöstra delen av området, vid östra dikets utlopp i Indalsälven, syns berg i dagen på en nivå av ca +272 meter bestående av skiffer. I borrhningar på södra delen av deponiområdet har berg påträffats på en nivå av ca +290 meter.

En mer detaljerad beskrivning av de geologiska förhållandena för industri-, bark- och kisaskadeponierna framgår av **Kapitel 8**.

4.3 Historik

Tidigare har en sulfitmassafabrik drivits invid deponiområdet, vilket har givit upphov till bl.a. deponier av kisaska och en industri-avfallsdeponi. Sulfitmassafabriken anlades år 1899 på platsen och ett elektriskt drivet sågverk omkring år 1900. Närheten till det 1896 anlagda vattenkraftverket i Hissmofors influerade starkt på anläggandet av sågverket och var det som avgjorde att sulfitfabriken redan 1918 övergick till eldrift.

Sulfitmetoden var länge den vanligaste processen för massaframställning i Sverige. Sulfitvätskan för massakokningen framställdes vid Hissmofors genom rostning av svavelkis. Vid rostningen avgick svaveldioxid som avkyldes och leddes genom vattensprinklade torn fyllda med kalksten varvid en sulfitlösning bildades. Efter rostningen av svavelkis återstod s.k. kisaska, bestående främst av järnoxid men även flera miljöskadliga metaller från den ursprungliga bergarten.

Hissmofors sulfitmassafabrik hade mellan åren 1905 till 1929 fem stycken kisugnar. Fram till år 1947 var antalet ugnar sex stycken, men när en ny kisugn installerades (år 1947) togs samtliga gamla ugnar ur drift. Den sista kisugnen togs ur drift år 1970. Produktionen av kisaska har således pågått under mycket lång tid, vilket återspeglas i den relativt frekventa förekomsten i terrängen vid Hissmofors.

Kisaskan finns spridd över stora delar av området och detta har uppmärksamats vid schaktningar och byggnationer. Längs stickspår, banvallar och rörgravar finns kisaska i flera lager. Vid de gamla

stickspåren syns även kisaska i dagen. Tunna skikt av kisaska kan även observeras på upplagsplaner och parkeringsplatser.

Att kisaskan kommit att deponeras kring anläggningen beror på att avsättningen till smältverk eller återtagningen till producenten av kis fungerade dåligt. Det har också varit vanligt att använda kisaska på vägar och gångar som ogräsmedel. Den diffusa spridningen är därför omfattande.

Verksamheten vid sågverket har bidragit till att en större barkdeponi anlågts 1976 inom aktuellt utredningsområde.

Sulfitmassafabriken lades ner år 1979, medan såväl sågen som kraftverket fortsatte därefter driften. Förutom sågverket finns idag på industriområdet bl.a. ett biobränsleföretag och flera småindustriföretag.

Efter nedläggningen av sulfitmassafabriken revs år 1980 stora delar av industribyggnaderna och massorna lades i gamla industriavfallsdeponin men även spritt inom övriga delar av deponiområdet. Efter 1980 har flera rivningar och ombyggnader skett, både av sågverksbyggnader och bostadshus. Även träavfall har deponerats i området. Kända sådana deponeringar har skett 1986, 1994/95 och 1999. Rivningsmassor har påträffats i slänten norr om gamla hyvleriet, vid planen under kraftledningen mellan västra delen av industrideponin och upp mot slänten vid virkesmagasinen samt på barkdeponin och söder om infarten vid barkdeponin.

4.4 Tidigare undersökningar och utredningar

Markundersökningar genom borring i 10 punkter i deponiområdet utfördes 1997 av Scandiaconsult Bygg och Mark AB (numera Ramböll). Dessa undersökningar på jord och deponimassor har påvisat höga halter av arsenik och metaller härrörande från kisaska. Kisaska förekommer både i djupare skikt i kisaska- och industrideponin och ytligt inom området. Provtagningar av ytvatten och sediment är också utförda av ett flertal olika utförare med varierande kvalitetssäkring.

Utvärdering av resultaten från tidigare undersökningar har skett i särskilt uppdrag som genomförts av SWECO VIAK, 2004. Utredningen konstaterade att flera kunskapsluckor fanns för att kunna bedöma åtgärdsbehovet för området. Det gällde främst kvalitetssäkringen av tidigare undersökningar, men också om det

förekommer andra föroreningar än metaller som kan styra riskerna i området samt att avgränsningen av de förorenade ytorna var ofullständig.

Flera utredningar har visat att grundvattnet i området är påverkat av deponierna, med mycket förhöjda metallhalter och hög toxicitet i bakterietest (microtox) som resultat. Östra bäcken (eller diket) som mynnar i Indalsälven har uppvisat mycket förhöjda metallhalter i både vatten och sediment. Vid undersökningar av vatten, vattenmossa, sediment och fisk i Indalsälven har dock ingen markerad påverkan från punktkälla noterats, annat än i vattenmossa direkt utanför östra diket vid deponiområdet. Stor utspädning i Indalsälven gör att haltökningar är svåra att påvisa.

4.5 Tidigare åtgärder inom deponiområdet

Av flygbilder över området framgår att bark- och spånövertäckning har skett i släntfoten på kisaskadeponin redan under 1970-talet. Under 1996 påbörjades återställningsarbeten på barkdeponin utan tillsynsmyndighetens godkännande. Massor som var förorenade med kisaska kom då att förskjutas upp över barkdeponins massor i en överlappningszon. Måktigheten på massorna i den mixade zonen kan ha uppgått till 2-3 meter. Vissa åtgärder med återställning av östra delarna av industrieponin och avstädning av denna utfördes under 1990-talet. På myrmarken öster om barkdeponin har det skett grävningsarbeten och utläggning av bark. Östra diket har rensats och urgrävts åtminstone en gång, det är oklart var massorna från denna rensning har lagts.

5 Delområdesbeskrivning

5.1 Industrideponin

Industrideponin är belägen längs Indalsälvens strand och är ca 200 m lång och 60 m bred (se **Figur 3**). I den östra och mäktigaste delen av deponin har det tidigare bränts hushållssopor i brandgrop eller brännbur. I denna del har det också deponerats ospecificerat avfall från illegal soplämning. Öppen kisaskaförekomst noteras numera i detta område.

Genom granskning av flygbilder över deponin bedöms att aska och slam samt troligen också felkörningar från sulfitmassafabriken (s.k. vargsatser), har lagts på deponin. Undersökningar visar att bark, trä och kiska från den industriella verksamheten återfinns på och i hela deponin.

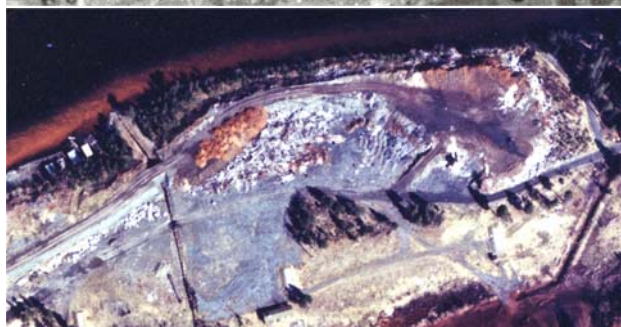
Av nedanstående flygbildsserie framgår hur industrideponin har utvecklats från år 1963 till år 1995 (se **Figur 4 a-e**). Under 60-talets första del var deponimängderna begränsade till den östra delen av området. I sydslutningen på östra delen av deponin ses också efter år 1968 en byggnad som kan vara en brännbur som har nyttjats för hushållsavfallsförbränning. Under 1960-talet sker en förhållandevis snabb utfyllnad av deponin mot väster med ett dominerande inslag av industriavfall.

I området väster om industrideponin noteras att utfyllnader även har skett på södra sidan av tillfartsvägen. Utfyllnaden har verifierats i de utökade undersökningarna och är mellan 3-4 meter djup.

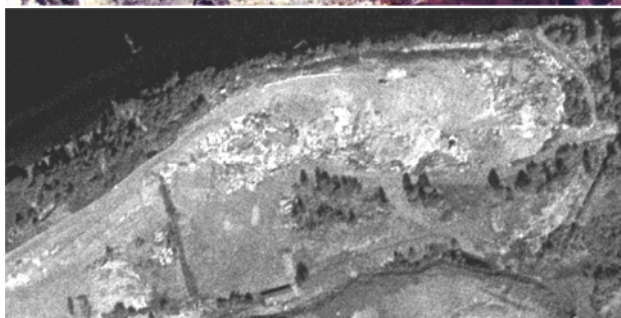
Vid rivningen av fabriken år 1980 lades betong, tegel, järnskrot och övrigt rivningsmaterial in i denna deponi. Vid jämförelse mellan flygbilderna från år 1979 och år 1995 noteras att ett parti från mitten av deponin och österut av har fyllts ut. Vid provborringar år 2005 i dessa delar av deponin har det påträffats tegel från rivningen. Järnskrot, kablar mm sticker upp genom vegetationen i flera delar av deponin.



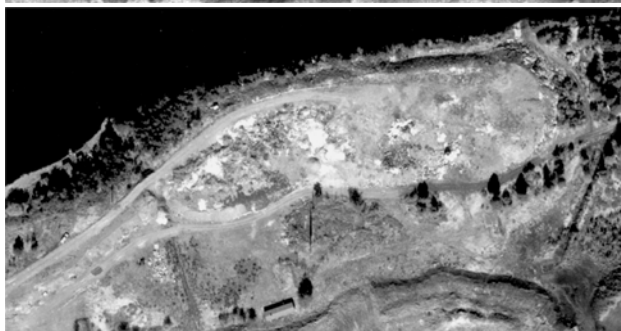
Figur 4 a.
Industrideponin år 1963.



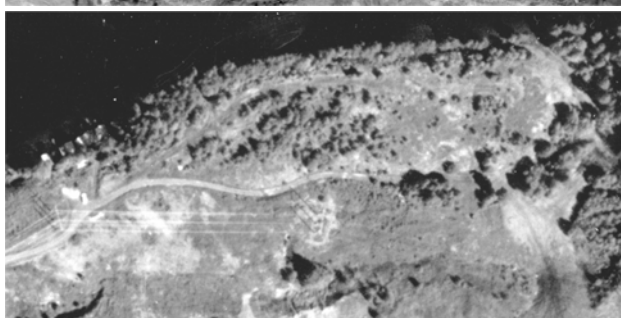
Figur 4 b.
Industrideponin år 1968.



Figur 4 c.
Industrideponin år 1976.



Figur 4 d.
Industrideponin år 1979.



Figur 4 e.
Industrideponin år 1995.

© Lantmäteriverket Gävle 2005.
Medgivande I2005/1246.

ref02s 2000-03-30

Deponin ligger endast några få meter från Indalsälven med risk för erosion i samband med höga flöden (**Figur 5**). Provboringar längs stranden har påvisat relativt täta jordarter (skiffermorän och siltig morän) i naturlig mark mellan älven och industrideponin.

I östra delen av deponin ligger avfallet under grundvattenytan, medan avfallet i den västra delen ligger på naturlig morän över grundvattenytan. Ingen större förändring av industrideponins yta noteras efter år 1995, förutom att vegetationen har tätat med stort inslag av sly.



Figur 5. Industrideponins kant mot Indalsälven vid grundvattenrör GV 9.
Foto: Karin Olsson, länsstyrelsen Z-län.

5.2 Kisaskadeponin

Kisaskadeponin är belägen mitt i deponiområdet ca 150 meter från Indalsälven. Synlig släntlängd med kisaska uppgår till ca 170 meter med en släntbredd av ca 70 meter (se **Figur 3**). Deponin tillkom under sulfittmassafabrikens drifttid genom att kisaska fraktats i järnvägsvagnar från rostningsugnarna vid kishuset ut på deponiområdet, där askan tippades ner över slänten mot norr. Av flygbilder framgår att aska deponerats utmed en lång sektion av slänten, mellan nuvarande sågområdet med virkesmagasin och torkhus ned till en gammal skjutbana under högspänningsledningen (se flygbilder nedan från år 1963 till år 1976).

Av flygbilden från år 1963 framgår att äldre utfyllnader har förekommit närmare västra industriområdet (hyvleriet). I undersökningarna från år 2005 visade sig detta vara utfyllnad med kisaska, bark och spån.

I mittpartiet av kisaskedeponin har man vid provborrningar funnit en mäktighet av ca 6-8 m blandad kisaska. Fyllningen består i övrigt av skikt med bark, trä, sten, grus mm ovanpå ursprungliga skiffermoränen. Enligt uppgift från kommunen har det tidigare funnits en grustäkt i denna del. Större delen av slänten är numera täckt med jord, men det finns små partier där kisaskan ligger oskyddad.

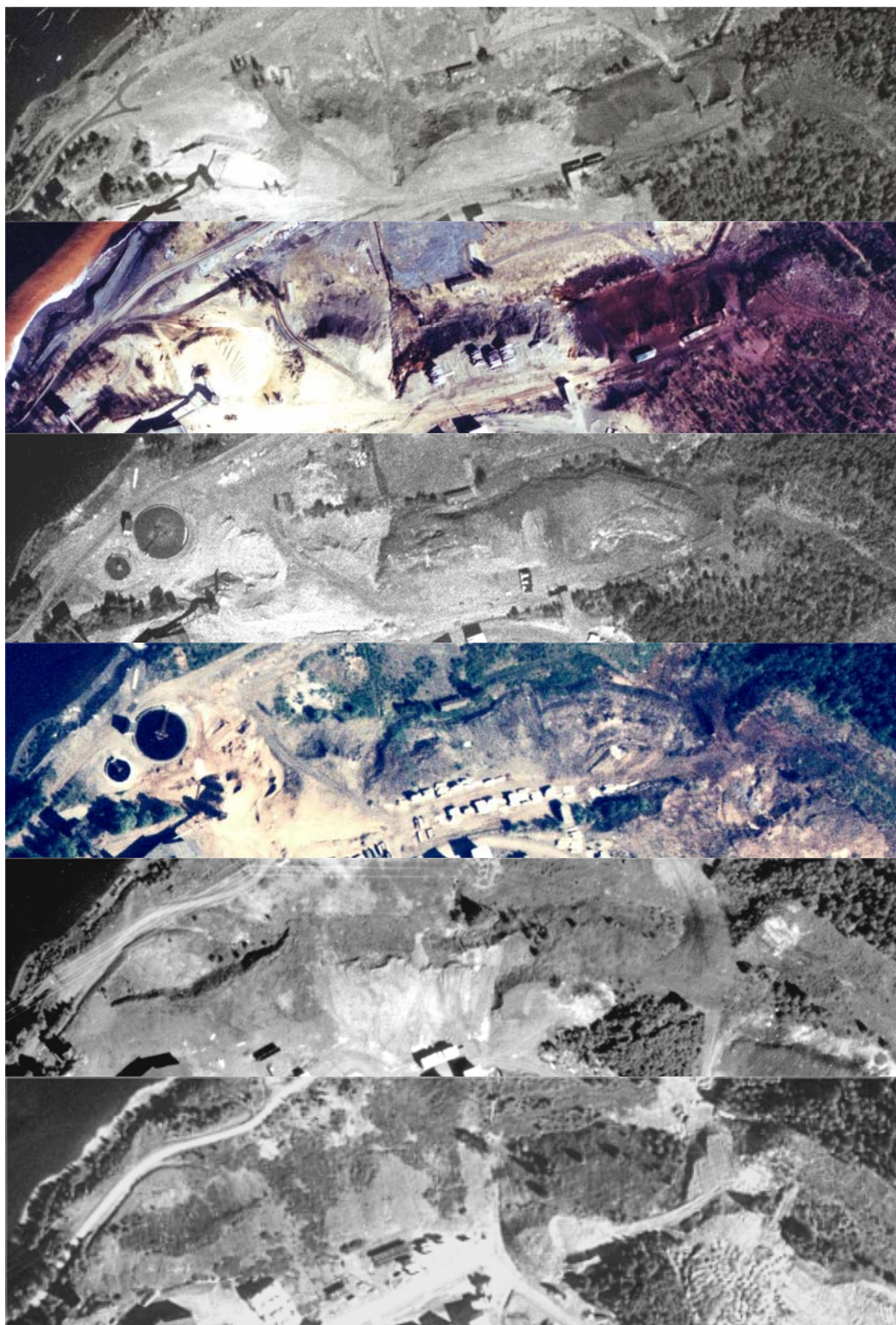
På flygbilderna från år 1963 och år 1968 i högra delen av **Figur 7 a och b** syns att en uttagsficka har skapats i slänten mitt på kisaskadeponin. Det finns uppgifter om att kisaska under en längre tid använts som "ogräsmedel" på grusgångar ute i närbelägen bebyggelse. Kisaska har också påträffats i dikesskärningar i samhället och på industriområdet i övrigt. Spridningen av kisaska bedöms därför vara frekvent i närområdet.

En tidigare utredning anger att vindburen transport av kisaska förekommit, som därmed givit upphov till yttlig förekomst av kisaska söder om kisaskadeponin. I flygbilderna i **Figur 7 b och d** antyds denna vindtransport som färgstick i östra delen av deponiområdet och i terrängen mot barkdeponin samt söderut under kraftledningen (**Figur 6**). I detta område har kisaska blåst in från kisaskadeponin och ligger numera i knappt centimetertjocka skikt. I vissa delar av området under kraftledningen syns bara en missfärgning av mossan. Som tidigare beskrivits har sticksonderingar med geokäpp verifierat att vindspridningen skett inom ett stort område (se vidare **Kapitel 6.9**).



Figur 6. Detalj av kisaskaslänten år 1968 med vindinducerad spridning söderut in på kraftledningsgatan i sydost och skogen söderut mot barkdeponin.

© Lantmäteriverket Gävle 2005. Medgivande I2005/1246.



Figur 7. Kisaskadeponin med västra slätten a) 1963, b) 1968, c) 1976, d) 1979, e) 1995, f) 1999. © Lantmäteriverket Gävle 2005. Medgivande I2005/1246.

re02s 2000-03-30

5.3 Barkdeponin

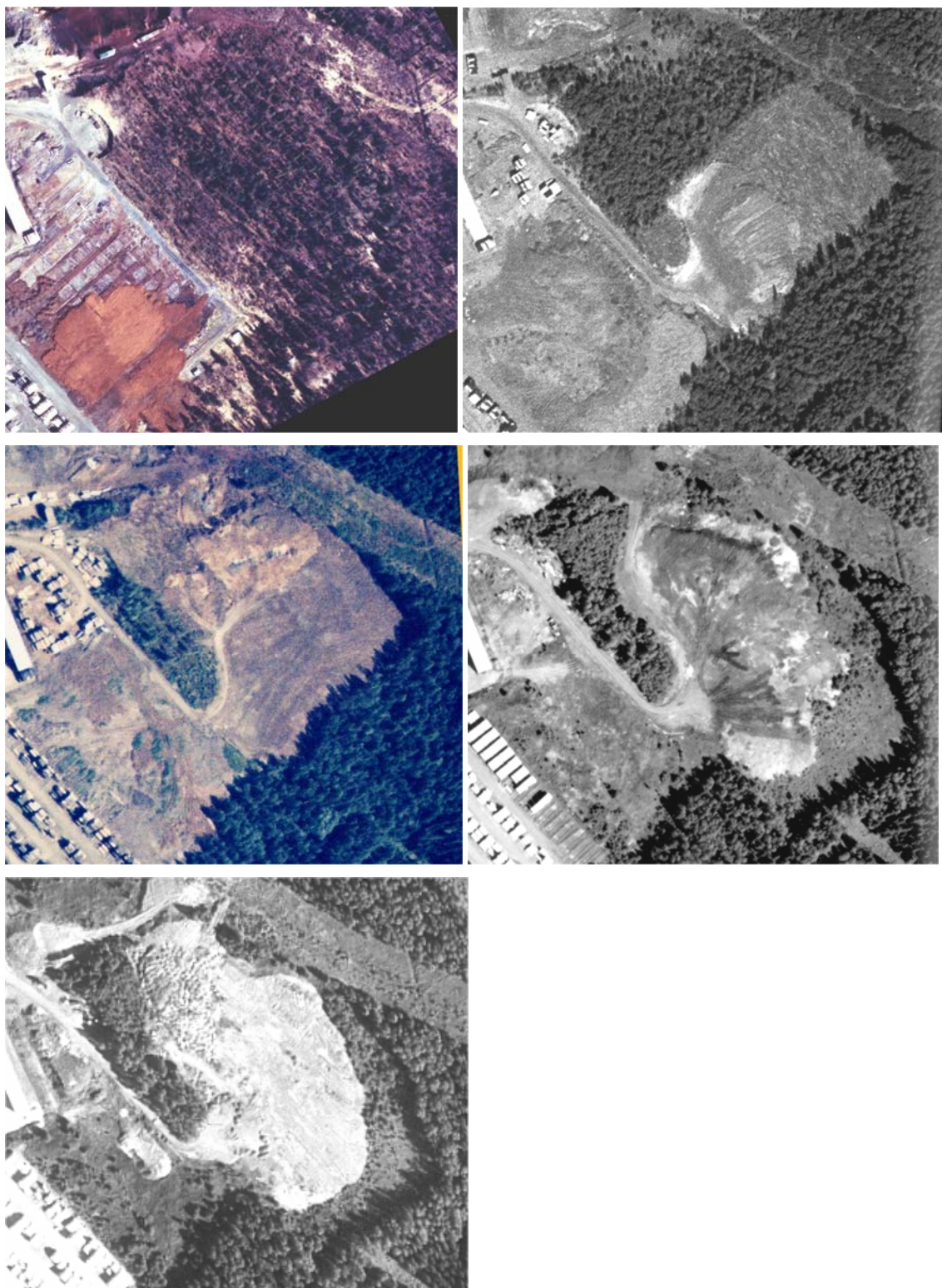
Barkdeponin är den av deponierna som är belägen längst söderut, i direkt anslutning till och delvis överlappad av kisaskadeponin (se **Figur 3**). En grusväg leder upp till barkdeponin från sågverkets virkesplan. Undersökningar har visat att deponin till största delen består av bark, men även annat avfall förekommer, såsom plast, plåtbitar, skrot, stolpar, bilvrak och virkesrester. Barkdeponin anlades 1976 och har nyttjats fram till mitten av 1990-talet. Under år 1996 påbörjades en återställning av barkdeponin. Detta skedde dock utan godkännande från tillsynsmyndigheten. Avfallsmassor som befann sig mellan barkdeponin och kisaskadeponin försköts över varandra och massor tillfördes för att täcka över kisaskan och för att erhålla en lämplig släntlutning. Arbetet stoppades efter en tid.

På senare år har möjligheterna att flytta städbark från en snötipp till den befintliga barkdeponin diskuterats. Modellering och stabilitetsberäkning av åtgärder på barkdeponin för att rymma dessa massor ingår i denna huvudstudie.

Väster om vägen upp till barkdeponin, intill nuvarande virkesmagasin, har mellan år 1995 och år 1999 en större mängd bark lagts upp (ca 5.000 m³, se **Figur 8 e**). I denna huvudstudie har förutsättningarna studerats för att flytta även dessa massor in på barkdeponin vid genomförande av efterbehandlingsåtgärd.

På intilliggande ytor sydväst om barkdeponin framgår av flygbilderna att utfyllnader skett under ett antal år. I kompletteringsundersökningar år 2005 har dessa massor visats innehålla rivningsmaterial som även är förorenade med metaller. Ytan ligger dock utanför huvudstudiens utredningsområde.

Av flygbilden från år 1968, i övre vänstra delen av **Figur 8 a**, syns återigen hur kisaska slänttippas från järnvägsvagnar norr om barkdeponin och att marken från tippslänten och söder ut mot barkdeponin samt sydväst ut mot kraftledningsgatan är missfärgad.

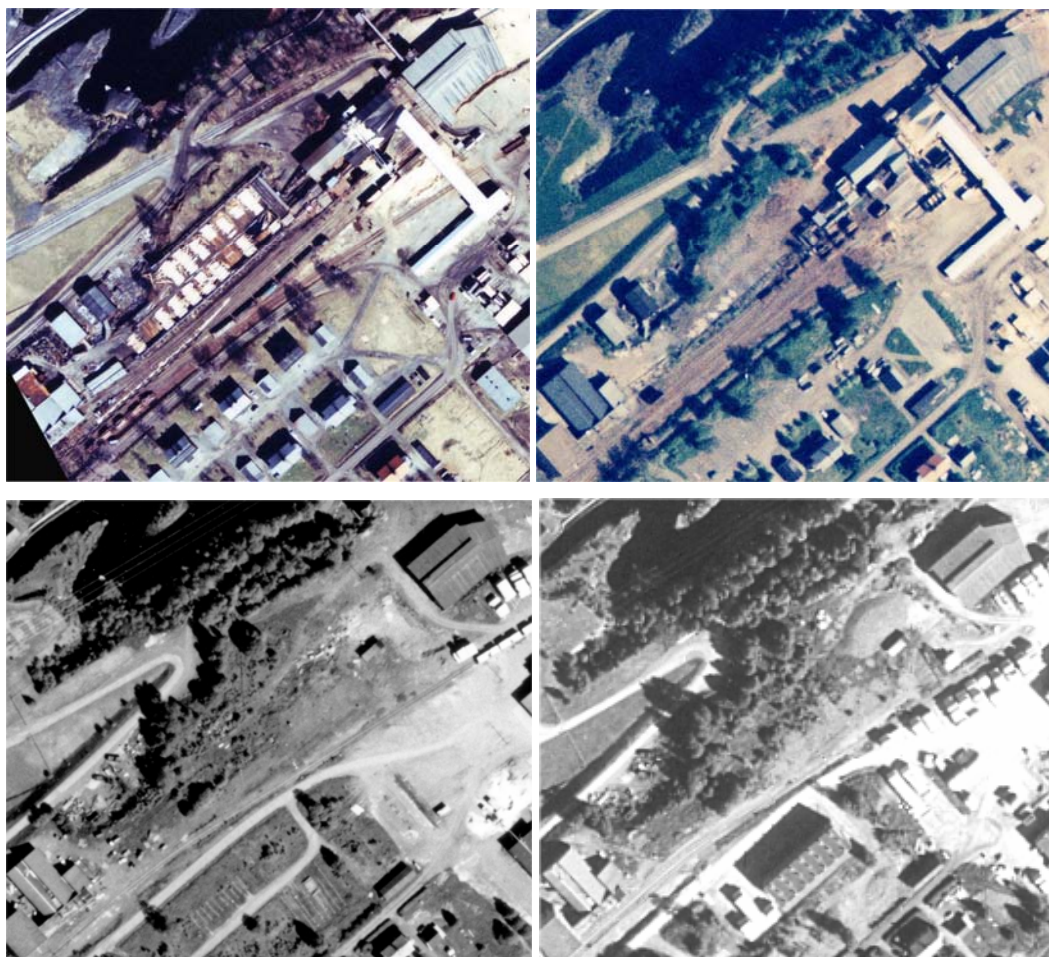


Figur 8. Barkdeponin med angränsande yta mot virkesmagasinen,
 a) 1968, b) 1976, c) 1979, d) 1995, e) 1999. © Lantmäteriverket Gävle 2005. Medgivande I2005/1246.

re02s 2000-03-30

5.4 Kisaskaytan intill industriområdet

I västra delen av deponiområdet finns idag den gamla hyvleri-byggnaden kvar där industriområdet tidigare började (se **Figur 3**). I förlängningen mot väster (bortom hyvleriet) låg tidigare det gamla såghuset. Den rektangulära yta som syns till vänster i mitten av **Figur 9 a** användes som timmerficka framför intaget till gamla såghuset. Av flygbilden från år 1979 (**Figur 9 b**) framgår att timmerfickan och sågintaget var borttaget då sulfittmassafabriken lades ned. Därefter revs såghuset medan hyvleriet blev kvar. Efter rivningen kvarligger numera ytlig kisaska på området som motsvarar timmerfickan och delar av såghusytan. I flygbilderna från år 1968 och år 1979 (**Figur 9 a och b**) syns tydliga färgstick som antyder kisaskaförekomst inom denna yta och ut på vägen och spårområdet söder därom.



Figur 9. Området med kvarvarande kisaska vid läget för timmerintaget för gamla såghuset, a) 1968, b) 1979, c) 1995, d) 1999. Gamla hyvleriet i övre högra hörnet.

© Lantmäteriverket Gävle 2005. Medgivande I2005/1246.

Det har vid schaktarbeten under senare år konstaterats att kisaska finns i spårbäddar och i marken vid den väg som nyttjas för transport av sågat virke till torkarna och virkesmagasinen. Kisaskan ligger någon till några decimeter ned under mark och förekommer i decimetertjocka skikt (**Figur 10**).



Figur 10. Kisaskaskikt i vägen och spårbädden intill kisaskaytan på området för gamla timmerfickan och gamla såghuset. Foto: Karin Olsson, länsstyrelsen Z-län.

I flygbilden från år 1999 (**Figur 9 d**) syns ett påbörjat mindre upplag norr om en mindre byggnad (ställverket) vid läget för gamla såghuset. Innehållet i detta upplag är okänt men kan enligt uppgift från sågverket bestå av rivningsmassor. Upplaget noteras idag som en avgränsad cirkulär kulle på inmätt karta.

6 Kompletterande undersökningar 2005

De kompletterande undersökningarna under år 2005 har utförts för att verifiera tidigare noterade förhållanden men också för att avgränsa föroreningarnas förekomst i området. Undersökningarna har planerats från tidigare kända eller misstänkta föroreningsförekomster inom deponiområdet samt utifrån information från länsstyrelsens provtagningar under hösten 2004. Utöver detta har flygbilder granskats för att avgöra var i området kring deponierna som det är sannolikt att kisaska eller andra föroreningar kan förekomma.

Undersökningarna har även omfattat en mindre yta invid industriområdet där kisaska okulärt detekterats väster om gamla hyvleriet (se **Figur 3**). I detta område har även andra ämnen än metaller analyserats (PAH och olja) beroende på ospecifik hantering av petroleumprodukter vid ett lokstall strax väster om denna yta.

För att kontrollera om diffus spridning har skett från de ursprungliga förorenade områdena, har även sticksondering med geokäpp utförts vid kraftledningsgatan öster om deponiområdet och runt undersökningsområdet väster om gamla hyvleriet.

6.1 Undersökningsmetodik

Inför genomförandet av de kompletterande miljötekniska markundersökningarna vid Hissmofors deponiområde upprättades en provtagningsplan med beskrivning, riktlinjer och arbetsmiljöanvisningar för arbetet.

Generellt för de miljötekniska markundersökningarna gäller kvalitetsklass B enligt SGFs rapport 2004:1, dokumentation har skett enligt kvalitetsklass A. Provtagningsmetodik, provhantering och analyser beskrivs nedan.

Vid planering av fältarbetet har använts naturvårdsverkets rapport 4918 "Metodik för inventering av förorenade områden", naturvårdsverkets Rapport 4310 "Vägledning för miljötekniska markundersökningar. Del 1 Strategi" samt naturvårdsverkets Rapport 4311 "Vägledning för miljötekniska markundersökningar. Del 2: Fältarbete". Vägledande för arbetet är också naturvårdsverkets rapport 4667 "Rätt datakvalitet".

6.2 Provpunkternas placering och märkning

Preliminär provtagningsplan för en första etapp upprättades 2005-08-18 och reviderades efter möte med beställaren 2005-08-19.

Provpunkterna placerades i syfte att erhålla avgränsningar och verifiering av tidigare identifierade påverkansområden. Även uppgifter som framtagits av länsstyrelsen under år 2004 har beaktats vid utformningen av provtagningsplanen.

Efter genomförande av en första undersökningsetapp i månadsskiftet augusti/september 2005, kompletterades provtagningarna i områden som inte uppvisade klarlagd avgränsning i etapp 2 under oktober 2005. Samtliga provpunkter sattes ut av SWECO VIAK med märkta stakkäppar. Vissa avvikelser gällande provpunkternas placering uppstod i samband med utförandet av undersökningarna beroende på tillgänglighet. Punkterna har efter inmätning plottats ut på ritningsunderlag erhållet via beställaren (se **Ritning P0501**).

Provpunkterna märktes med serieföljd enligt nedan:

- A0501-A0508 för barkdeponin
- B0501- B0507 för kisaskadeponin
- C0501-C0509 för släntpartier väster om kisaskadeponin
- D0501-D0502 för området vid dammarna nordost om kisaskadeponin
- E0501-E0511 för området kring och på industriavfallsdeponin
- F0501-F0505 för området väster om gamla hyvleriet
- PG0501-PG0503 för provgropar vid misstänkta kulverterade diken och ytor i området mellan kisaskaslätten och industriavfallsdeponin
- Y0501-Y0505 för vattenprover från diken och dammar.
- S0501-S0505 för sedimentprover från östra diket i 2 punkter, dammarna samt diket väster om industritippen ner mot älven.

Uttagna prover märktes med delområde, löpnummer och djup i meter från markytan.

6.3 Borr- och provtagningsmetoder

Provtagning av jord har skett genom provgropsgrävning och genom provtagning med borrhandsvagn. Prover har tagits ut i 0,5-1 meters skikt eller utifrån naturliga skiktningar i jordlagren. Sedimentprover har uttagits med kolvprovtagare av typ Eijkelkamp till som mest 0,5 meters sedimentdjup. Lämpliga provtagningsnivåer har bestämts i fält av ansvarig fältingenjör.

Ansvarig fältingenjör har noterat jordlagerföljder, vatteninträngning och övriga iakttagelser såsom lukt och färg i samtliga provpunkter och provgropar. Fältanteckningarna har överförts till borrhprofiler och sammanställningar som redovisas i **Bilaga 1** och **Ritning G0501 - G0509**.

Samtliga jord- och sedimentprover har överförts till tätslutande glasburkar med teflonlock eller tätslutande rilsanpåsar beroende på avsedd analysmetod. Proverna har därefter förvarats och transporterats i kyla.

6.3.1 Provtagning med borrhbandvagn

Inom Hissmofors deponiområde har 37 punkter provtagits genom skruvborring med geoteknisk borrhbandvagn av typen Geotech 605 DD eller motsvarande (**Figur 11**). Undersökningarna genomfördes under etapperna 2005-08-25--09-03 och 2005-10-21--10-26. I 9 stycken av de skruvborrade punkterna har grundvattenrör installerats.

Skruvborring motsvarar kvalitetsklass B enligt SGFs rapport 2004:1. Vid provtagning har det yttersta jordmaterialet skrapats bort från skruvborren innan provuttag för att undvika korskontamination mellan olika provtagningsnivåer. Av samma anledning har prov inte tagits ut från materialet närmast borren. Mellan provtagningsnivåer och provpunkter har borren rengjorts mekaniskt.



Figur 11. Borrhbandvagn och Anders Höglin i action vid punkt C0502 i västra slänten. Gamla hyvleriet syns i bakgrunden.

6.3.2 Provtagning genom provgropsgrävning

Provgropsgrävning med traktorgrävare har skett i 3 punkter nedanför kisaskadeponin (se **Figur 12**) samt i 1 punkt (A0508) på sydvästra sidan av barkdeponin. Undersökningarna genomfördes under perioden 2005-10-21--26. Prover har tagits ut med spade från renskrapade schaktväggar. Förutom fältanteckningar har samtliga provgropar fotodokumenterats. Provgroparna har återfyllts med befintliga massor.



Figur 12. Provgropsgrävning vid punkt PG0501 i slänten av kisaskadeponin/västra slänten. Här söktes förgäves efter kulvert i marken. Grävningen avbröts på grund av mycket omfattande förekomst av betongrester.

6.3.3 Provtagning av sediment

Sedimentproppar uttogs i fem provpunkter inom deponiområdet. På västra sidan av industrieponin i västra diket (S0501), två punkter i de båda dammarna nedanför kisaskadeponin (S0502, S0503), en punkt i östra diket ovanför barkdeponin (S0504) och en punkt i östra diket strax innan utloppet i Indalsälven (S0505), se **Ritning P0501**. Provtagningen genomfördes 2005-10-20 och proppar mellan 0,3 – 0,7 meters sedimentdjup uttogs med kolvprovtagare av typ Eijkelkamp. Propparnas jordart beskrevs i fält och provskikt uttogs från 0-2 cm, 2-10 cm och därunder från varje decimeter.

6.4 Provtagning av grundvatten

Totalt har 10 stycken grundvattenrör av plast (9 st HDPE, Ø 63 mm och 1 st HDPE, Ø 38 mm) installerats i samband med skruvborring eller sondslagning. Filtren, dvs vattenintaget, har placerats så att grundvattenytan omfattas. I några av punkterna var det dock svårt att erhålla grundvatten utan att behöva gå ned i skiffern i området.

Samtliga grundvattenrör har avvägts av underkonsult (markyta och röröverkant) med GPS-utrustning med en noggrannhet av $\pm 0,05$ m i höjd. Grundvattennivån i rören har lästs av med klucklod och räknats om till plushöjder i höjdsystemet RH00. Uppgifterna ligger till grund för bedömning av grundvattnets strömningsriktning.

Vattnet i grundvattenrören omsattes med minst tre rörvolymmer innan provtagning, om vattentillgången inte var begränsad. Grundvattenprover ut med bailerrör av engångstyp och överfördes till flaskor anpassade för aktuell analys levererade från anlitat laboratorium.

Grundvattenprover uttogs vid tre tillfällen, en första omgång 2005-09-07, en andra omgång 2005-10-17 och en tredje omgång 2005-12-13. Vid första omgången uttogs dubbelprover, varav en serie filtrerades med 0,47 μm milliporefilter i fält för att därefter skickas till direkt analys. Till den andra serien tillsattes argongas i flaskorna som skydd mot oxidering under transport till laboratoriet, där filtrering skedde före analys. Vid utvärderingen av provserierna visade det sig att argongasen inte skyddade tillräckligt mot oxidering och utfällning i provet. Under de två återstående provtagningsomgångarna filtrerades därför grundvattenproverna i fält och analyserades direkt på laboratoriet. Proverna har förvarats och transporterats till analyslaboratoriet i kyla.

6.5 Provtagning av ytvatten

Ytvatten uttogs vid två tillfällen, 2005-09-07/08 och 2005-10-17/26, i fem punkter i området, en i västra diket (Y0501), två i dammarna (Y0502, Y0503) och två i östra diket (Y0504, Y0505). Proverna filtrerades i fält med 0,47 μm milliporefilter för att därefter skickas kyllda till laboratorium för analys.

6.6 Analys- och testmetoder

Inom deponiområdet har prover uttagits för analys av både jord, sediment, yt- och grundvatten. Proverna skickades till ackrediterat

laboratorium för analys av misstänkta föroreningar. Samtliga analyser utfördes av Analytica AB i Luleå och Stockholm (metaller, laktest av metaller) samt hos den till Analytica AB ackrediterade underkonsulten Ecochem AS i Prag Tjeckien (screening, dioxiner, fenoler som fenolindex, alifater, PAH, PCB7, PAH, olja som oljeindex).

Analysmetoderna har valts utifrån att detektionsgränsen ligger lägre än MKM enligt gällande bedömningsgrunder i naturvårdsverkets rapport 4918 och generella riktvärden i naturvårdsverkets rapport 4638. En sammanställning över analyspaket inklusive detektionsgränser återfinns i **Bilaga 2**.

För några enstaka provpunkter kring kisaskaytan väster om gamla hyvleriet på sågområdet och i industriavfallsdeponin har analys utförts av PCB, dioxiner och PAH eftersom hantering av oljor och förbränning av hushållsavfall misstänks ha skett där. Från kisaska-deponin uttogs prover i punkterna B 0501 (nivå 1,5-3,0 m) och B 0503 (nivå 3-4 m). Från industrideponin uttogs prover i punkterna E 0503 (nivå 0-5 m) och E 0504 (nivå 0-4,5 m). Dessa 4 prover lakades genom ett s.k. två-stegs skaktest (SS-EN 12457-2).

Analysomfattningen för prover på jord, sediment, yt- och grundvatten framgår enligt nedan.

Jord

- Alifater, aromater
- PAH:er (16 stycken polycykliska aromatiska kolväten)
- PCB (7 stycken kongener)
- Metaller (18 stycken)
- Dioxiner
- Fenolindex
- Screening (alifater, PAH, BTEX, MTBE, PCB, klorfenoler, klorerade pesticider, mm)
- Lakteter (metaller) (SS-EN 12457-2)

Sediment

- Metaller (18 stycken)

Yt- och grundvatten

- Oljeindex
- Metaller (18 stycken)
- Fenolindex
- Screening (alifater, PAH, BTEX, MTBE, PCB, klorfenoler, klorerade pesticider, mm)
- Temperatur, konduktivitet, pH

6.7 Inmätningar

Inmätning av punkter där prov har tagits genom skruvborring och av stakkäppar som anger platser där provgropar har grävts, har gjorts av underkonsult (Arne Eriksson Mätteknik) med GPS-utrustning med en mätnoggrannhet av $\pm 0,05$ m i höjd och $\pm 0,05$ m i plan. Data har presenterats i koordinatsystemet RT 90 2.5 gon W och höjdsystemet RH 00.

6.8 Analysresultat

Analysresultaten har sammanställts i tabeller tillsammans med i förekommande fall relevanta riktvärden och bedömningsgrunder. Sammanställningarna återfinns i **Bilaga 3:1-3:5**. För de parametrar som analyserats endast i ett fåtal punkter, kommenteras resultaten direkt i text nedan. Fullständiga analysrapporter från laboratoriet återfinns i **Bilaga 4**. De ämnen som har särskilt stor betydelse för riskerna inom området beskrivs mer ingående i **Kapitel 10**, Riskbedömning.

6.8.1 Grundvattennivåer

Vid undersökningarna år 2005 uppmättes grundvattennivåer i samtliga tillgängliga grundvattentrör inom området. Det innebär att grundvattennivåer även har mätts i grundvattentrör satta år 1997. Nivåerna var relativt låga under hösten, flera grundvattentrör var torra (se nedanstående **Tabell 1**). Utvärderingen av områdets hydrogeologi framgår närmare av **Kapitel 7** nedan.

Tabell 1. Avläsning av grundvattennivåer (RH00).

Rör	Markyta (m)	Röröverkant (m)	Grundvattennivå (m)		
			2005-09-07	2005-10-17	2005-12-13
A0506	+287,39	+288,16	+285,72	+285,97	+285,53
C0504	+280,75	+281,88	-	+276,77	+276,67
B0502	+290,98	+292,06	+286,97	-	+282,22
D0501	+277,59	+278,80	+277,18	+277,14	+277,11
D0502	+277,13	+278,68	+276,62	+276,67	+276,59
E0504	+280,82	+282,37	+275,52	+275,52	+275,43
E0505	+281,74	+282,49	-	+275,53	-
E0507	+278,27	+279,04	+276,41	+276,43	+276,30
F0505	+292,31	+293,31	-	-	+288,61
REF 05	+296,01	+297,53	+289,41	+290,24	+290,20
GV1	+280,41	+281,21	+275,55	+275,58	+275,56
GV2	+281,94	+282,89	+275,94	+275,94	+275,92
GV3	+278,95	+279,95	-	-	-
GV5	+294,49	+295,99	-	-	-
GV6	+289,04	+289,64	+287,30	+287,31	+287,27
GV8	+276,53	+276,83	+275,93	+275,95	+275,93
GV9	+276,62	+277,85	-	+273,95	+273,95
GV10	+276,07	+276,67	-	-	-

6.9 Beskrivning av föroreningsförekomst

I denna del beskrivs kort de olika delområdenas karaktär och påvisad föroreningsförekomst. I de flesta fall hänvisas till tabeller i **Bilaga 3:1-3:5**, där en sammanställning av analysresultaten återfinns tillsammans med jämförelse med tillgängliga generella riktvärden eller bedömningsvärden. Analysresultaten gällande metaller i jord framgår även av **Tabell 2** nedan.

Vid jämförelse av analysresultat för grundvatten används bedömningsgrunder för påverkan av punktkälla i naturvårdverkets rapport 4918 bilaga 5, tabell 6. För ytvatten används bedömningsgrunder för påverkan av punktkälla och bedömning av tillstånd enligt naturvårdverkets rapport 4918 bilaga 4, tabell 4 samt bilaga 5, tabell 10. För bedömning av sedimentprover används bedömningsgrunder för påverkan av punktkälla bilaga 5, tabell 15 och 16. För jord används generella riktvärden för förorenad mark enligt naturvårdsverkets rapport 4638.

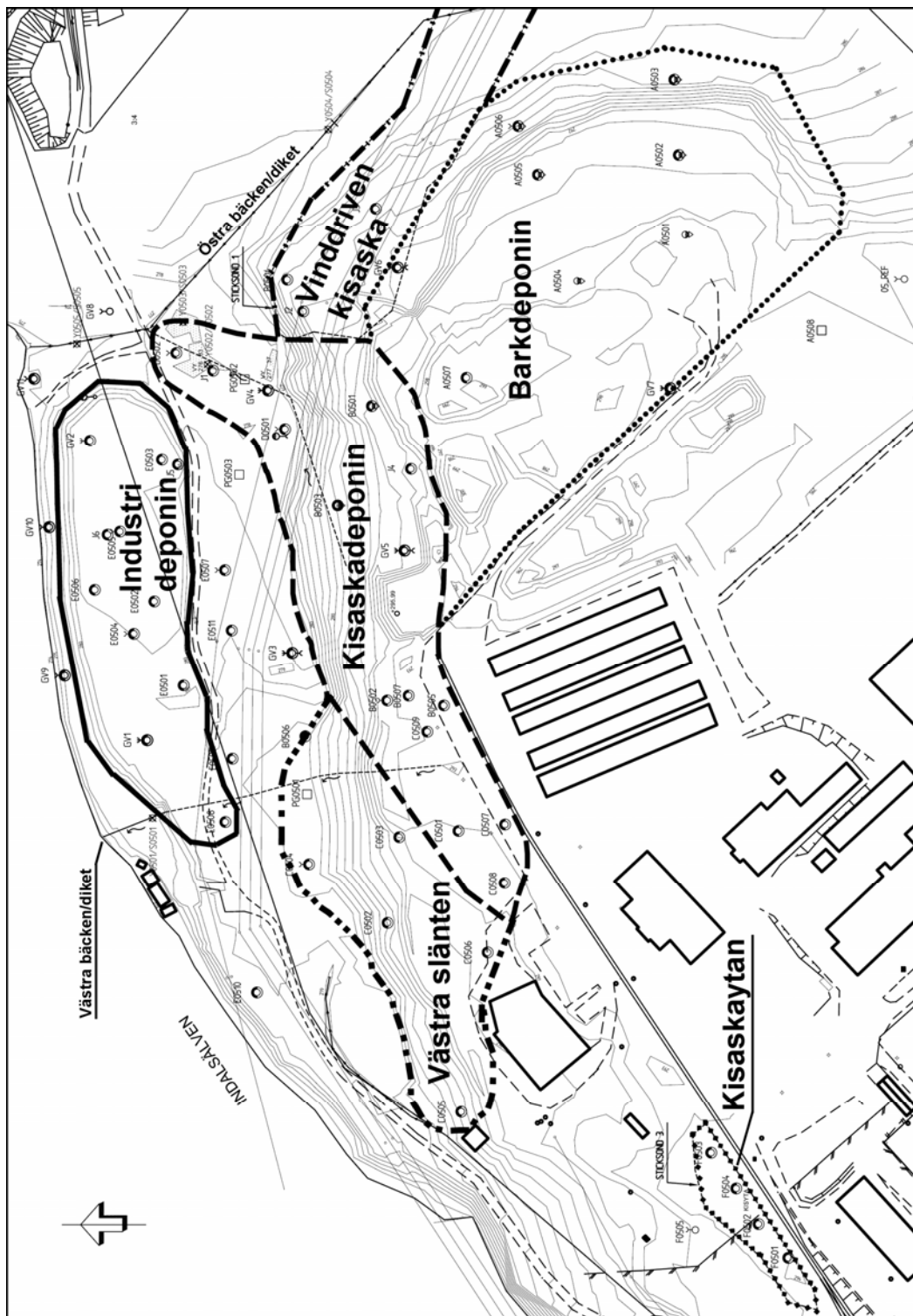
I rapport 4638 används begreppen riktvärde för mindre känslig markanvändning (MKM) och känslig markanvändning (KM). Mindre känslig markanvändning (MKM) anger att markkvaliteten i området medför en viss begränsning av användningen, tex till kontor, industrimark eller vägar och att barn, äldre eller djur endast tillfälligt kan vistas på området. Odling skall dock kunna ske av prydnadsväxter och ekosystemet i närbeläget vattendrag skall skyddas mot skador. Känslig markanvändning (KM) anger att området ska kunna nyttjas utan begränsad användning, t.ex. till bostäder, daghem, djurhållning, odling samt som parkmark, grönområden, naturmark och skog. Även uttag av grundvatten ska kunna ske. I denna utredning kan dock konstateras att grundvattenuttag inte sker inom området och att det finns kommunalt vatten.

I denna huvudstudie har även framräknas platsspecifika riktvärden (se **Kapitel 10**). Utöver nedanstående generella beskrivning av föroreningsförekomsten i de olika delområdena, har därför punkter med metallhalter överstigande föreslagna platsspecifika riktvärden markerats med röd färg i **Ritning M0501** (0-1 meter) och **Ritning M0502** (1-2 meter).

Provpunkternas läge redovisas i **Ritning P0501**.

Tabell 2. Metaller uppmätta i jord inom Hissmofors deponiområde hösten 2005.

Provpunkt	Skikt djup (m)	TS %	TOC % av TS	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Li	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Sr	V	Zn
				(mg/kg TS)																	
A0502	3,5-4,5	32	34,8	17	78	0,2	1,0	10	8	299	20200	<1	9,4	765	2,7	22	585	120	36	10	516
A0502	4,5-5,4	32	37,5	10	177	0,2	0,8	4	4	83	12900	<1	3,0	653	0,5	8	699	76	59	5	507
A0503	0-0,5	73	4,3	7	43	0,5	<0,1	12	12	29	23600	<1	19,2	1490	0,5	27	503	18	21	14	67
A0505	3,5-4,5	26	46,1	8	172	0,1	0,6	4	4	37	13800	<1	5,8	922	<0,4	12	392	30	78	5	371
A0506	0,5-1,0	80	2,7	9	28	0,7	<0,1	20	17	26	30500	<1	28,2	432	0,9	31	361	22	14	17	127
A0507	3,0-3,5	61	12,9	11	50	0,3	0,7	9	8	106	17500	<1	14,0	544	1,4	24	307	74	176	12	300
A0508	0-1,2	54	9,2	380	761	0,3	29,2	32	9	3380	32600	2,1	10,4	3510	3,0	20	2790	1070	246	11	8270
B0501	1,5-3,0	78	0,3	51	18	0,1	58,3	88	<0,2	22100	71800	1,0	0,4	152	9,3	8	18	1630	5	4	26400
B0501	3,0-4,0	40	24,2	18	242	0,1	19,1	22	1	5820	24700	<1	1,4	548	6,7	5	420	222	67	3	5020
B0502	1,0-2,0	64	12	10	75	0,4	0,9	10	10	135	19100	<1	16,1	641	0,9	23	487	90	36	14	356
B0502	7,0-8,0	67	7,4	909	288	0,4	9,1	19	12	1590	34600	2,0	14,5	713	2,9	23	845	1800	89	14	3350
B0503	2,0-3,0	51	21,6	16	120	0,3	1,4	33	11	239	49000	<1	1,6	1290	3,8	18	670	336	71	18	1180
B0503	3,0-4,0	39	41	20	213	0,1	7,3	8	18	699	21700	<1	4,4	699	2,0	10	943	908	45	10	2550
B0505	0-1,0	86	3,2	27	43	0,6	2,0	28	57	614	73700	1,7	19,3	701	8,6	67	492	172	26	18	758
B0505	1,0-1,4	89	1,6	13	138	0,4	1,3	10	16	185	20400	1,2	19,3	570	4,2	23	424	129	56	18	412
B0506	0-1,0	79	4,7	11	76	0,6	1,0	14	15	128	29500	2,1	20,1	1050	2,0	38	649	81	28	16	431
B0506	1,0-3,0	84	2,5	16	52	0,5	1,7	16	16	198	28100	1,5	18,9	1230	2,6	39	559	178	29	19	686
B0506	3,0-4,0	80	2,7	22	65	0,6	2,7	14	22	194	41000	3,4	20,9	884	3,1	37	509	208	30	22	660
B0507	0-1,0	87	1,7	14	37	0,7	2,4	17	17	344	30200	<1	21,1	807	1,4	36	616	95	12	18	1010
B0507	1,0-2,0	79	5	51	49	0,6	10,1	25	16	1140	40500	2,2	18,8	692	3,5	31	545	1380	20	19	4110
B0507	2,0-3,0	87	2,1	112	158	0,5	5,5	15	14	743	27100	<1	18,9	809	2,2	31	787	455	72	15	1770
B0507	3,0-4,0	82	3	783	411	0,4	19,9	28	12	3780	75500	<1	12,5	2590	5,0	24	1930	2620	163	13	6940
C0501	0-3,0	71	4,3	10	28	0,4	3,4	11	13	418	18400	<1	12,5	409	1,4	21	426	100	12	12	974
C0501	3,0-3,5	68	6,4	126	39	0,2	50,9	50	161	12600	52700	<1	6,2	275	4,2	15	112	2850	8	7	27000
C0502	0-1,0	81	3,1	51	29	0,6	10,1	26	14	803	43500	<1	22,4	851	2,2	45	270	1430	25	17	4230
C0502	2,0-3,0	66	6,5	26	52	0,6	3,2	18	16	463	34900	<1	22,1	628	4,1	41	413	205	47	14	879
C0502	5,0-5,8	38	35,7	15	97	0,2	1,3	7	8	146	15800	<1	11,2	603	0,9	18	399	196	34	9	506
C0503	1,5-4,0	80	4,7	8	65	0,3	0,4	7	14	42	13400	<1	9,8	590	4,3	17	346	30	24	7	177
C0503	5,0-6,0	32	49,3	4	114	0,2	0,8	4	8	87	8140	1,5	4,5	658	3,9	10	375	48	40	4	303
C0504	0-1,0	58	15,5	23	130	0,5	1,6	13	13	215	26200	<1	16,1	1170	3,9	28	699	138	56	12	513
C0504	1,0-2,0	38	27,1	19	88	0,4	0,7	9	11	100	19100	<1	15,0	757	2,7	26	532	98	60	11	272
C0505	0-2,6	44	18	32	116	0,6	5,5	18	16	870	34000	1,1	21,8	879	2,8	36	619	559	44	15	2350
C0506	0-1,0	85	2,6	326	44	0,4	25,8	55	10	3110	41300	2,7	11,0	2720	4,7	20	367	3490	32	11	10800
C0507	0-1,0	94	2,2	23	27	0,8	0,1	21	20	80	46500	1,4	26,3	514	2,7	53	375	35	88	21	113
C0507	1,1-2,0	89	1,6	318	27	0,8	1,5	26	13	1140	50100	1,8	17,8	473	4,2	41	264	2180	85	15	1320
C0508	0-1,0	92	1,8	249	504	0,6	4,3	25	20	930	41800	2,2	26,2	2020	3,4	33	1560	926	172	22	2030
C0508	1,0-1,5	77	1,1	413	43	0,1	74,7	44	4	11500	59800	4,5	2,2	243	6,0	6	215	6920	12	6	30600
C0508	1,5-2,4	45	22,9	36	106	0,2	33,6	14	10	12900	21600	<1	10,6	119	2,5	11	496	1430	73	9	14000
C0509	0-2,0	77	5,6	14	54	0,5	2,7	18	15	955	26500	<1	19,6	1140	2,3	33	553	163	22	15	1050
C0509	2,0-4,0	81	3,4	34	52	0,5	3,6	18	15	838	27600	<1	21,8	838	2,2	34	544	242	30	16	1580
D0501	0-1,0	58	3	695	92	0,0	39,2	64	4	13500	61500	2,7	0,2	49	6,2	6	25	3480	7	2	7550
D0501	1,0-2,0	22	36,2	90	25	0,3	149,0	65	3	4720	26800	1,1	3,9	249	6,0	19	459	139	48	3	13800
D0502	0-0,6	80	2,7	27	42	0,7	2,5	40	16	488	38000	<1	25,9	547	3,7	54	584	169	42	18	3820
D0502	0,6-1,3	35	25	<3	155	0,2	21,9	19	11	7390	25600	<1	10,8	213	2,3	12	406	13	29	8	2380
E0501	0-3,0	71	5,1	17	180		1,4	13	36	210		0,4		9,2		57		370		35	600
E0502	1,0-2,0	59	15,8	21	206	0,5	2,2	13	15	289	21600	1,4	14,4	1150	2,7	30	853	99	60	18	916
E0502	2,0-3,8	82	4,7	64	65		1,4	18	260	1400		0,4		11,0		120		380		68	910
E0503	1,0-1,2	61	2,7	5	40	0,4	1,1	16	14	1130	8810	<1	6,0	367	<0,4	13	248	20	432	5	475
E0503 S	0-5,0	64	7,4	80	170		1,5	26	100	3600		1,0		11,0		82		1900		34	1300
E0504	0-5,0	77	6,3	20	220		1,7	26	290			0,3		2,3		48		320		30	1200
E0505	0-2,0	84	2,5	15	170		0,6	19	19	140		0,2		3,1		44		53		91	290
E0506	1,0-2,0	89	1,1	21	51	0,6	0,3	21	18	88	42200	<1	30,5	633	1,1	62	335	34	123	20	174
E0506	2,0-3,0	92	1,3	19	46	0,6	0,1	14	19	83	45900	<1	31,9	417	1,1	43	354	31	146	20	106
E0507	0-1,0	93	1,3	10	33	0,8	<0,1	17	22	41	36600	<1	33,8	919	1,4	39	386	19	4	17	150
E0507	1,0-2,0	90	1	14	31	0,7	0,4	27	18	69	38200	<1	26,2	2210	2,4	61	497	23	12	18	291
E0508	0-1,0	72	5,4	38	82	0,4	2,6	13	14	531	24500	1,1	14,6	558	3,6	23	406	425	66	22	965
E0508	2,0-4,0	83	3	16	51	0,7	1,0	26	17	208	29600	<1	22,7	1670	3,2	49	452	107	52	20	307
E0509	0-1,0	88	1,4	13	29	0,6	0,8	15	16	103	28400	1,3	20,9	606	1,8	37	562	69	36	18	341
E0509	1,0-3,0	75	3,7	14	64	0,5	0,9	13	24	196	25600	<1	18,3	609	2,7	36	533	98	52	19	490
E0510	0-2,0	91	2,3	17	37	0,7	0,4	28	17	75	41300	<1	28,3	775	2,3	77	534	29	73	17	149
E0511	0-1,8	87	1,9	16	56	0,9	0,3	22	18	71	39200	<1	25,2	3140	1,9	56	583	22	6	17	156
F0501	0-0,7	86	1,4	98	27	0,4	42,9	31	10	2550	47200	3,8	11,9	904	3,1	23	344	5570	11	10	17200
F0502	0-0,4	85	3,9	53	48	0,7	41,4	83	15	8560	43800	2,1	19,3	889	2,7	52	512	1030	14	18	13700
F0503	0-1,0	78	2,6	223	17	0,1	53,2	17	1	4310	74000	6,4	0,8	188	3,1	3	81	10400	4	5	21700
F0503	1,0-1,6	42	45,5	21	62	0,1	50,8	10	7	3220	42500	1,3	1,0	200	1,4	2	188	205	6	2	17800
F0504	0-1,0	77	0,1	224	10	0,1	74,0	14	1	3790	68800	7,9	0,9	239	2,9	3	90	8740	2	5	25200
F0504	1,0-1,9	60		22	120		57,0	29	15	1100		1,2		7,6		27		1100		23	18000
PG0501	0-1,0	82	2,6	22	33	0,6															



Figur 13. Områdesavgränsning utifrån föroreningsförekomst använd vid beskrivning i nedanstående avsnitt.

6.9.1 Barkdeponin

Observationer vid fältprovtagning visar att marken där proverna uttagits till stor del består av trärester såsom bark, sågspån och träflis. Måktigheten på fyllningen varierar i huvudsak mellan 0-4 meter och uppgår i någon punkt till ca 5 meter under befintlig markyta. I vissa provpunkter förekommer även inslag av kisaska och tegel. Barkfyllningen underlagras av silt och morän. (För områdets läge se **Figur 13**).

Jordprover samt yt- och grundvattenproverna från området har analyserats med avseende på metaller och fenoler.

Markstatus

Förekomsten av metallföreningar i jorden visar på halter under MKM i den norra och östra delen av deponin (punkterna A0503, A0505, A0506 och A0507). Enstaka halter av metaller över MKM har dock påvisats i djupare lager inom samma område (A0502, 3,5-4,5 meter). Jordprov uttaget på planen söder om barkdeponin (A0508) visar på höga halter, ibland mycket över MKM, i ytliga jordlager för flera metaller såsom arsenik, kadmium, koppar, bly och zink (0-1,2 meter). I den punkten förekommer även rivningsrester såsom tegel mm. (Se vidare i fältprotokoll **Bilaga 1** samt analysresultat i **Bilaga 3:1-3:2**). Fenolindex visar på låga halter i alla prover.

Tidigare undersökningar (Scandiaconsult, 1997) har påvisat metallhalter i jord över MKM i sydväst och strax intill barkdeponin (punkt GV7, kisaska i ytan invid uppfartsvägen) och norr om slänten för barkdeponin (GV 6, enbart arsenik).

Yt- och grundvattenstatus

Grundvattnet söder och öster om barkdeponin (punkt 05_ref respektive A0506) uppvisar inte på någon påverkan av metaller eller fenoler. Ingen påverkan av metaller har heller påvisats i ytvattnet i punkt Y0504 öster om barkdeponin. (Se **Bilaga 3:3-3:4**).

Sedimentstatus

Föroreningssituationen i närliggande sediment, punkt S0504 (0-0,02 m), visar inte på några förhöjda halter av metaller (se **Bilaga 3:5**).

6.9.2 Kisaskadeponin och västra slänten

Observationer i samband med fältprovtagning visar att marken inom området för kisaskadeponin till stor del består av bark och kisaska, där även inslag av skrot, spån och skiffer förekommer. Mäktigheten på fyllningen varierar och uppgår i flera punkter till ca 4-8 meter under befintlig markyta. Fyllningen underlagras av morän. (För områdets läge se **Figur 13**).



örekomst.

I fält har även kontroll skett av marken under kraftledningen sydost om kisaskadeponin. Muntliga uppgifter anger att vindtransport av kisaska har skett i riktning från östra kisaskadeponin och söderut. Detta verifieras i flygbilder över området. För att försöka kartlägga den ytliga avgränsningen har kartering skett genom sticksondering med geokäpp (se **Figur 14**).

Figur 14. Geokäpp som använts för yttlig avgränsning av kisaskaf

Den ytliga förekomsten av kisaska tycks kunna avgränsas inom ett område som benämns "Sticksond 1" i **Ritning P0501**. Kisaskan förekommer i centimetertjocka lager närmast deponislänten, varefter mäktigheten avklingar till enbart färginslag i mossan söderut i kraftledningsgatan. Området är dock relativt stort (över 300 meter långt och 25-50 meter brett) och påkallar ytterligare undersökningar innan åtgärdsbehovet kan avgöras.

Jordprover samt yt- och grundvattenproverna uttagna inom området för kisaskadeponin har analyserats på metaller, fenoler och olja.

Markstatus

Förekomsten av metallföroreningar i mark i kisaskadeponin visar på halter över MKM för metaller i 11 av 12 analyserade jordprover (B0501-B0503, B0505, B0507, PG 0502, C0501, C0507, C0508, C0509 i deponin samt D0501 och D0502 vid dammarna nedanför östra delen av deponislänten). Halter över MKM har påvisats i både

ytliga lager (0-2 meter) samt i djupare lager (ned till 8 meter). Tidigare utförda undersökningar i samma område (Scandiakonsult, 1997) visade på halter av metaller över MKM i punkterna GV 4 och GV 5. (Se även **Bilaga 3:1-3:2**).

Prover uttagna i området västra slänten, d.v.s. området i förlängningen av kisaskadeponin mot väster och norr om slänten (se **Figur 13**), visar på förhöjda halter av metaller över MKM i punkt C0502 både i ytan och ned till 3 meter. Analyser av prov uttagna i utkanterna av västra slänten i både norr, väster och i söder mot sågverksplanen, C0504 - C0506 samt PG 0501, påvisar metallhalter över riktvärdena för MKM för flera metaller i lager ned till 2,5 meter. I punkt C0503 i en gränsszon mellan kisaskadeponin och västra slänten samt B0506 på norra sidan av västra slänten understiger dock uppmätta metallhalter riktvärdena för MKM.

Grundvattenstatus

Analyser på grundvattnet visar på mycket höga halter av metallföroreningar. Främst arsenik och zink påträffas, men i punkt D0501 nordöst om kisaskadeponin påträffas även aluminium och krom. I denna punkt var pH i vattnet lågt (5,0 – 5,6) vilket tyder på reducerade förhållanden i grundvattnet, något som kan vara orsaken till de höga metallhalterna eftersom flera metaller går i lösning vid lågt pH. Samma förhållande tycks gälla med något förhöjda halter av zink ("trolig påverkan" av punktkälla) men även hög halt av aluminium i grundvattenprov uttaget i punkt D0502 (nordöst om kisaskadeponin) samt i punkt E0507 norr om kisaskadeponin (nära industrideponin och inom området för den numera bortrivna skjutbanan). I punkt E0507 påvisas även noterbara men låga halter av alifater mätt som oljeindex. Uttaget grundvattenprov norr om västra slänten (C0504) visar på låga halter av metaller samt alifater mätt som oljeindex. (Se även **Bilaga 3:3**)

Grundvattnet analyserades med avseende på fenoler (fenolindex) i punkterna D0501, D0502 och C0504. Samtliga uppmätta halter i dessa prover var låga.

Ytvattenstatus

Ytvattenprover uttagna i "dammarna" vid punkterna Y0502 och Y0503 (nordöst om kisaskadeponin) hade vid något tillfälle lågt pH (4,9 respektive 3,4). Som tidigare beskrivits går flera metaller i lösning vid lågt pH. Metallhalterna var över "mycket allvarligt" tillstånd för ytvatten (framförallt kadmium, koppar och zink). Det påvisades även anmärkningsvärda halter av arsenik, kobolt och nickel ("stor" och

"mycket stor" påverkan av punktkälla). I punkt Y0505, nordöst om kisaskadeponin innan östra bäcken når Indalsälven, påvisas halter i ytvattnet över "mycket allvarligt" tillstånd för zink och "mycket stor påverkan av punktkälla" för kobolt. I denna punkt påvisas även höga halter av kadmium och nickel samt koppar ("stor" påverkan av punktkälla samt "måttligt allvarligt" tillstånd). (Se även **Bilaga 3:4**).

Inga av dessa punkter uppvisar någon närvaro av fenoler i ytvattnet vid analys av fenolindex.

Sedimentstatus

Föroreningsituationen i sedimenten i "dammarna" nordost om kisaskadeponin visar på förhöjda halter av metaller i punkt S0502 (0-0,02 meter) och S0503 (0-0,1 meter). Utförda analyser i dessa punkter visar på en "mycket stor påverkan" respektive "påverkan" av punktkälla för framförallt arsenik men även koppar. Halter av metaller i uttaget sedimentprov nordöst om deponiområdet i punkt S0505 (östra bäcken mot utloppet i Indalsälven) visar på en "stor påverkan" av punktkälla för koppar i det översta lagret (0-0,02 meter).

I underliggande lager (0,2-0,3 meter) uppgår halterna till "trolig påverkan" av punktkälla enligt naturvårdsverkets rapport 4918. (Se även **Bilaga 3:5**).

6.9.3 Industrideponin

Inom området för industrideponin har analyser på uttagna jord- samt yt- och grundvattenprover skett med avseende på metaller, dioxiner och fenoler (fenolindex) samt alifater, PAH, pesticider, PCB (screening). För områdets läge, se **Figur 13**.

Val av analyser har skett utifrån tidigare känd historik, med kontroll av flygbilder från år 1963 fram till år 1995, samt observationer i fält. Fältundersökningarna visar att marken inom området för industrideponin till stor del består av bark, trä, kisaska och brännaska samt rivningsavfall (metallskrot, tegel, kablar mm). Den dominerande kisaska- och barkfyllningen underlagras av i huvudsak skiffer och morän. Måktigheten på fyllningen varierar ned till 7 meter under befintlig markyta, men uppgår i flera punkter till ca 4 meter. Provtagning har skett i sex punkter inom den centrala delen av deponin (E0501-E0506), se **Ritning P0501** samt **Bilaga 1**, fältprotokoll.

Markstatus

Halten av metaller i jord (framförallt koppar, bly och zink men även arsenik) i dessa sex punkter överskrider riktvärdet för MKM med

undantag för punkterna E0505 och E0506 (centralt i deponin respektive norr därom). Prover uttagna i punkterna E0501-E0505 analyserades även för alifater och PAH. Uppmätta halter understiger riktvärdena för MKM för samtliga analyserade jordprover av dessa ämnen.

Analysen utförda på jordprover uttagna i södra slänten av industrideponin angränsande mot f.d. skjutbanan under kraftledningen samt västerut i samma stråk (punkterna E0507-E0511), visade på halter av metaller som underskrider riktvärdena för MKM med undantag för punkt E0508. Där uppmättes metallhalter över MKM i de yttligare lagren (0-1 meter). En sammanställning av erhållna analysresultat redovisas i **Bilaga 3:1-3:2**.

Tidigare undersökningar, utförda av Scandiaconsult år 1997, har påvisat metallhalter under MKM i tre punkter inom deponiområdet: (GV1 i väst, GV 9 och GV 10 i norr) samt i två punkter öster om industrideponin (GV11 och GV 8).

Övriga ämnen som analyserades i screeningen på jordprover från punkterna E0501 – E0505 påvisades endast i låga halter. I de flesta fall underskred halterna metodernas detektionsgräns.

Grundvattenstatus

Utförda grundvattenanalyser inom området visar på zinkhalter motsvarande "trolig påverkan" av punktkälla i punkt E0504. Grundvattenprov från samma punkt har även analyserats med avseende på fenoler, olja samt screeninganalys. Samtliga analyserade ämnen från screening och fenoler visade på låga halter av analyserade ämnen i uttaget grundvattenprov. Analys av alifater visade på låga halter (strax över detektionsgränsen). Grundvattenprov uttaget söder om industrideponin (E0507) visar på en närvaro av metaller, framförallt zink men även aluminium (trolig påverkan av punktkälla) samt alifater. (Se även **Bilaga 3:3**).

Ytvattenstatus

Ytvattenprov uttagna i punkt Y0501 i "västra diket", väster om industrideponin, visar på halter över "mycket allvarligt" tillstånd för zink. I analyserat prov har även arsenik, kadmium och kobolt påvisats ("trolig/stor påverkan" av punktkälla) samt fenoler vid analys av fenolindex. Det senare indikerar ett visst läckage av fenoler från bark eller spån i området. I punkt Y0505 öster om industrideponin i östra bäcken påvisas halter över "mycket allvarligt" tillstånd för ytvatten gällande framförallt zink. I ytvattnet i denna punkt påvisas även

överhalter av koppar och kobolt, dock ingen närvaro av fenoler vid analys av fenolindex. (Se även **Bilaga 3:4**).

Sedimentstatus

Sedimentprover uttagna i västra bäcken i anslutning till industrideponin (punkt S0501) visar på låga metallhalter i ytskiktet (0-0,02 m). Metallhalterna i sedimentprov från punkt S0505 öster om industrideponin i östra bäcken visar på en stor påverkan av koppar i de översta lagret (0-0,02 m). I underliggande lager (0,2-0,3 m) påvisas metallhalter för "trolig påverkan" av punktkälla. (Se även **Bilaga 3:5**).

6.9.4 Kisaskaytan invid industriområdet

Inom området för kisaskaytan väster om gamla hyvleribyggnaden har analyser skett av metaller på alla jordprover. I en punkt (F0501) har PAH och alifater analyserats i ett ytligt jordprov och i punkt F0504 har analys skett genom screening på ett djupare jordprov. (För områdets läge se **Figur 13**).

Grundvattenprov har analyserats på metaller och olja. Jordprover har uttagits i 4 punkter (F0501-F0504) och grundvatten har uttagits i punkt F0505, se **Ritning P0501**.

Fältundersökningarna visar att fyllningen i området består av kisaska, bark, mesaliknande material, sand samt tegel. Som djupast når fyllningen ned till ca 3,5 meter under markytan (punkt F0505). I övrigt varierar fyllnadsdjupet kring 0,5-1,9 meter. Fyllningen underlagras av skiffermorän.

För att försöka se om detta område har en ytlig avgränsning har kartering skett med sticksondering med geokäpp. Avgränsning av ytlig kisaska tycks föreligga inom området som benämns "Sticksond 3" i **Ritning P0501**.

Markstatus

I samtliga jordprover har uppmätts metallhalter över riktvärdena för MKM, både i övre lagret (0-1 meter) som därunder (1-1,6 meter). (Se även **Bilaga 3:1-3:2**). I punkt F0504 noterades hög kvicksilverhalt som troligtvis beror på förekomst av obränd svavelkis.

Inga PAH eller alifater kunde detekteras i det ytliga provet från punkt F0501. Prov från 1,0 – 1,9 meters djup uttaget vid punkt F0504 har även analyserats genom screening på ett flertal olika ämnen.

Halterna av PAH och alifater var låga. Inga andra substanser som analyserats i screeningen kunde påvisas över metodernas detektionsgräns.

Grundvattenstatus

Uttaget grundvattenprov i punkt F0505 visar på förhöjda halter av både kadmium och zink ("stor påverkan" av punktkälla). Salthalten i provet var dock kraftigt förhöjd, vilket indikerar att deponerat material i området inverkar på grundvattenkvaliteten. Mesa, som noterats i punkten, är en vanlig orsak till förhöjda saltvärden och metallhalter i grundvatten vid deponier. (Se även **Bilaga 3:3**).

Även detekterbara men låga halter av alifater påvisades vid analys av oljeindex på prov uttaget i F0505 norr om kisaskaytan.

Inga sediment eller ytvattenprover uttogs i detta område.

6.9.5 Områden fria från föroreningar

Prov uttagna på planen mellan industrideponin och kisaskadeponin, under kraftledningen där det tidigare funnits en skjutbana, visar på låga metallhalter i jorden. Ytan kan avgränsas med punkterna B0506, E0509, E0511, E0507 och PG0503 har halter som underskrider MKM. Det har heller inte påträffats metallhalter över MKM i punkt E0510, vilken ligger mot Indalsälven nedanför gamla hyvleriet på norra sidan av kraftledningen och vägen mot industrideponin (se **Ritning P0501**).

Det bör påpekas att inga fältundersökningar har gjorts i området mellan västra slänten förbi gamla hyvleriet och fram till kisaskasytan.

6.10 Mängd och volym

Nedan redovisas en grov skattning av volymer och föroreningsmängden i de olika områdena (se **Tabell 3**). Volymerna i de olika deponierna och sidoområdena har beräknats genom terrängmodellering utifrån bedömd ursprunglig marknivå (uppgifter från borrprotokoll) och nuvarande inmätt marknivå. För kisaskaytan intill industriområdet har enbart yta och uppgifter från borrprotokoll nyttjats för volymbereknning. Områdesindelning och beräkningsunderlag framgår av **Ritningarna P0504, P0509, P0511**.

Mängden arsenik har beräknats utifrån en antagen jorddensitet av 1,7 ton/m³ och TS-halt av 77 % samt medel- och medianvärden på

tillgängliga analyser från de olika delområdena och en bakgrunds-korrigerig av 8 mg As/kg TS. Bakgrundshalten har ansatts ett konservativt lågt värde utifrån säkra uppmätta värden inom området.

Tabell 3. Uppskattade massvolymer och föroreningsmängd arsenik för Hissmofors deponiområde.

	Areal	Volym förorenade massor	Medelhalt mg As/kg TS	Medianhalt mg As/kg TS	Mängd arsenik
Barkdeponin	30.000 m ²	Ej beräknat	Ej beräknat	Ej beräknat	Ej beräknat
Kisaskadeponin	16.800 m ²	ca 60.400 m ³	243	38	Ca 2,5-18 ton
Västra slänten	11.500 m ²	ca 29.000 m ³	41	21	ca 0,5-1,2 ton
Industrideponin	10.700 m ²	ca 34.400 m ³	65	21	ca 0,6-2,6 ton
Kisaskaytan intill industriområdet	1.400 m ²	ca 2.000 m ³ inom 0-1,5 m	54	21	ca 0,03-0,1 ton

6.11 Statistiska mått på metallförekomst i jord inom Hissmofors deponiområde

Statistisk bearbetning av uppmätta halter av fyra utvalda metaller (arsenik, koppar, bly, zink) i jord har utförts för alla punkter och alla skikt över hela deponiområdet samt det översta skiktet på alla punkter innefattande skiktet 0-1 meter. Generellt visar de statistiska bearbetningarna att halterna har en sned frekvensfördelning, vilket är typiskt för förorenade mixade områden. De maximala halterna kan vara mångdubbelt högre än medel- och medianvärdena. (Se **Figur 15-Figur 22**).

Två statistiska fördelningar har framtagits. Hålfördelningen beräknad på alla skikt kan användas vid bedömning om de förorenade massorna kan kvarligga i området eller ej. Är sannolikheten stor att de ekotoxikologiska platsspecifika riktvärdena överskrids, så indikerar detta att åtgärdsalternativen urschaktning och deponering/behandling på annan plats eller stabilisering på plats kan vara aktuella.

Den statistiska hålfördelningen beräknad på det övre skiktet 0-1 meter kan användas vid bedömning av hur stor sannolikheten är att området avviker från de platsspecifika riktvärdena för hälsoeffekter.

Vid riskvärderingen av kostnadsnyttan för en åtgärd, kan en ojämn hålfördelning inom ett förorenat område utgöra stöd för beslut om avsteg från platsspecifika riktvärden eller åtgärds mål som framtagits i en fördjupad riskbedömning. Hänsyn kan tas till hur stor den

statistiska sannolikheten är att exponeringen kommer att kunna under- eller överskrida de framtagna platsspecifika riktvärdena. Om det är statistiskt låg sannolikhet att exponeringen kommer att kunna överskrida de platsspecifika riktvärdena så kan det finnas anledning att sänka kraven på åtgärdsbehovet i området.

6.12 Utvärdering statistisk fördelning av föroreningar

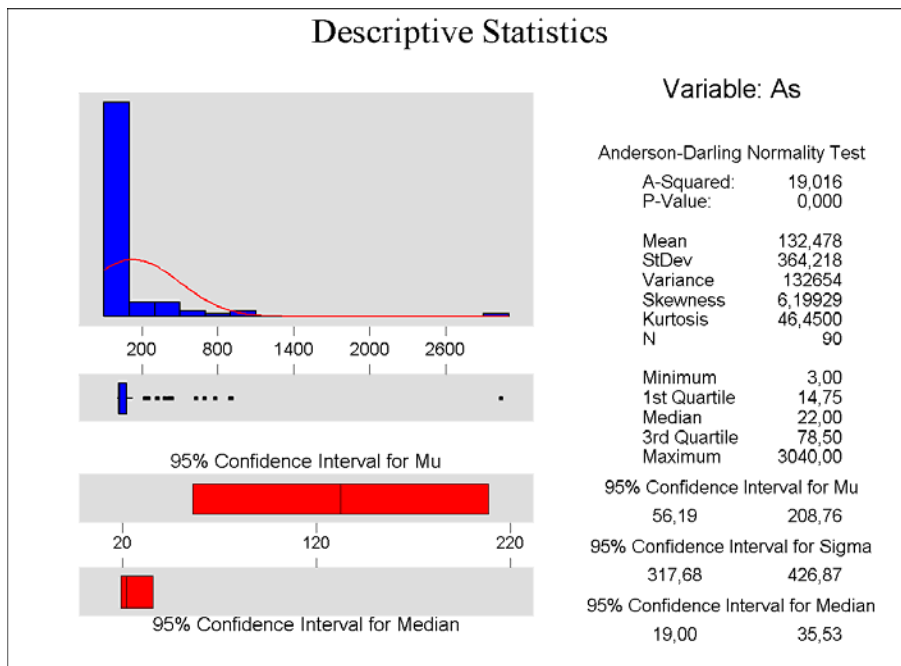
De platsspecifika ekotoxikologiska samt hälsoriskbaserade nivåerna för arsenik, koppar, bly och zink återfinns i **Kapitel 10.6.2** och **Kapitel 10.6.3**.

Som framgår av **Kapitel 10.5** så har industriområdets markekosystem inte bedömts vara skyddsvärt, medan det för strövområdet (deponierna) ansatts att skyddsvärdet enbart skall gälla det övre marklagret. Ett ekotoxikologiskt riktvärde för arsenik på 40 mg As/kg TS föreslås för strövområdet i **kapitel 10.6.3**.

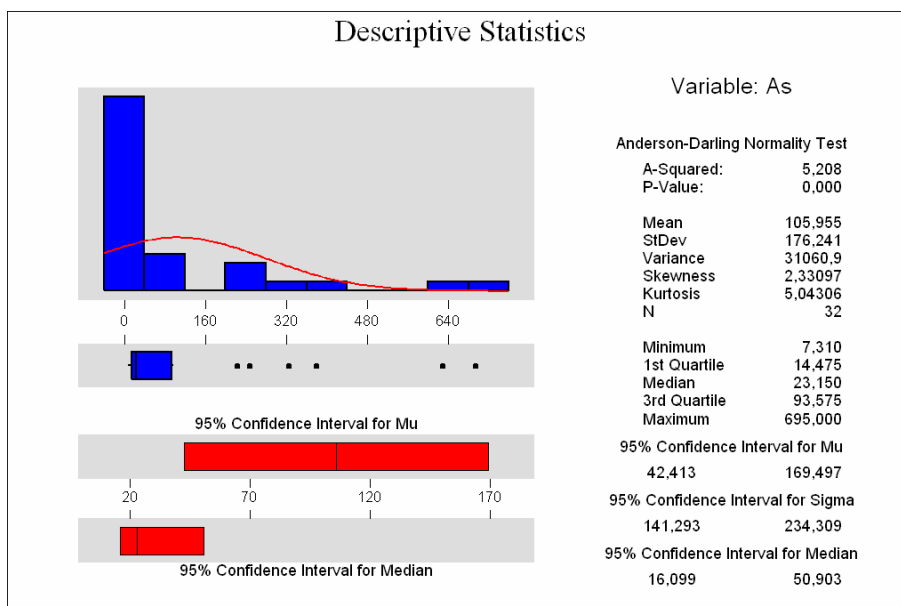
Av **Figur 15** och **Figur 16** framgår att halterna arsenik med stor sannolikhet överskrider det ekotoxikologiska riktvärdet, både för alla skikt och för enbart övre metern. Medelvärdet är 132 mg As/kg TS respektive 105 mg As/kg TS, med undre gräns för konfidenstervallen som också ligger över riktvärdet. Detta skulle indikera att behov föreligger av urschaktning eller stabilisering av strövområdet. Vid genomförande av alternativ med övertäckning kan dock det övre marklagret antas erhålla en kvalitet som uppfyller riktvärdet, genom kontroll av anskaffade eller utsorterade övertäckningsmassor.

Eftersom medelhalten i övre metern inom området ligger betydligt över de hälsoriskbaserade platsspecifika riktvärdena så är efterbehandlingsåtgärder även ur denna aspekt starkt motiverade.

Dessa slutsatser gäller hela det undersökta området. I det fall det råder tveksamhet om omfattningen av efterbehandlingsåtgärderna inom något av delområdena, t.ex. för barkdeponin, kan en statistisk analys av föroreningsförekomsten styrka eventuell lindring av kraven på åtgärdernas utförande. Kompletterande provtagning kan då behövas för att det statistiska underlaget skall ha tillräcklig god kvalitet.

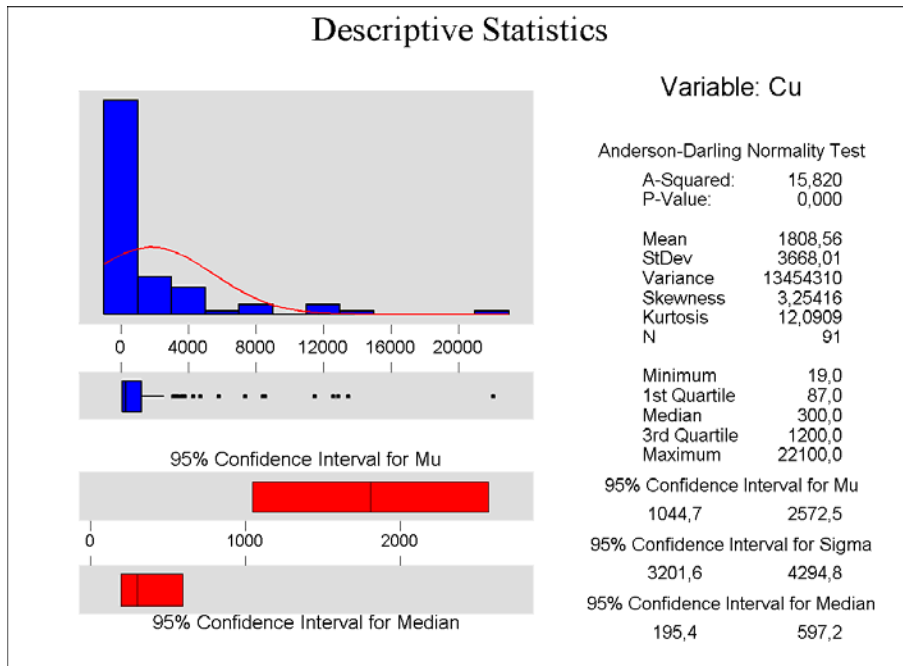


Figur 15. Statistisk fördelning för halten av arsenik i alla analyserade jordprover från Hissmofors deponiområde.

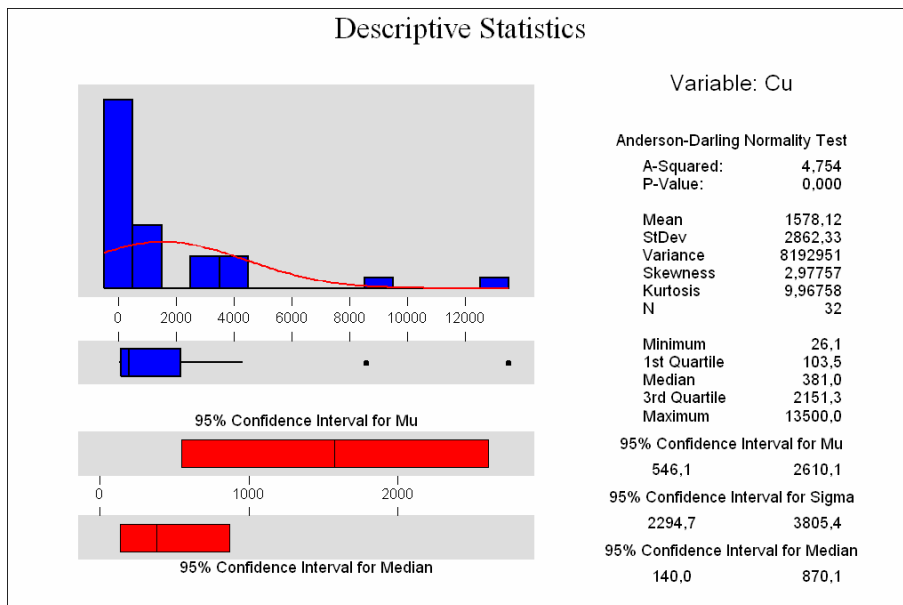


Figur 16. Statistisk fördelning för halten av arsenik i jordprover som omfattar skiktet 0-1 meter vid Hissmofors deponiområde.

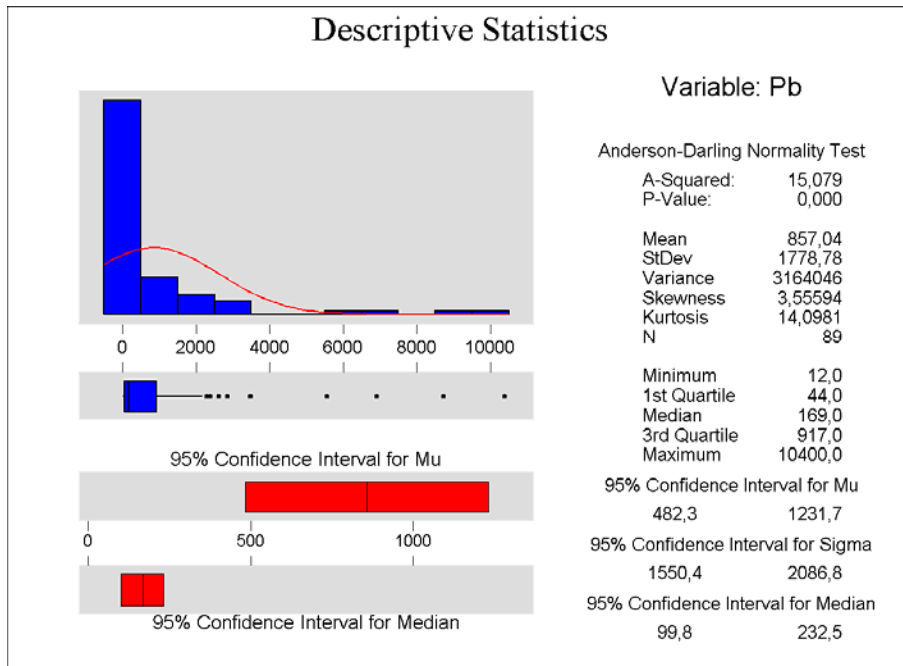
ra02s 2000-03-30



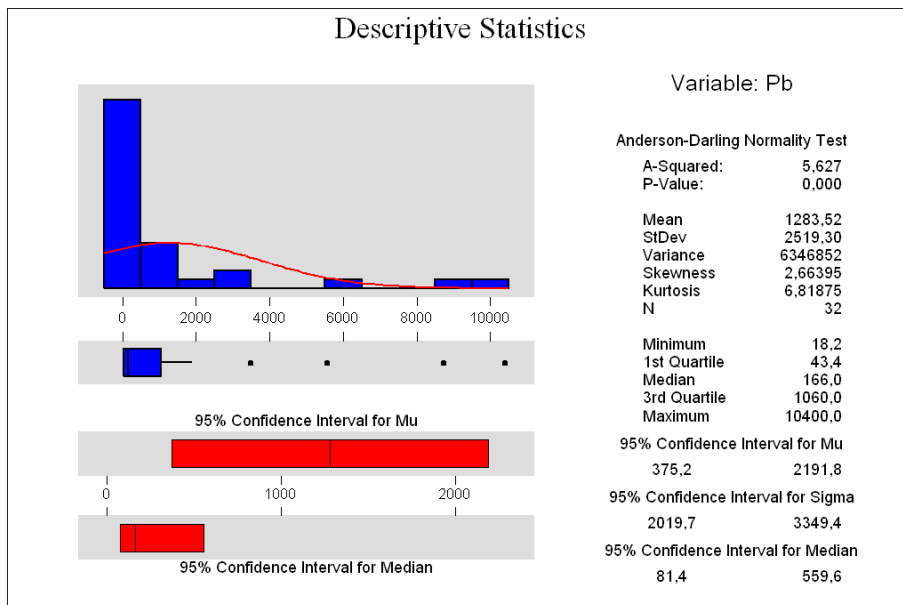
Figur 17. Statistisk fördelning för halten av koppar i alla analyserade jordprover från Hissmofors deponiområde.



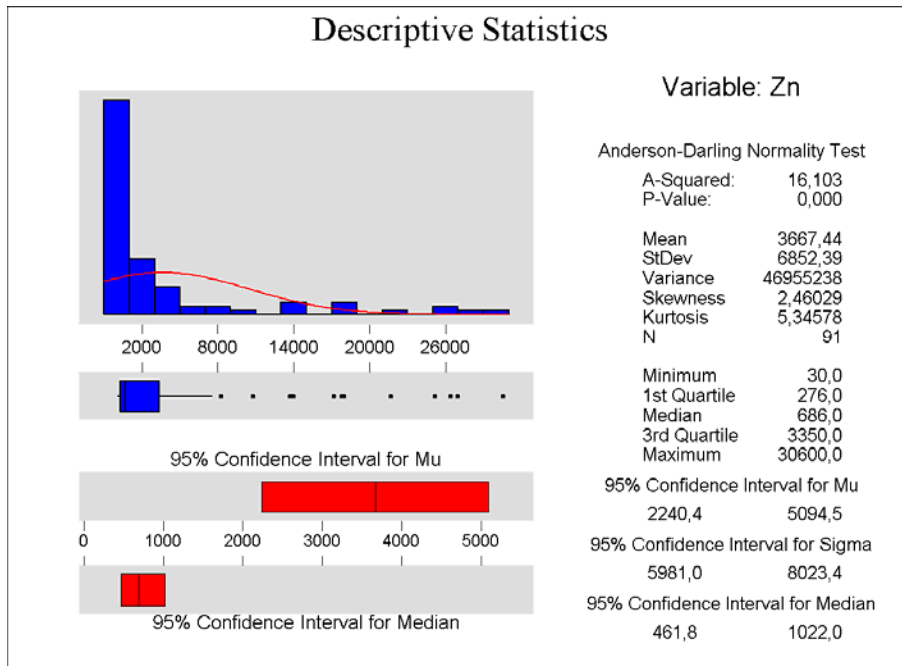
Figur 18. Statistisk fördelning för halten av koppar i jordprover som omfattar skiktet 0-1 meter vid Hissmofors deponiområde.



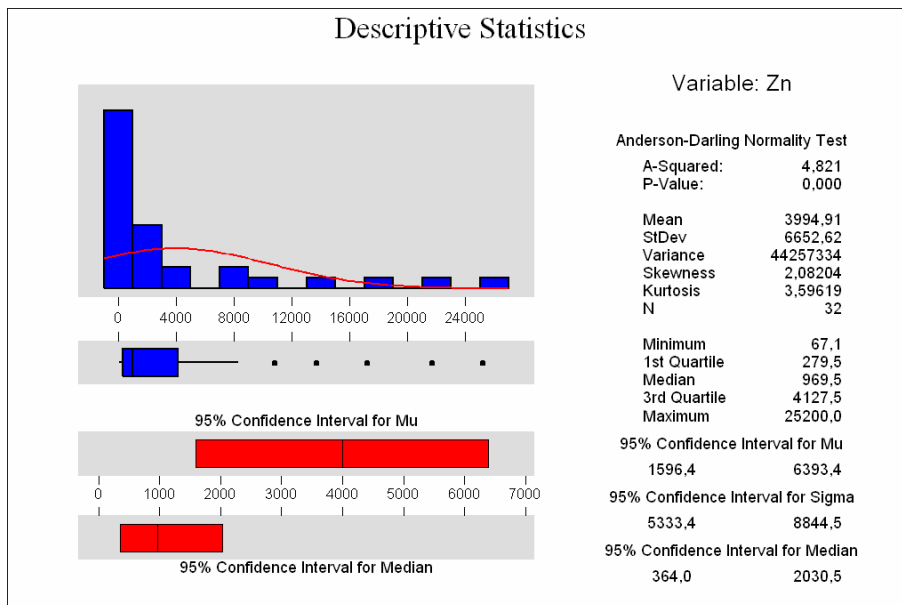
Figur 19. Statistisk fördelning för halten av bly i alla analyserade jordprover från Hissmofors deponiområde.



Figur 20. Statistisk fördelning för halten av bly i jordprover som omfattar skiktet 0-1 meter vid Hissmofors deponiområde.



Figur 21. Statistisk fördelning för halten av zink i alla analyserade jordprover från Hissmofors deponiområde.



Figur 22. Statistisk fördelning för halten av zink i jordprover som omfattar skiktet 0-1 meter vid Hissmofors deponiområde.

6.13 Lakningsegenskaper och klassificering

6.13.1 Utvärdering av genomförda laktester

6.13.1.1 Bakgrund

I samband med markprovtagning under huvudstudien för arbetet med deponiområdet i Hissmofors skickades ett urval av markproverna till laboratorium för att förutom totalhaltsanalyserna även genomgå urlakningsförsök. Laktester kan ge en annan bild av markföroreningarnas benägenhet att lakas ut och spridas till omgivningen än vad uppgifter om det totala föroreningsinnehållet ger.

Lakningen har genomförts under oxiderande förhållanden. För material som innehåller metallsulfider är det känt att lakningsbenägenheten vanligen är lägre under reducerande förhållanden.

6.13.1.2 Metod och provurval

Från kisaskadeponin och industrideponin uttogs 2 prov vardera. Från kisaskadeponin uttogs prover i punkterna B 0501 (nivå 1,5-3,0m) och B 0503 (nivå 3-4 m). Från industrideponin uttogs prover i punkterna E 0503 (nivå 0-5 m) och E 0504 (nivå 0-4,5 m). Dessa 4 prover lakades genom ett sk två-steps skaktest (SS-EN 12457-2). Lakvätskornas innehåll av metaller och pH analyserades. I **Bilaga 4:1-4:11** redovisas laboratoriets protokoll från dessa analyser.

Punkten B0501 ligger på gränsen mellan kisaska- och barkdeponinerna. B0503 ligger centralt i kisaskadeponin. E0503 ligger i industrideponins sydöstra del och E0504 ligger relativt centralt i industrideponin (se vidare **Ritning P0501**).

Totalhalter har analyserats på jordprov från samma punkter och nivåer som proverna för laktester.

6.13.1.3 Resultat laktester

Ett av proverna från kisaskadeponin (B0503) uppvisade så stor vattenhållandeförmåga att när två gånger mängden vätska (L/S 2) tillsatts provet kunde ändå ingen vätskefas avskiljas för analys. Om denna vattenhållande förmåga är karaktäristisk för stora delar av deponiområdet bör grundvattenbildningen under vissa delar av året vara begränsad (vilket märkts vid provtagning under 2005).

Lakvätskorna är svagt sura från prov B0501 (från kisaskadeponin). Provet från B0503 visar ett svagt basiskt pH-värde i eluatet. Från industrideponin uppvisade båda proven lakvätskor med svagt basiska pH-nivåer (E0503 och E0504). Detta bör innebära att metaller blir mer tillgängliga för urlakning från prover med pH liknande det som noterades vid lakning av B0501. Redoxförhållanden eller pH-nivån i massorna i upplagen är inte kända, nedanför B0501 har dock låga pH uppmätts i grundvattnet i punkten D0501 (5,0 – 5,6). Sulfidoxidation av kisaska kan dock ha bidragit till det låga pH som noterats i lakprovet. Det är sannolikt att B0501 innehållit relativt mycket kisaska (*eller kis*) eftersom totalhalterna av metaller från den punkten var hög. Laktetestet från denna punkt kan sägas beskriva den process som kan förväntas vid vittring av sådant material under syrerika förhållanden. De höga metallhalter som påträffats i dammarna och i grundvatten i närliggande punkter, skulle kunna förklaras av denna lakningsbenägenhet under oxiderade förhållanden.

Proverna från kisaskadeponin uppvisar stora variationer i urlakningsförlopp sinsemellan. Halterna i lakvätskorna är högre i provet från B0501 än från B0503. B0501 uppvisar störst utlakning av metaller. Urlakningen är betydande främst för zink. Urlakningen av koppar är relativt stor vid L/S 10.

Urlakningen av proverna från industrideponin visar vid jämförelse sinsemellan något högre urlakning av zink från E0504 och av något högre urlakning av koppar från E0503. Urlakningen av arsenik, krom och bly är låg från båda proverna från industrideponin.

Vid en jämförelse mellan totalhalterna av metaller i de prover som lakats och föroreningsituationen i området ses att provet från B0501 (1,5-3,0 m) innehåller höga halter koppar och zink och relativt höga halter av kadmium och bly i förhållande till de uppmätta totalhalterna i området sammantaget. Halterna arsenik i punkten B0501 är måttliga i jämförelse till områdets totala föroreningsituation. Totalhalterna i B0503 visar att halterna koppar, zink och bly är något förhöjda. Zinkinnehållet i B0503 är dock som jämförelse endast ca en tiondel av totalhalten i B0501. Lakning av B0501 bör därför kunna anses likna det värsta urlakningsförloppet.

Totalhalterna i E0503 visar på högt innehåll av arsenik, koppar, bly och zink i jämförelse med övriga prover från industrideponin. Jämfört med alla uttagna prover är dessa nivåer måttliga. E0501 innehåller låga halter av tungmetaller. Laktetesten från E0503 kan därför antas visa något av den värsta urlakningen från industrideponin.

Totalhaltsanalyserna tyder dock på att industrideponin är relativt lindrigt förorenad. Metallurlakningen från E0503 är som väntat lägre än från B0501, dock är urlakningen av svavel högre.

6.13.2 Avfallsklassning

Att klassificera massorna utifrån ett avfallsperspektiv kan vara av intresse om urschaktning kan bli aktuell för delar av området. När det gäller klassning av avfall finns gränsvärden för mottagning till deponier av olika klassning i NFS 2004:10 ("mottagningskriterierna"). RVF har även givit ut bedömningsgrunder för förorenade massor (RVF 02:09), där en ansats till klassning utifrån totalhaltsinnehåll genomförs både för att avgöra om avfallet är farligt avfall och/eller om mottagning vid en deponi för icke-farligt avfall kan accepteras.

6.13.2.1 Bedömning utifrån laktester

Det kan noteras att urlakningen (L/S 10) av zink (i provet från punkt B0501) överskrider både den urlakning som enligt mottagningskriterierna (NFS 2004:10) accepteras för farligt avfall som kan deponeras vid deponier för ickefarligt avfall och vid deponier för farligt avfall (se **Tabell 4**). Enligt naturvårdsverkets föreskrift kan under vissa förutsättningar dispens medges för avfall som överskrider gränsvärdena (upptill tre gånger). B0501 innehåller dock en av de högsta uppmätta zinkhalterna av alla prover i området.

Tabell 4. Urlakning av metaller jämfört med mottagningskriterierna

Provpkt.	Mottagning vid deponier för inert avfall	Mottagning vid deponier för icke-farligt avfall	Mottagning vid deponier för farligt avfall
B 0501	Nej	Nej, Urlakning av Zn för hög. Dispens* för Cd-urlakningen krävs.	Nej, Urlakningen av Zn för hög.
B 0503	Ja	Ja	Ja
E 0503	Nej, dispens krävs för Cu-urlakningen	Ja	Ja
E 0504	Nej Zn-urlakningen är för hög	Ja	Ja

*Dispens enligt NFS §35, a, b.

B0503 klarar urlakningskraven för mottagning vid deponier för inert avfall.

6.13.2.2 Bedömning utifrån totalhalter

Vid en jämförelse av de uppmätta totalhalterna i området och de totalhalter som föreslås som acceptanskriterier för *mottagning* vid deponier för icke farligt avfall enligt RVF 2002¹ ses att zink- och kopparhalterna i ett flertal punkter överskrider föreslagna acceptanskriterier. Detta gäller främst analyserna från områdena F (kisaskaytan), B & D (kisaskadeponin) och område C (västra slänten). Det flesta av de prov som överskrider nivån för zinkinnehåll överskrider också nivån för kopparinnehåll. Flertalet av de prover som överskrider föreslagna totalhaltsnivå för zink och koppar innehåller också för höga totalhalter bly, kadmium och arsenik.

När det gäller den haltgräns som föreslås i samma RVF-rapport¹ för när förorenade massor skall betraktas som farligt avfall, så visar provtagningen att flertalet prover från område B, C och D (västra slänten och kisaskadeponin) och område F (kisaskaytan) uppvisar totalhalter över den föreslagna nivån för farligt avfall.

Det kan noteras att provet B0501 (1,5-3,0 m) endast uppvisar urlakning över mottagningskriterierna när det gäller zink, trots att totalhaltsanalyserna indikerar att detta prov ligger över föreslagna acceptanskriterier för arsenik, kadmium, kobolt och koppar. E0503 S har en hög totalhalt bly, urlakningen av bly från detta prov är dock låg.

Från områdena A (barkdeponin) och E (industrideponin) har endast en provpunkt per område (A 0508 och E 0503S) visat halter över föreslagna acceptanskriterier (enligt RVF 02:09) för mottagning vid IFA-deponi. Kopparinnehållet, och från barkdeponin även zinkinnehållet, är i dessa två punkter också över den föreslagna haltgränsen för farligt avfall. Medelvärdet för samtliga prover ligger över det föreslagna acceptanskriteriet när det gäller zink och arsenik. Medianvärdet ligger dock under denna nivå.

¹ RVF 02:09 "Bedömningsgrunder för förorenade massor", 2002.

Tabell 5. Uppmätta totalhalter i jämförelse med nivåer enligt RVF 02:09.

Provpunkt	Skikt djup (m)	TS %	TOC % av TS	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
A0502	3,5-4,5	31,5	34,8	17	1	10	8	299	<1	120	516
A0502	4,5-5,4	32,1	37,5	10	1	4	4	83	<1	76	507
A0503	0-0,5	73,3	4,3	7	<0,1	12	12	29	<1	18	67
A0505	3,5-4,5	26,1	46,1	8	1	4	4	37	<1	30	371
A0506	0,5-1,0	79,9	2,7	9	<0,1	20	17	26	<1	22	127
A0507	3,0-3,5	61	12,9	11	1	9	8	106	<1	74	300
A0508	0-1,2	54	9,2	380	29	32	9	3380	2	1070	8270
B0501	1,5-3,0	77,6	0,3	51	58	88	<0,2	22100	1	1630	26400
B0501	3,0-4,0	39,5	24,2	18	19	22	1	5820	<1	222	5020
B0502	1,0-2,0	64,2	12	10	1	10	10	135	<1	90	356
B0502	7,0-8,0	67	7,4	909	9	19	12	1590	2	1800	3350
B0503	2,0-3,0	51	21,6	16	1	33	11	239	<1	336	1180
B0503	3,0-4,0	38,8	41	20	7	8	18	699	<1	908	2550
B0505	0-1,0	86,1	3,2	27	2	28	57	614	2	172	758
B0505	1,0-1,4	89,2	1,6	13	1	10	16	185	1	129	412
B0506	0-1,0	78,9	4,7	11	1	14	15	128	2	81	431
B0506	1,0-3,0	84,3	2,5	16	2	16	16	198	2	178	686
B0506	3,0-4,0	80,2	2,7	22	3	14	22	194	3	208	660
B0507	0-1,0	87	1,7	14	2	17	17	344	<1	95	1010
B0507	1,0-2,0	78,9	5	51	10	25	16	1140	2	1380	4110
B0507	2,0-3,0	87,4	2,1	112	5	15	14	743	<1	455	1770
B0507	3,0-4,0	82,4	3	783	20	28	12	3780	<1	2620	6940
C0501	0-3,0	70,9	4,3	10	3	11	13	418	<1	100	974
C0501	3,0-3,5	68,1	6,4	126	51	50	161	12600	<1	2850	27000
C0502	0-1,0	80,6	3,1	51	10	26	14	803	<1	1430	4230
C0502	2,0-3,0	65,6	6,5	26	3	18	16	463	<1	205	879
C0502	5,0-5,8	38,2	35,7	15	1	7	8	146	<1	196	506
C0503	1,5-4,0	80,3	4,7	8	0	7	14	42	<1	30	177
C0503	5,0-6,0	32,2	49,3	4	1	4	8	87	2	48	303
C0504	0-1,0	58,1	15,5	23	2	13	13	215	<1	138	513
C0504	1,0-2,0	37,8	27,1	19	1	9	11	100	<1	98	272
C0505	0-2,6	44,4	18	32	6	18	16	870	1	559	2350
C0506	0-1,0	85,4	2,6	326	26	55	10	3110	3	3490	10800
C0507	0-1,0	94,2	2,2	23	0	21	20	80	1	35	113
C0507	1,1-2,0	88,6	1,6	318	2	26	13	1140	2	2180	1320
C0508	0-1,0	92,1	1,8	249	4	25	20	930	2	926	2030
C0508	1,0-1,5	77,2	1,1	413	75	44	4	11500	4	6920	30600
C0508	1,5-2,4	44,6	22,9	36	34	14	10	12900	<1	1430	14000
C0509	0-2,0	77,3	5,6	14	3	18	15	955	<1	163	1050
C0509	2,0-4,0	80,7	3,4	34	4	18	15	838	<1	242	1580
D0501	0-1,0	58,1	3	695	39	64	4	13500	3	3480	7550
D0501	1,0-2,0	21,7	36,2	90	149	65	3	4720	1	139	13800
D0502	0-0,6	79,7	2,7	27	2	40	16	488	<1	169	3820
D0502	0,6-1,3	34,5	25	<3	22	19	11	7390	<1	13	2380
E0501	0-3,0	71,3	5,1	17	1	13	36	210	0	370	600
E0502	1,0-2,0	58,8	15,8	21	2	13	15	289	1	99	916
E0502	2,0-3,8	82,4	4,7	64	1	18	260	1400	0	380	910
E0503	1,0-1,2	60,7	2,7	5	1	16	14	1130	<1	20	475
E0503 S	0-5,0	63,9	7,4	80	2	26	100	3600	1	1900	1300
E0504	0-5,0	77,4	6,3	20	2	17	26	290	0	320	1200
E0505	0-2,0	83,6	2,5	15	1	19	19	140	0	53	290
E0506	1,0-2,0	88,7	1,1	21	0	21	18	88	<1	34	174
E0506	2,0-3,0	92,3	1,3	19	0	14	19	83	<1	31	106
E0507	0-1,0	92,8	1,3	10	<0,1	17	22	41	<1	19	150
E0507	1,0-2,0	90,2	1	14	0	27	18	69	<1	23	291
E0508	0-1,0	71,9	5,4	38	3	13	14	531	1	425	965
E0508	2,0-4,0	82,6	3	16	1	26	17	208	<1	107	307
E0509	0-1,0	88,3	1,4	13	1	15	16	103	1	69	341
E0509	1,0-3,0	74,7	3,7	14	1	13	24	196	<1	98	490
E0510	0-2,0	91,4	2,3	17	0	28	17	75	<1	29	149
E0511	0-1,8	87,3	1,9	16	0	22	18	71	<1	22	156
F0501	0-0,7	86	1,4	98	43	31	10	2550	4	5570	17200
F0502	0-0,4	85,1	3,9	53	41	83	15	8560	2	1030	13700
F0503	0-1,0	77,6	2,6	223	53	17	1	4310	6	10400	21700
F0503	1,0-1,6	42,3	45,5	21	51	10	7	3220	1	205	17800
F0504	0-1,0	77,2	0,1	224	74	14	1	3790	8	8740	25200
F0504	1,0-1,9	60	22	57	29	15	1100	1	1100	18000	
PG0501	0-1,0	81,8	2,6	22	1	18	15	105	1	119	276
PG0501	1,0-2,0	32,4	24,2	37	3	14	20	410	2	1480	1200
PG0502	0-1,0	24,4	40,8	630	0	7	4	168	2	19	364
PG0502	1,0-1,5	46,6	4,6	3040	3	51	13	8440	3	2290	1900
PG0503	0-1,0	90,1	2,2	15	0	32	18	66	<1	40	153
PG0503	1,0-1,5	93,2	1,5	8	0	15	16	44	<1	19	122
Förelsen haltgräns FA*				1000	100	100	1000	2500	500,0	2500	2500
Acceptanskriterie**				100	10	80	3200	2500	10,0	2000	2500

* Enligt RVF 02:09 Bedömningsgrunder för förorenade massor

** För förorenade massor i deponier för ickefarligt avfall, RVF 02:09

ra02s 2000-03-30



I **Tabell 5** har de uppmätta totalhalterna jämförts med de nivåer som presenterats i RVF 02:09. Rödbrun färg anger att den uppmätta halten överskrider nivån för att betraktas som farligt avfall enligt RVF 02:09. Gul markering anger att acceptanskriteriet för mottagning vid deponier för icke-farligt avfall (enligt RVF 02:09) överskrids.

Om massorna skulle grävas upp och omhändertas genom deponering på en deponi skulle massorna från område B, C, D och F riskera att klassas som farligt avfall. Laktester har inom dessa områden dock enbart genomförts på två prover från kisaskadeponin (B0501 och B0503). Föroreningssituationen i B0501 (totalhalter Zn, Cu, Cd) liknar grovt den bild som visas från några av de mest förorenade punkterna (t.ex. C0501: 3,0-3,5, C0508: 1,0-1,5 samt proverna från F-området). Under antagande att även dessa punkters tungmetallinnehåll härstammar från kisaska/svavelkis kan liknande utlakning som för B0501 förväntas. B0501 innehåller jämförelsevis låg halt As och måttligt hög halt Pb, varför motsvarande slutsatser inte kan dras om dessas urlakningsförlopp.

Genomförda undersökningar (innehåll av metaller) tyder på att massorna från bark- och industrideponierna vid en eventuell urschaktning i huvudsak skulle kunna mottas vid deponi för icke-farligt avfall.

Värt att notera vid en eventuell extern deponering, är att innehållet av organiskt material mätt som TOC måste testas och vara inom vissa begränsningar (enligt deponeringsförordningens förbud mot deponering av organiskt avfall och tillhörande föreskrift). Även från dessa bestämmelser finns under vissa omständigheter möjlighet till undantag och dispens.

7 Hydrogeologisk bedömning av deponiområdet

7.1 Avrinningsområde

Det avrinningsområde som innefattar hela Hissmofors sågverks- och deponiområde är cirka 36 hektar (se avgränsning på **Ritning P0502**). Detta avrinningsområde kan delas in i två delområden, ett västligt på cirka 17 hektar och ett östligt på cirka 19 hektar. Av den östra delen av avrinningsområdet utgörs cirka hälften, 9,5 hektar, av mark som ligger öster om östra diket dvs utanför sågverks- och deponiområdet.

Enligt beskrivningen till grundvattenkartan över Jämtlands län är den effektiva nederbörden (nederbörden minskat med avdunstningen) i området i storleksordningen 250-300 mm/år. Huvuddelen av den effektiva nederbörden bildar normalt grundvatten, endast en mindre del avrinner på marken som ytvatten. Inom sågverksområdet förekommer dock en stor andel hårdgjorda ytor, vilket medför att grundvattenbildningen är betydligt mindre på dessa ytor och ytvattenavrinningen blir större än normalt.

Med utgångspunkt från avrinningsområdets storlek och den effektiva nederbörden torde den totala avrinningen från hela Hissmofors sågverks- och deponiområde vara cirka 90 000 – 110 000 m³/år, eller motsvarande 2,8 - 3,5 l/s i medeltal.

7.2 Inströmningsområden

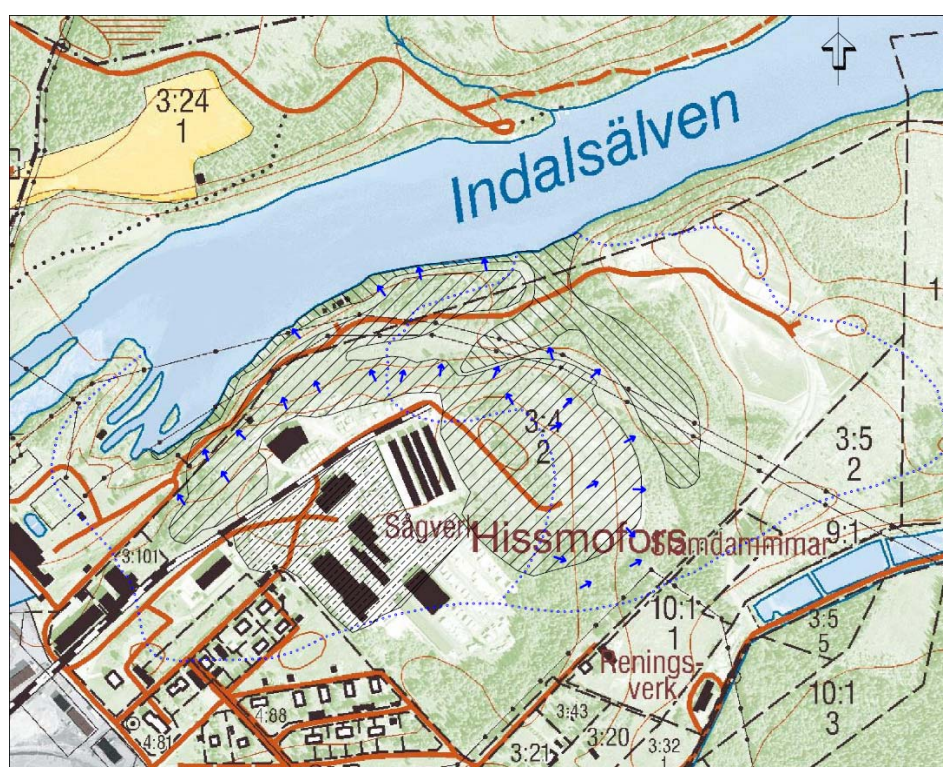
Grundvattenbildning sker företrädevis inom de högre partierna där hårdgjorda ytor saknas. Markeringen på **Ritning P0502** visar de områden där den huvudsakliga infiltrationen bedöms ske.

7.3 Utströmningsområden

De områden där utströmning av grundvatten huvudsakligen bedöms ske är markerade på **Ritning P0502** (se även ritningsutsnitt i **Figur 23** nedan). Grundvattenutströmning bedöms ske längs Indalsälvens strand, längs det dike som är beläget öster om deponiområdet samt längs släntfoten nordost om kisaskadeponin. Nordost om kisaskadeponin finns vatten i dagen i tre "dammar". Vattnet är dock stillastående och tas som en indikation på att grundvattenytan är nära markytan i detta område. I två av "dammarna" har höga metallhalter påträffats, vilket tyder på att det här sker utströmning av grundvatten som har infiltrerat på förorenade ytor. Den tredje dammen har tidigare

konstaterats vara renare, vilket kan bero på att urlakningen genom kisaska inte når östra delen av kisaskaslätten.

Mellan barkdeponin och industrideponin har tidigare ett öppet dike funnits. Det har ifrågasatts om detta dike har kulverterats och kan fungera som dränagesystem idag. Någon kulvert har inte återfunnits vid markundersökningarna 2005, men dikesgraven har identifierats och visades vara fylld med spån och kisaska. Vid grävning av provgrop P0502 i detta område visade det sig att grundvattenströmningen i dikesgraven var markerat stor.



Figur 23. Ytvattendelare (blåprickade linjer) med bedömd grundvattenriktning samt in- och utströmningsområden (högerstreckade respektive vänsterstreckade ytor) inom Hissmofors deponiområde. © Lantmäteriverket Gävle 2005. Medgivande I2005/1246.

7.4 Grundvattenströmning

Generellt sett följer grundvattenströmningen till stor del topografin och är riktad från inströmningsområdena till utströmningsområdena (se markering på **Ritning P0502**). Grundvattenströmningen kan dock påverkas av heterogeniteter i marklagren (t.ex. fyllningar) och av konstruktioner (t.ex. kulvertar eller diken). Den nederbörd som faller

på hårdgjorda ytor (se skraffering i **Figur 23**) avbördas västerut via ett dagvattensystem som troligen leder till Indalsälven. Det har tidigare funnits ett dagvattendike strax väster om industrideponin. Även om diket numera är igenfyllt med fyllnadsmassor kan genomsläppligheten vara högre i detta stråk och ha en dränerande funktion.

Utifrån utförda markundersökningar och lodningar av grundvattennivåer bedöms strömning till viss del ske i fyllnadsmassor. Med tanke på fyllnadsmassornas relativt sett högre hydrauliska konduktivitet jämfört med underliggande naturliga marklager, sker troligen huvuddelen av grundvattenavrinningen ovan naturliga marklager.

För att beräkna utläckande grundvattenmängd R_{gw} definieras den tvärsektion A_{gw} genom vilken grundvattenströmningen bedöms ske. I beräkningen används sedan den effektiva nederbörden P_{eff} och ytan A_R på tillrinningsområdet uppströms beräkningssektionen. Beräkning av grundvattenflödet baseras på årsvärden och kan betraktas som ett medelvärde över året. Grundvattenflödet ges av:

$$R_{gw} = P_{eff} \cdot A_R.$$

För att sedan beräkna vilken mättad hydraulisk konduktivitet K_S som krävs i det genomströmmade lagret för att transportera detta flöde används Darcy's lag:

$$K_S \geq R_{gw} / (A_{gw} \cdot i),$$

där i är grundvattengradienten vinkelrätt mot tvärsektionen.

7.4.1 Industrideponin

Grundvattenavrinningen genom industrideponin sker i riktning norrut mot Indalsälven. I industrideponin bedöms mättad grundvattenströmning ske genom ca 0,5 meter fyllning. Deponins längd är ca 170 meter, vilket ger en genomströmmad tvärsnittsarea om ca 85 m². Eftersom deponin har ett tillrinningsområde för grundvatten på ca 4 ha och grundvattenbildningen är ca 300 mm/år, ger detta att grundvattenströmningen genom tippen är ca 0,4 l/s. Om gradienten tvärs tippen är ca 2 procent ger detta en mättad hydraulisk konduktivitet (K_S) om $2 \cdot 10^{-4}$ m/s eller högre i fyllningen. Grundvattenbildningen på själva tippen, dvs det vatten som infiltrerar genom fyllningen, är ca 0,1 l/s.

7.4.2 Kisaskadeponin

Huvuddelen av det vatten som infiltrerar på kisaskadeponin avrinner troligen norrut i riktning mot industrideponin, de höga förorenings-

halterna i "dammarna" söder om industrideponin är ett tecken på detta. Det bedöms också som mycket troligt att kisaskadeponin mottar infiltrerat grundvatten från barkdeponins norra delar. Inga observationer eller resultat finns som visar på någon anmärkningsvärt hög infiltration i västra delarna av deponin. Västra diket som syns i gamla flygbilder har varit torrt.

7.4.3 Barkdeponin

Grundvattenströmningen genom barkdeponin sker troligen i huvudsaklig riktning mot det närliggande diket i öster. Viss del av grundvattenströmningen sker dock troligen mot norr och in i kisaskadeponin. Antagna gränser för ytvattendelare och grundvattendelare ligger mycket nära norra delen av barkdeponin. Nivåskillnaden för grundvattnet i detta område är ca 10 meter från barkdeponins släntfort ned till kisaskadeponins släntfot, uppmätt i tillgängliga grundvattentrör i området (GV6 och D0501). Den grundvatteninfiltration som sker på barkdeponins nordligaste yta, vilken ligger ca 8 meter högre upp än släntfoten, bedöms ha mycket stor möjlighet att strömma ned genom norra slänten och passera genom de kisaskalager som ligger där.

Utifrån utförda undersökningar bedöms mättad grundvattenströmning ske i ca 1 meter fyllning. Den genomströmmade tvärsektionens längd uppskattas till ca 200 meter, vilket ger en genomströmmad area om 400 m². Deponin har ett tillrinningsområde på totalt ca 4 ha och grundvattenbildningen är ca 300 mm/år, vilket ger att grundvattenströmningen genom barkdeponin är ca 0,4 l/s. Om gradienten uppskattas vara ca 10 procent ger detta att $K_S \geq 2 \cdot 10^{-5}$ m/s. Grundvattenbildningen på själva barkdeponin är ca 0,2 l/s.

7.4.4 Övriga delar av området

Inom övriga delar av deponiområdet (väster om industrideponin) sker grundvattenavrinningen i huvudsak i riktning mot Indalsälven i norr. Området är ca 4 ha, vilket ger att det utströmmade grundvattenflödet är ca 0,4 l/s. Mättad grundvattenströmning antas i genomsnitt ske genom ca 1 meter fyllning, detta varierar dock betydligt, och den genomströmmade tvärsektionens längd uppskattas till 330 meter. Med en antagen gradient på 10 procent ger dessa värden att $K_S \geq 1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

8 Deponiernas stabilitet

Denna del av huvudstudien syftar till att klarlägga stabilitetsförhållandena i dagsläget och stabilitetspåverkande effekter vid eventuellt nyttjande av övertäckning som efterbehandlingsalternativ av de olika deponierna.

Stabilitetsutredning har utförts för barkdeponin, kisaskadeponin och industrideponin. Ett av åtgärdsalternativen för efterbehandling av dessa deponier är att täcka över ytorna med tätande och skyddande massor. I stabilitetsutredningen ingår dessa övertäckningsåtgärder som en del utav beräkningsförutsättningarna. På barkdeponin har det planerats att samdeponera barkmassor från en snötipp belägen vid Indalsälven väster om sågverket och från ett barkupplag invid infartsvägen till barkdeponin. De barkmassor som kan komma att samdeponeras har bedömts vara ungefär 10 500 m³ och stabilitetsberäkningarna för barkdeponin har utförts med hänsyn till denna tillförda mängd.

För mer information om utförda stabilitetsberäkningar och resultaten från dessa se **Bilaga 6**, Teknisk PM Stabilitet.. Utförda geotekniska undersökningar presenteras i **Bilaga 7**, Rapport geoteknik.

8.1 Geotekniska förhållanden

8.1.1 Topografi

Området för barkdeponin har fyllts upp till en relativt plan yta där barkmassorna har deponerats. Den uppfyllda plana ytan övergår till en brant fyllningsslänt (i östlig riktning) mot nedanför liggande naturligt lagrad jord. Slänthöjden är som mest upp emot 8 m.

Området för kisaskadeponin utgår från ungefär samma höjd som barkdeponin men lutar i olika etapper hela vägen ner till naturligt lagrad jord. Den totala slänthöjden är ungefär 20 m och släntens utbredning och lutning är i nordlig riktning. Den genomsnittliga slänthöjden är ungefär 1:3.

Området för industrideponin ligger i anslutning till Indalsälven. Deponin är ca 200 m lång och 60 m bred. Slänterna ner mot Indalsälven ligger i lutning 1:1,5 - 1:2,3. Längst i väster ligger slänthöjden på deponin drygt 20 m från stranden. En mindre sträcka av deponin når dock fram till stranden.

Deponins mäktighet varierar från ca 3 m i den västra delen till ca 7 m i den östra. Överytan är relativt plan och ligger på +280 m (*västra delen*) till +282 m (*östra delen*), höjdsystem RH 00.

8.1.2 Bergläge

Berg har inte påträffats i någon av de sonderingspunkter som utförts 2005 inom området för bark- och kisaskadeponierna. I industri-deponin påträffades dock bergöverytan ca 7 meter under markytan på nivån +277 meter (punkt E0505). Denna punkt ligger dock i ett parti av industrideponin som innehåller en höjdrygg i moränen. I tidigare studier 1997 påträffades berg på en nivå av ca +274 meter i industrideponin (punkt GV2). I kisaskadeponin låg bergöverytan på ca +280 meter vid punkt GV5 och på västra sidan av barkdeponin har berg påträffats på en nivå av ca +285 meter. I den flacka terrängen mellan kisaskadeponin och fram till industrideponin har berg påträffats på +275 meter vid punkt GV4.

8.1.3 Jordlagerföljd

Barkdeponin

I området som kallas för barkdeponin visar de geotekniska undersökning att jordprofilen i de översta 3,5-5,4 m består av fyllning. Fyllningen utgörs huvudsakligen av bark och träspån. Hållfasthetsutvärdering av de CPT-sonderingar som utförts genom fyllningen inom barkdeponin visar att denna kan betraktas som både kohesiv och friktionär.

Under barkfyllningen vidtar naturligt lagrad jord vilken överst består av finkorniga sediment som siltig lera, lerig silt, silt, finsand och sand. Undersökningar utförda vid foten på fyllningsslänten visar att de översta decimeterna av de finkorniga jordlagren är av torrskorpekaraktär. De finkorniga sedimenten bedöms vara av minst halvfast karaktär och har en mäktighet av 1-2,5 m.

De finkorniga sedimenten underlagras av skiffermorän av hög relativ fasthet vilken har påträffats från 2,5 m under markytan vid undersökningar vid fyllningens släntfot.

Kisaskadeponin

Fyllningen inom kisaskadeponin består huvudsakligen av kisaska, bark, träflis och olika jordmaterial. Fyllningens mäktighet bedöms utifrån utförda undersökningar företrädesvis variera mellan 3,5-6 m.

Fyllningen underlagras av ett tunt jordskikt (0,5-0,7 m) som vid undersökningarna okulärt bedömts bestå av huvudsakligen lera..

Industrideponin

Fyllningen inom industritippen består huvudsakligen av kisaska, bark, träflis, spån och tegelblandad fyllnadsjord. Fyllningens mäktighet bedöms utifrån utförda undersökningar variera mellan 0,7 - 5 m. Fyllningen underlagras av morän (främst skiffermorän), vilken är så fast att skruvprovtagaren kör fast. I industrideponin påträffades underlagrande morän överraskande högt i mitten av deponin i punkterna E0504 och E0505. Det är tydligt att deponin inte har en jämn botten. Detta verifieras delvis vid granskning av flygbilderna i **Figur 4 a-e** på sidan **15** där slänter har ojämn bottenkontakt på tillfartsvägen. Hänsyn har tagits till denna troliga avvikande formation i mitten av industrideponin, då volymen av deponimassorna har beräknats.

8.2 Stabilitetsberäkningar

Stabiliteten har undersökts och utvärderats i en omfattning som motsvarar *detaljerad geoteknisk stabilitetsutredning* enligt Skredkommissionens rapport 3:95. Stabilitetsberäkningar har utförts med hjälp av datorprogrammen PostoGRAF under antagande av cirkulär-cylindriska glidytor och/eller plana glidytor. Beräkningar har utförts i 2 st sektioner (A-A och B-B) inom barkdeponin och 1 st sektion (C-C) i kisaskadeponin samt 3 sektioner (D-D till F-F) i industritippen. (Se **Ritningarna G0510 - 16**).

Vid beräkningarna har dels befintliga förhållanden beräknats och sedan har beräkning utförts med planerad omdisponering av massor samt täcksikt (0,5 m tjockt skikt inom barkdeponin, 2,4 m inom kisaskadeponin samt 2 m inom industritippen).

En stor osäkerhetsfaktor vid beräkningarna är att materialegenskaperna för de olika fyllningarna är svåra att bedöma då stora delar av områdena utgörs av relativt mäktig fyllning med mycket varierande innehåll.

8.3 Slutsatser och rekommendationer gällande stabilitet

- Beräkningarna visar att stabilitetskraven mot skred för sektion A-A och B-B inom barkdeponin fortfarande uppfylls när planerad sluttäckning med släntlutning 1:3 är färdigställd, se bilaga 5-6 i **Bilaga 6**.
- Beräkningarna visar att det går att höja överytan på barkdeponin minst 1 meter jämfört med den befintliga, utan att äventyra säkerheten mot skred, se bilaga 9-10 i **Bilaga 6**.
- För att erforderlig säkerhetsfaktor mot skred skall erhållas, erfordras att slänter inom kisaskadeponin anläggs med en lutning som inte är brantare än 1:4. Se bilaga 8 i **Bilaga 6**.
- Beräkningarna visar att stabilitetskraven mot skred på industrideponin uppfylls när den planerade sluttäckningen är färdigställd med lutning 1:3.
- Sluttäckning av deponierna bör utföras med material som har hållfasthetsegenskaper i enlighet med det som använts vid beräkningarna, d.v.s. tunghet 18 kN/m² samt minst 34° friktionsvinkel.
- För att inte äventyra den geotekniska stabiliteten inom industri- och kisaskadeponierna bör fyllningsarbeten och omdisponering av fyllnadsmassor utföras nerifrån och upp.

9 Erosionsrisk för industrideponin vid höga flöden

För att avgöra om industrideponin kan ligga kvar i nuvarande läge utan att riskera att spridas ut i älven via erosion, har särskild utredning gjorts gällande effekter av höga flöden. Utgångspunkten är att bedöma en sträcka längs industrideponin mot Indalsälven, med en längd av ca 300 meter västerut med början ca 50 meter nedströms östra bäcken som mynnar intill industrideponin.

9.1 Höga flöden vid Hissmofors

Från Räddningsverkets utredning gällande nivåer vid klass 1-dammar har angetts en beräknad vattennivå nedströms dammen, i läge för industrideponin, på +280,9 (RH70) vid beräknat 100-årsflöde, 1099 m³/s. Det motsvarar nivån ca +280,3 i RH00, vilket är det höjdsystem som nedan används för redovisade höjder (differens RH70-RH00 =0,57m, uppgift Metria).

Dammägaren Jämtkraft AB har sedan lång tid mätningar på vattenföring och -nivåer vid olika flöden. I juli år 2000 uppmättes vattenståndet +275,46 vid flödet 1110 m³/s, d.v.s. motsvarande det beräknade 100-årsflödet.



Figur 24. Höglöde (1110 m³/s) i Indalsälven i juli 2000 vid Hissmofors kraftverk. Industrideponin ligger strax nedanför i vänstra delen av bilden. Foto: Jämtkraft AB.

Efter redovisning för och diskussion med Räddningsverket har framkommit att de höjddatabaser som nyttjas i verkets beräkningar kan vara behäftade med fel i 5 m-klassen, vilket de är medvetna om. Ingen ny beräkning görs i detta arbete, eftersom Räddningsverket

och SMHI accepterat det faktiskt uppmätta flödet/nivån och kommer att använda dessa vid senare arbeten.

Vid nedanstående bedömningar har vattennivån +275,46 och räddningsverkets framräknade 100-årsflöde på 1099 m³/s använts som grund för bedömning av eventuellt behov av erosionskydd.

9.2 Bedömningar

9.2.1 Dimensionerande vattenhastighet

Från lodningar i Indalsälven utförda av Vattenregleringsföretagen på 1960-talet, i läge för industrideponin, redovisas bl.a. att tvärsnittsarean är ca 300 m² vid vattennivån +273,73. Älvens bredd är där ca 150 meter. Enligt Jämtkraft brukar den lägsta nivån ligga vid +273,73, vilket gör att den nivån används för dimensionering av erosionskydd.

Vattenståndshöjning till nivån +275,46 innebär att tvärsnittsarean ökar med ca 260 m² vid antagande av samma älvbredd. Den faktiska ökningen av älvbredden genom att älvbrinkarna lutar innehålls i denna beräkning som en säkerhetsfaktor.

Vattenflödet 1099 m³/s och tvärsnittsarean 560 m² ger att vattnets medelhastighet blir ca 2 m/s, vilken används nedan för bedömning av erosionskänslighet.

9.2.2 Bedömd erosionskänslighet

Jordarten i området är enligt jordartskartan, SGU Serie Ca nr 45, moränlera och lerig morän. Vid undersökningarna har också stor andel skiffermorän påträffats under fyllningarna, med inslag av silt.

Det finns upprättade samband mellan kornstorlek och erosionskänslighet mm för olika rena jordfraktioner (Hjulström m.fl Handboken Bygg, kap 177, 1972). För blandfraktioner, här t.ex. morän, kan nyttjas kornstorleken d_{75} för detta ändamål. Silt ligger i området 0,002 – 0,6 mm och d_{75} för denna morän bedöms till mellan 0,1 och 10 mm (Jordarternas indelning och benämning, BFR T21:1982).

Sammantaget ger detta att medelströmningshastigheter från ca 0,2 m/s och uppåt riskerar att orsaka erosion i detta material om inte växttäckelse eller annat skydd finns.

Enligt uppgift från Jämtkraft sker mycket liten isbildning i området, ca 2 – 3 m ut från stranden som mest. I dagsläget är det inte känt huruvida det finns erosionsskador längs älvstranden. Innan omfattningen och utformningen av ett slutligt erosionsskydd bestäms, bör därför slänterna ner mot älven okulärbesiktigas vid barmark av geotekniskt kunnig personal. Syns inga erosionsskador eller andra pågående förändringar i slänterna ner mot älven kan behovet av erosionsskydd komma att begränsas till de delar av sträckan som direkt berör övertäckningskonstruktionen på en kvarliggande deponi.

9.3 Utformningen av erosionsskydd

Vid flödes hastigheter upp till 2 m/s bör ytmaterialet vara i en fraktion av 20 – 100 mm för att undvika erosion på nakna ytor. För att inte få för hög vattenhastighet i kontaktzonen grus-jord bör också finare material, 2 – 20 mm, blandas in mot denna.

För att erhålla säkerhet mot vågbildning mm föreslås att jordtytor erosionsskyddas till en nivå av ca +276,2, dvs upp till maximalt 0,8 m ovan nivån för 100-årsflödet. Detta kan gälla även för bäckarnas utflöden väster och öster om industritippen. Schaktning etc. i vegetationsklädda, oskadade ytor bör om möjligt undvikas.

Erosionsskydd får inte läggas brantare än 1:1,5 om möjligt 1:2. Om erosionsskydd erfordras skall detta byggas upp enligt följande: Närmast den naturliga jorden läggs 100 mm grus (2 – 20 mm), därefter 200 mm grus och sten (20 – 100 mm) och ytterst 400 mm sten (200 – 300 mm).

Innan erosionsskyddet läggs ut tas vegetationen bort, om stubbar och dylikt sticker upp måste ett avjämningslager av sand läggas ut först.

Erosionsskydd kan också utföras av t.ex. kokosmattor och växtetablering.

När det gäller rekommenderade släntlutningar mot älven och stabilitet för fyllningar hänvisas till den geotekniska delen, **Kapitel 8**.

10 Riskbedömning

10.1 Syfte och övergripande metodik

Det övergripande syftet med riskbedömningen är, för aktuella skyddsobjekt och exponeringsvägar för den markanvändning som presenteras i de övergripande åtgärdsmålen, att bedöma risker på lång och kort sikt. Vidare syftar riskbedömningen till att klargöra i vilken omfattning riskerna behöver reduceras. För att säkerställa att de övergripande åtgärdsmålen uppfylls tas även ett förslag till mätbara åtgärds mål fram. De mätbara åtgärds målen tas fram i en riskvärdering vilken dels baseras på riskbedömningen och dels på andra aspekter (ekonomiska, tekniska etc.). Åtgärds målen tas således fram efter riskbedömningen och utgörs inte av de platsspecifika riktvärden som tas fram i riskbedömningen. Riskvärderingen och framtagna åtgärds mål presenteras i **Kapitel 14.2.**

Platsspecifika riktvärden utgör alltså en viktig del i underlaget vid framtagande av mätbara åtgärds mål, och i dessa tas hänsyn till relevanta skyddsobjekt, exponeringstider och övergripande åtgärds mål.

Platsspecifika riktvärden räknas för Hissmofors fram för:

- Jord – avseende effekter inom och utanför området
- Sediment i östra diket – avseende effekter inom området
- Grundvatten – avseende effekter utanför området
- Ytvatten i östra diket – avseende effekter utanför området

De platsspecifika riktvärdena är resultatet av teoretiska riskbaserade beräkningar och utgör alltså inte den nivå till vilken området skall saneras. Istället tas mätbara åtgärds mål fram. I detta fall tas mätbara åtgärds mål tas fram för:

- Jord
- Sediment

För att utifrån halter i grundvatten kunna bedöma om risker föreligger har riskbaserade jämförvärden för utvalda, relevanta parametrar tagits fram utifrån de platsspecifika riktvärdena.

Jämförvärden tas fram för:

- Grundvatten
- Ytvatten (Östra diket samt dammarna)

Bedömning av miljö- och hälsorisker har utförts utifrån de vägledningarna och de modeller som Naturvårdsverket har tagit fram. Dessa är dels modellen som använts för att ta fram generella riktvärden för förorenad mark (NV rapport 4638 och 4639) och dels modellen för framtagande av branschspecifika riktvärden för bensinstationer (NV rapport 4889). Modellerna och indata har anpassats för de förutsättningar som gäller inom det aktuella området vid Hissmofors deponiområde. Bland annat har förändringar gjorts vad gäller exponeringsvägar och förhållanden för spridning av föroreningar. Med hjälp av den modifierade modellen har platsspecifika riktvärden tagits fram för metaller, cancerogena PAH'er samt tunga alifater (C16-C35).

10.2 Avgränsning

Beräknade platsspecifika riktvärden är teoretiska värden som avser att ange den halt som kan finnas i jorden utan att oacceptabla effekter på människor och miljö uppkommer. De är baserade på den exponeringssituation som bedömts som sannolik för den aktuella platsen och toxikologiska data för de aktuella ämnena, och gäller inte för andra exponeringssituationer än denna. De beräknade platsspecifika riktvärdena anger inte den nivå som området skall saneras till, dvs de utgör inte mätbara åtgärds mål.

Beräknade platsspecifika riktvärden kan, om ämnets toxicitet är låg och/eller sannolikheten för exponering är liten, bli orimligt höga (till exempel med avseende på vad som kan accepteras som resthalter eller i jämförelse med vad som kan förekomma i jorden/vattnet). Dessa höga värden redovisas ändå, dels för transparensen i beräkningarna (att möjliggöra kontrollberäkningar) och dels för att mycket höga värden återspeglar den låga risken som dessa ämnen utgör. Till exempel skulle vissa ämnen utifrån detta kunna uteslutas ur den fortsatta provtagningen. En icke riskbaserad begränsning av riktvärdena i riskbedömningsskedet kan också leda till att man felaktigt bedömer att uppmätta halter inom området utgör en verklig risk.

Mätbara åtgärds mål föreslås även i rapporten i vilka, utöver risk för människor och miljö, även faktorer såsom till exempel resulterande resthalter, "rimliga" halter och ekonomiska förutsättningar vägs in.

De platsspecifika riktvärdena och de mätbara åtgärds målen gäller endast för den aktuella markanvändningen, och om denna förändras bör en ny riskbedömning göras.

10.3 Föroreningsituation som underlag för riskbedömning

Föroreningarna inom området föreligger främst i form av metaller (arsenik, bly, kadmium, kobolt, koppar, krom, kocksilver, nickel och zink). Organiska föroreningar förekommer som cancerogena PAHer och alifater (C16-C35). Föroreningarna inom området förekommer i jord, grundvatten, ytvatten (östra diket) och sediment (östra diket). Genomförda provtagningar och kemiska analyser visar att de dominerande föroreningarna inom Hissmofors deponiområde är arsenik, bly, koppar och zink. Som underlag för bedömning av vilka föroreningar som förekommer i förhöjda halter har Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenade områden (NV rapport 4638 samt NV rapport 4889) använts som jämförelsematerial.

Föroreningarna finns utspridda inom hela området, men med tydligt förhöjda halter inom kisaskadeponin och i anslutning till denna.

De mest intressanta metallerna i kisaska utifrån miljö och hälsosynpunkt har visat sig vara arsenik (egentligen en halvmetall), bly, kadmium, koppar, och zink. Även nickel och kobolt kan vara ett problem i kisaska. (SGI Varia 550, 2004-06-23 1-0311-0699)

Nedan beskrivs egenskaper hos de förekommande ämnena. Man bör observera att det som beskrivs är ämnenas inneboende egenskaper som rena ämnen eller föreningar. När ämnena förekommer i till exempel mark, är de bundna till jordpartiklarna och mindre tillgängliga och risken minskar således. Den verkliga risken beror på vilken *dos* en människa eller miljön utsätts för.

Arsenik

Arsenik är ett grundämne som förekommer naturligt i varierande halter i berggrunden. I de flesta områden är halterna låga men i områden med sulfidrika bergarter, som vissa skifferar, och andra äldre sedimentbergarter kan halterna vara höga. I dessa områden kan förhöjda halter av oorganisk arsenik finnas i grundvattnet till följd av utlösning från omgivande berggrund och marklager. Arseniken i kisaskan kan föreligga som fria metalljoner, oxider, sulfatsalter eller komplex.

Arsenik är ett välkänt gift som kan ge allvarliga effekter vid både akut och kronisk exponering. Arsenik är cancerframkallande och kan efter många års exponering ge tumörer i hud, lunga, urinblåsa och njure. Kronisk exponering för oorganisk arsenik kan även ge upphov till andra hälsoeffekter som perifera kärlskador (framför allt i fötter och

ben), leverskador och diabetes (IMM, Institutet för Miljömedicin, 2005-05-23, www.imm.ki.se).

Bly

Redan vid mycket låga doser ger bly skador på nervsystemet. De oorganiska blyföreningarna tas upp sämre än de organiska, och har sämre penetration av blod-hjärn barriären. Till skillnad från vuxna har barn ett tämligen stort upptag av oorganiska blyföreningar och en för oorganiskt bly permeabel blod-hjärn barriär. Oorganiskt bly ackumuleras i skelettet och har en biologisk halveringstid på flera år efter långvarig exponering (IMM, Institutet för Miljömedicin, 2005-05-23, www.imm.ki.se).

Kadmium

Ämnet lagras i kroppen i lever och njurar och utsöndras mycket sakta. I kroppen transporteras kadmium av ett protein, som heter metallotionein, till njuren där det upplagras och ger skador. Effekter på skelettet kan också förekomma vid exponering för kadmium (Akademiska sjukhuset, Uppsala, 2006-01-19, www.akademiska.se)

Koppar

Koppar är inte särskilt giftigt för människor och landlevande organismer, utan är istället ett livsviktigt spårämne för dessa. Vid förtäring av större mängder koppar kan magbesvär som kräkningar och diarré uppstå, och vid ännu högre doser kan lever och njurar skadas. Ett flertal kopparföreningar är dock mycket toxiska för de flesta vattenlevande organismer. (IVL, 2000, Upptredande och effekter av koppar i vatten och mark, IVL Rapport/report B1349)

Zink

Zink är liksom koppar ett livsviktigt spårämne, men kan i höga halter ha en giftverkan för såväl vattenlevande organismer som växter. Zink kan vara ett mycket starkt gift i form av vissa organiska salter och komplex. Vidare är zink potentiellt ackumulerbart (kemiska ämnen, 2006-02-10, www.kemi.prevent.se).

Alifater

Alifater består av raka eller förgrenade kolkedjor och förekommer i petroleumprodukter som bensin, diesel och eldningsolja. Människor exponeras huvudsakligen för alifater från förorenade områden genom inandning av ångor då alifater med korta kolkedjor är relativt lättflyktiga. Exponering kan också ske genom intag av förorenad jord eller dricksvatten. De lågmolekylära föreningarna bedöms vara de mest toxiska och kan skada det centrala nervsystemet vid långtidsexponering.

PAH

PAH (Polycykliska aromatiska kolväten) är en grupp cykliska kolväten som är uppbyggda av två eller flera bensenmolekyler och förekommer i t ex petroleumprodukter, tjära och kreosot. Denna typ av föreningar är generellt mycket stabila och exponering för människan i ett förorenat område sker främst genom intag av förorenad jord, hudkontakt eller vid intag av växter som växer på området. Hälsoeffekten av kronisk exponering för PAH kan vara hudirritation, blodförgiftning, njur- eller leverskador och cancer.

Föroreningssituationen och föroreningshalterna beskrivs i detalj i **Kapitel 6.9** med tillhörande **Ritningar M0501 och M0502**.

10.4 Spridningsförutsättningar.**10.4.1 Identifierade föroreningskällor**

Den främsta föroreningskällan inom området är den kisaska som hanterats och transporterats. Kisaskan förekommer i största mängd inom kisaskadeponin men på grund av ovarsam hantering, vindspredning samt medveten omflyttning återfinns kisaska över i stort sett hela området. De övriga föroreningskällorna inom området hör samman med de material som deponerats i främst industrideponin. Spridningen från dessa föroreningskällor pågår.

10.4.2 Spridningsprocesser**10.4.2.1 Mobilitet**

Spridningen av tungmetaller från kisaska sker i första hand med det lakvatten som lämnar kisaskan (SGI, 2004). De processer som styr metallkoncentrationen i vattnet är adsorption och utfällning. Metallernas förekomstformer i askan (fria metalljoner, oxider, sulfatsalter, komplex) är något som till stor del styr deras löslighet.

I jorden är det framförallt lermineraler, oxidtytor och humusämnen som är viktiga för adsorptionen. Dessa har ytor med permanenta eller variabla laddningar till vilka metalljonerna i lösning kan binda. pH-värdet i marken har stor inverkan på adsorptionsförmågan hos jordarten. I allmänhet ökar metallers löslighet betydligt med sjunkande pH. Utfällning innebär att vissa ämnens joner fälls ut som mineral vilket kan ha stor betydelse för ämnets löslighet. Det är främst vid höga koncentrationer som ämnena fälls ut (Nyhlén, 2004).

En betydande faktor för utlakning av ämnen är de reduktions- och oxidationsförhållanden som råder i marken. I en väl luftad jord befinner sig föroreningarna i ett oxiderat tillstånd. När ett oxiderat ämne reduceras tas elektroner upp. Ämnen som reduceras kan bli mer mobila i marken. Detta gäller för bl.a. arsenik (Nyhlén, 2004).

När vatten infiltreras och rör sig genom barkdeponin kommer troligen mer reducerande förhållanden att uppnås eftersom den höga halten organiskt material i barkdeponin förbrukar syre när detta material bryts ner. När vattnet sedan når kisaskadeponin skapar det troligen en reducerande miljö i denna. Detta kan i sin tur påverka utlakningen av arsenik så att denna ökar.

Eventuella restsulfider med tungmetaller som finns kvar i askan är svårösliga, men oxideras vid tillgång på syre (SGI, 2004). Rester av pyrit i askan oxideras också i närvaro av luft och vatten till löst järn (Fe^{2+}) och sulfatjoner. Vid denna reaktion samt följreaktioner sänks pH-värdet i flera av steg. Den ökade surheten ger vanligtvis en mätbart ökad halt av löst järn och tungmetaller. Vittringens försurande effekt bidrar till direkta läckage av främst kadmium och zink (SGI VARIA 550). I de delar av kisaskadeponin där syresättningen är bättre och där oxiderande förhållanden erhålls (troligtvis ytligare delar av deponin) kan bl.a. vittringen och dess surgörande effekt alltså leda till en ökad utlakning av tungmetaller.

10.4.2.2 Vertikal spridning

Vertikal spridning sker främst med infiltrerande vatten. Denna spridning motverkas av fastläggning och nedbrytning av ämnena på dess väg ner genom marken. Endast små delar av området är hårdgjorda eller bebyggda vilket vanligtvis minskar den vertikala spridningen då infiltrationen genom dessa ytor är liten. Höga föroreningshalter i grundvattnet tyder på vertikal spridning med infiltrerande vatten ner till grundvattnet. I flera fall står grundvattnet i fyllningen ovan de naturliga materialen. Ingen verifiering har skett hur djupt föroreningarna har nått ned i naturliga jordlager.

10.4.2.3 Horisontell spridning

Horisontell spridning av föroreningar kan ske med vind eller omflyttning av förorenat material på markytan. Den stora utbredningen av kisaska inom området indikerar att en vinddriven spridning har skett både under och efter det att kisaskan deponerats. Uppgifter finns även som gör gällande att massor schaktats om inom

området. Idag är området täckt av växtlighet vilket reducerar damningen och i viss mån även risken att massor omflyttas genom schaktningar.

10.4.2.4 Nedbrytning

Metallerna inom området kommer inte att brytas ner kemiskt eller biologiskt utan kommer att finnas kvar i marken i höga halter så länge denna inte åtgärdas. Dock minskar halterna i och med att metallerna lakas ut och sprids från området. Denna utlakning leder dock endast till att metallerna hamnar i ett annat medium (vatten, sediment eller organiskt material).

De organiska ämnena kan brytas ned av bakterier och svampar, men i detta fall har PAH-föreningar visat sig ganska motståndskraftiga vilket gör att de kvarligger i marken under lång tid (kan ses i PAH-förorenad jord runt gamla gasverk). Tyngre alifater är vanligtvis mer lättnedbrytbara av ett flertal olika mikroorganismer.

10.4.2.5 Lakteter

Eftersom så många parametrar styr spridningen från ett område, där utlakningen och adsorption är viktiga processer, är det svårt att göra en modellering av spridningen. Ett sätt att undersöka utlakningen av föroreningar från en fast fas (i detta fall jord och fyllnadsmassor) till en vätska är att genomföra ett lakttest. Utifrån lakttesterna kan sedan en teoretiskt platsspecifik fördelningskoefficient (K_d) beräknas. Denna fördelningskoefficient kan användas som en hjälp vid beräkningarna av de platsspecifika riktvärdena och vid bedömningen av hur stor den årliga urlakningen från området är. Beräkningar av K_d -värden utifrån utförda tester redovisas i **Bilaga 8**.

10.5 Känslighet och skyddsvärde

Bedömningen delas upp i en känslighetsbedömning för människa och en skyddsvärdesbedömning för miljön. Känsligheten hos människa bedöms på individnivå d.v.s. oberoende av hur många som exponeras.

Inom industriområdet pågår verksamheter som innebär att människor vistas inom området dagligen under sin arbetstid. Dessa personer utgörs dock huvudsakligen av vuxna arbetsföra människor som normalt har en lägre känslighet än t.ex barn, gamla och sjuka. Den

återkommande exponeringen för anställda inom området leder dock till en relativt hög känslighet.

För strövområdet antas en mycket lägre exponeringsgrad. Inom detta område är det dock troligare att känsliga grupper vistas i en större utsträckning än inom industriområdet. Trots detta antas känsligheten för strövområdet något lägre än för industriområdet.

Känsligheten för de båda områdena kommer med framtida planerad markanvändning vara den samma, eftersom inga åtgärder är planerade vare sig för att öka eller minska tillgängligheten till området. Vid annan framtida markanvändning, t.ex bostäder, skulle känsligheten bli betydligt högre.

Indalsälven har en hög känslighet. Många människor bor, badar och fiskar längs dess stränder.

Inom industriområdet är stora delar bebyggda och hårdgjorda. Ingen nämnvärd växlighet finns idag inom detta område. Markmiljön inom industriområdet bedöms i dagsläget inte vara skyddsvärd.

Huvuddelen av strövområdet är utfyllt vilket sänker skyddsvärdet på markmiljön. Dock eftersträvas att området i framtiden skall vara växtbemängt, vilket det även är i dagsläget. Ingen växt, eller djurinventering har utförts inom strövområdet varför det är okänt om det finns särskilt skyddsvärda arter inom detta. För att strövområdet även i framtiden skall vara bevuxet och kunna ha ett fungerande markecosystem så bör de övre marklagren tillskrivas ett skyddsvärde eftersom det huvudsakligen är i dessa fortsatt växt- och djuretablering kommer att ske.

De ytvatten som finns inom området (dammarna och östra diket) utgörs av lakvatten och anses inte skyddsvärda. Indalsälven är dock skyddsvärd bland annat för att nedre Indalsälven utgör ett riksintresse för naturmiljö, vilket gör även de övre delarna skyddsvärda. Älven är reglerad för el-kraftsproduktion vilket bland annat har påverkat fisket i älven.

10.6 Platsspecifika riktvärden

Beräkningarna av platsspecifika riktvärden för jord och sediment har gjorts i huvudsak utifrån Naturvårdsverkets modell (NV rapport 4639 samt 4889) med justering av exponeringstider och exponeringsvägar. Beräkningsresultaten redovisas i **Bilaga 8**, beräkningsmodellen i **Bilaga 9** och indata i **Bilaga 10**.

Jämförvärden för aktuella ämnen har även tagits fram för yt- och grundvatten. Dessa avses främst att kunna användas för bedömning av om risker föreligger och inte som mätbara åtgärds mål, eftersom det inte bedöms som rimligt att åtgärda grundvatten och ytvatten annat än indirekt genom att åtgärda källorna till förorening av vattnet.

10.6.1 Exponeringsanalys och platsspecifik modell

Den västra delen av huvudstudieområdet utgörs av en industrifastighet som även fortsättningsvis kommer att användas för detta ändamål. Såväl vuxna som barn bedöms kunna vistas inom industriområdet, men barn bedöms vistas där i mindre utsträckning än vuxna. Inom området är inga större delar hårdgjorda. Ca 1/4-del av området är bebyggt.

Deponiområdet skall framöver kunna användas som strövområde, och såväl vuxna som barn skall kunna vistas i eller passera över området utan risk för deras hälsa.

En schematisk modell (**Tabell 6**) över identifierade exponeringsvägar för människa och miljö har tagits fram för Hissmofors deponiområde. I tabellen redovisas också vilka platsspecifika referenshalter som exponeringarna resulterar i. Dessa motsvarar för respektive exponeringsväg det riktvärde som skulle gälla om endast denna enda exponeringsvägen var aktuell. De enskilda platsspecifika referenshalterna finns redovisade i **Bilaga 8**.

Den platsspecifika modellen gäller dels de effekter som kan uppkomma inom den del av området som fortsättningsvis skall användas som industriområde och dels de effekter som kan uppkomma inom den del av området som fortsättningsvis skall användas som strövområde. Modellen hanterar även effekter som kan uppkomma utanför de båda områdena.

Tabell 6. Schematisk modell över exponeringsvägar inom och utom deponiområdet

Inom/utom område	Human/ekotox	Exponeringsvägar	Samband	Platsspecifika referenshalter
Inom industriområdet	Human-tox	Intag av jord	Styrs av halt i jord	C_intag
		Hudkontakt	Styrs av halt i jord	C_hud
		Inandning av ångor i byggnader	Styrs av halt i jord	C_ånga
		Inandning av dammpartiklar	Styrs av halt i jord	C_damm
	Ekotox*	(Påverkan på markekosystemet)	Styrs av halt i jord	C_ekotox*
Inom strövområdet	Human-tox	Intag av jord	Styrs av halt i jord	C_intag
		Hudkontakt	Styrs av halt i jord	C_hud
		Inandning av ångor	Styrs av halt i jord	C_ånga
		Inandning av dammpartiklar	Styrs av halt i jord	C_damm
		Intag av svamp och bär	Styrs av halt i jorden	C_bär
	Ekotox*	(Påverkan på markekosystemet)	Styrs av halt i jord	C_ekotox*
Utanför området	Human-tox	Intag av fisk från Indalsälven	Styrs av halten i vattnet som beror på spridningen från området.	C_jord_fisk C_gv_fisk C_diket_fisk
Utanför området	Ekotox*	Akvatiskt liv		C_jord_akv liv C_gv_akv liv C_diket_akv liv
Inom strövområdet	Human-tox	Hudkontakt med sediment i östra diket	Styrs av halten i sediment	C_sed_hud
		Intag av sediment	Styrs av halten i sediment	C_sed_intag

*Ekotoxvärden beräknas inte, istället används värden från NV rapport 4639 samt 4913

Nedan sammanfattas de viktigaste antagandena som gjorts vid beräkningen av platsspecifika riktvärden för Hissmofors industriområde. En mer detaljerad beskrivning av antaganden och beräkningar återfinns **Bilagorna 9 och 10**.

- Spridningsförutsättningarna vad gäller spridning från jord till grund- och ytvatten (se **Bilaga 9, tabell 5**) baseras på den platsspecifika grundvattenutredning som gjorts. Spädning mellan porvatten och grundvatten har ej tagits med då det ej är avgörande för riktvärdena. Detta ger dessutom ger en ytterligare försiktighet i bedömningen.
- Ångtransporten in i byggnader har beräknats utifrån modell i NV rapport 4889. Vid beräkning av halten flyktiga ämnen i utomhusluft har antagits en spädning som är 100 gånger större än den spädning som sker från marken till inomhusluften. Dock har få flyktiga föroreningar påträffats, och ångtransport bedöms inte utgöra en riskfaktor inom området.
- För intag av fisk har samma beräkningsmodell som i Norge använts (se **Bilaga 9 och 10**).
- Andelen organisk kol i marken har justerats då halten organiskt material antas sjunka med djupet.
- För arsenik, kadmium, kvicksilver, nickel och zink har Kd-värden enligt RVF 02:09 använts. Dessutom har Kd-värden för vissa ämnen justerats utifrån resultat av utförda laktester (se **Bilaga 9**).
- Exponeringstiden för jord har justerats i förhållande till de generella riktvärdena. Bland annat tas hänsyn till barns intag av jord, vilket inte finns med i Naturvårdsverkets modell för mindre känslig markanvändning, MKM.
- Hänsyn har tagits till samverkans effekter vad gäller arsenik och kadmium vilka båda ger effekter på lungorna. Dessutom har hänsyn tagits till samverkans effekter vad gäller bly och kvicksilver vilka båda kan orsaka effekter på centrala nervsystemet. Detta har gjorts på så sätt att hela tolerabla intaget av respektive ämne inte får utnyttjas för riktvärdesberäkningen i enlighet med USEPAs metodik för riskbedömning av förorenade områden.
(<http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragsa/pdf/ch8.pdf>)

I **Bilaga 9** redovisas de föreslagna exponeringstiderna i dagar per år vid beräkning av platsspecifika riktvärden med avseende på hälsorisker för industriområdet respektive strövområdet.

10.6.2 Platsspecifika riktvärden, effekter inom industriområdet

Platsspecifika riktvärden har tagits fram utifrån de exponeringsvägar och förutsättningar som föreligger inom Hissmofors deponiområde som även fortsättningsvis skall fungera som industriområde. I **Tabell 7** nedan redovisas de integrerade hälsoriskbaserade värdena för respektive ämne för exponeringsvägarna hudkontakt, intag av jord, inandning av damm och inandning av ånga. De enskilda värdena för respektive exponeringsväg redovisas i **Bilaga 8**. Värdena är även justerade för eventuellt höga naturliga bakgrundshalter (arsenik), exponering från andra källor (bly, kadmium, kvicksilver och nickel). En justering har även gjorts för samverkans effekter (arsenik och kadmium samt bly och kvicksilver), se vidare i **Bilaga 9**.

Värdena nedan anger halter som ger ett acceptabelt skydd för människor som vistas inom industriområdet mot bakgrund av toxicitetsdata och bedömd exponering. Även ekotoxvärden och generella riktvärden hämtade från NV rapport 4639 redovisas. Dessa är alltså inte platsspecifika.

Tabell 7. Sammanställning över beräknade platsspecifika riktvärden för jord (C_jord) med avseende på hälsoeffekter inom industriområdet.

Djup	Arsenik	Bly	Kadmium	Kobolt	Koppar	Krom (III)	Krom (VI)	Kvicksilver	Nickel	Zink	PAH**	Alifater C16-21
	mg/kg TS											
C_jord: 0-1 m	26	2 100	100	1600	570 000	980000	17	0,25	400	eb	62	46000
C_jord: 1-2 m	85	6 300	680	4300	eb	eb	210	0,30	1 800	eb	140	15000
C_jord: >2 m	170	12600	1400	8600	eb	eb	430	0,55	3 600	eb	280	26000
Ekotox* KM/MKM	20/40	150/ 300	6/12	120/ 250	100/ 200	120/250	-	5/10	100/ 200	350/ 700	20/40	100/ 1000
MKM	40	300	12	250	200	250	20	7	200	700	7	1000

eb = ej begränsande

*Värden hämtade från NV 4639, avser skydd av markmiljön

**Benso(a)pyrenekvivalenter

Riktvärdena för industriområdet blir lägre för arsenik än de generella riktvärdena. Detta beror på att vi räknat med att barn i viss utsträckning kan komma att vistas inom området (se **Bilaga 9**). Även kvicksilver får ett lägre riktvärde än det generella, beroende på att

ra02s 2000-03-30



ångtransportmodellen som används i Naturvårdsverkets rapport 4889 bedöms som mer relevant än den som använts för de generella riktvärdena.

Inom industriområdet har inte markekosystemet bedömts som skyddsvärt, därmed blir inte heller ekotoxvärdena styrande i området.

10.6.3 Platsspecifika riktvärden, effekter inom strövområdet

Platsspecifika riktvärden har tagits fram utifrån de exponeringsvägar och förutsättningar som föreligger inom Hissmofors deponiområde som även fortsättningsvis skall fungera som strövområde. I **Tabell 8** nedan redovisas de integrerade värdena för hudkontakt, intag av jord, inandning av damm samt inandning av ånga för respektive ämne. De enskilda värdena för respektive exponeringsväg redovisas i **Bilaga 9**. Värdena är även justerade för eventuellt höga naturliga bakgrundshalter (arsenik), exponering från andra källor (bly, kadmium, kvicksilver och nickel). En justering har även gjorts för samverkans-effekter (arsenik och kadmium samt bly och kvicksilver), se vidare i **Bilaga 9**.

Tabell 8. Sammanställning över beräknade platsspecifika riktvärden för jord (C_jord) med avseende på hälsoeffekter inom strövområdet.

Djup	Arsenik	Bly	Kadmium	Kobolt	Koppar	Krom (III)	Krom (VI)	Kvick-silver	Nickel	Zink	PAH canc	Alifater C16-21
mg/kg TS												
C_jord: 0-1 m	15	1000	40	560	110000	430000	40	30	120	21000	8	400000
C_jord: 1-2 m	87	6300	740	4300	eb	eb	260	60	1800	eb	140	Eb
C_jord: >2 m	170	13000	1500	8600	eb	eb	520	100	3700	eb	860	Eb
Ekotox KM/MKM*	20/40	150/300	6/12	120/250	100/200	120/250	-	5/10	100/200	350/700	20/40	100/1000
KM	15	80	0,4	30	100	120	5	1	35	350	0,3	100
MKM	40	300	12	250	200	250	20	7	200	700	8/40	1000

eb = ej begränsande

* Värden hämtade från NV 4639 samt 4889

Värdena i ovanstående tabell anger halter som ger ett acceptabelt skydd för människor som vistas inom strövområdet mot bakgrund av toxicitetsdata och bedömd exponering. Även ekotoxvärden och

generella riktvärden hämtade från NV rapport 4639 redovisas. En jämförelse mellan ekotoxvärden och beräknade platsspecifika riktvärden visar att de ekotoxikologiska värdena för bly, kadmium, kobolt, koppar, krom, kvicksilver, zink och alifater är lägre än de platsspecifika hälsobaserade riktvärdena. Enligt bedömningen av markekosystemets skyddsvärde i **Kapitel 10.5** bör detta gälla det övre marklagret inom strövområdet.

10.6.4 Platsspecifika riktvärden för sediment

Förhöjda föroreningshalter har påträffats i östra bäckens sediment och saneringsåtgärder planeras för sedimenten. Eftersom bäcken ligger inom strövområdet riskerar människor (vuxna och barn) att komma i kontakt med sedimenten. De viktigaste exponeringsvägarna är intag av sediment och direktkontakt med sediment. Då exponeringsvägarna samt exponeringstiderna för östra bäcken stämmer överens med den exponering som gäller för Indalsälvens strandnära sediment gäller även framtagna hälsobaserade riktvärden för dessa.

I **Tabell 9** nedan presenteras beräknade hälsobaserade platsspecifika riktvärdena för sedimenten. Beräkningen har utgått från att sedimenten ligger inom strövområde, antalet exponeringsdagar har satts till 30 dagar per år då det bedöms som en sannolik exponeringstid. Det beräknade platsspecifika riktvärdet utgörs av det integrerade värdet för intag av jord och hudkontakt. De enskilda värdena för respektive exponeringsväg redovisas i **Bilaga 8**.

Tabell 9. Platsspecifika hälsoriskbaserade riktvärden för sediment i Östra diket.

Djup	Arsenik	Bly	Kadmium	Kobolt	Koppar	Krom (III)	Krom (VI)	Kvicksilver	Nickel	Zink	PAH canc	Alifater C16-21
	mg/kg TS											
C_sed:	31	2 200	400	1 400	510000	890000	660000	7	360	eb	46	850000
PEL*	17000	91300	3 500	-	197000	90000**	90000**	486	-	315000	782***	-
Tills. bedömn. klass3****	30	400	7	-	100	100**	100**	1,0	50	1000	-	-
KM	15	80	0,4	30	100	120	5	1	35	350	0,3	100

eb=ej begränsat, -=saknas, *Probabel effect level enligt Canadian Environmental Quality Guidelines, 2003, **Gäller krom, ej specificerat om Krom (III) eller Krom (VI) ***Gäller Benso(a)pyren, ****Värden hämtade ur NV rapport 4913, bedömningsgrunder för miljö kvalitet, motsvarande gränsen mellan måttligt höga och höga halter.

10.7 Platsspecifika riktvärden för jord, grundvatten och ytvatten utifrån effekter i Indalsälven

En kontinuerlig spridning av föroreningar sker via grundvattnet till östra bäcken och vidare till Indalsälven respektive direkt till Indalsälven. I **Tabell 10** presenteras platsspecifika riktvärden för jord, grundvatten och ytvatten baserat på miljö och hälsoeffekter. Miljöeffekterna är baserade på skydd av det akvatiska livet i Indalsälven och hälsoeffekterna är förknippade med intag av fisk från Indalsälven. Riktvärdena anger acceptabel halt i respektive medium *endast utifrån skydd av det akvatiska livet och intag av fisk*. De enskilda värdena för respektive exponeringsväg redovisas i **Bilaga 8**. *Observera att riktvärdena inte är avsedda att utgöra åtgärds mål, och inte är justerade med avseende på löslighetsgränser, akuttoxiska halter och dylikt. De utgör alltså inte acceptabla resthalter i respektive medium.*

Tabell 10. Beräknade platsspecifika riktvärden (C) för jord, grundvatten och ytvatten med hänsyn tagen till miljöpåverkan utanför området.

	C_jord mg/kg TS	C_gv mg/l	C_diket mg/l
Arsenik	330	100	30
Bly	39 000	20	7
Kadmium	200	2	0,7
Kobolt	1 200	12	4
Koppar	29 000	60	20
Krom (III)	196 000	100	30
Kvicksilver	980	2	0,7
Nickel	59 000	290	100
Zink	78 000	400	130
PAH	460	0,3	0,1
Alifater	eb	1	0,4

10.8 Risker nu, under åtgärd och i framtiden (diagnos och prognos)

Utförda markundersökningar visar att det inom området påträffas arsenikhalter i akuttoxiska nivåer. Risker för att framförallt barn kan påverkas negativt finns således i dagsläget om dessa vistas inom områden där marken är blottlagd och där risk för intag av förorenad jord föreligger.

På grund av stora utspädningseffekter är riskerna för det akvatiska livet i Indalsälven relativt små i ett kort perspektiv. Dock kommer i ett längre perspektiv stora mängder föroreningar att lakas ut och spridas till älven om inga åtgärder sker.

Under utförandet av efterbehandlingsåtgärderna är riskerna stora för direktexponering och spridning genom damning och ytvattenavrinning. Särskilda skyddsåtgärder måste därför tillämpas under genomförandet. Området bör därför avstängas för enbart yrkesmässig personal. Skyddsåtgärder för miljö och arbetsmiljö styrs av kontrollprogram och anvisningar om anpassad teknik framtagna i handlingar under projekteringskedet.

Utifrån det faktum att akuttoxiska halter påträffas kommer risker vid direktkontakt med massorna även att finnas vid den framtida markanvändningen om inga åtgärder sker. Vid genomförande av åtgärder enligt förslag i denna huvudstudie kommer riskerna med området att vara på lågsrisknivå.

10.9 Behov av riskreduktion

Föroreningsnivån inom delområdena överskrider i hög grad framräknade platsspecifika riktvärden. Arsenik bedöms vara styrande ämne för riskerna. Det finns därför ett behov av att nedbringa halterna till nivåer kring eller under de framräknade riktvärdena för att undvika hälsorisker i området. Framförallt är det direktexponeringen som behöver förhindras, det vill säga halterna i de massor som människor har möjlighet att komma i kontakt med måste bli lägre (till exempel genom behandling av eller utskiftning av förorenade massor) eller så måste kontaktmöjligheten med föroreningarna förhindras (t.ex. instängsling eller övertäckning).

10.10 Diskussion

Riskbedömningen har visat att riskerna inom området framförallt är förknippade med arsenikförekomsten. De beräknade riktvärdena i ytskiktet blir relativt låga, och i nivå med bakgrunds nivåerna. Anledningen till detta är att intag av jord och intag av bär och svamp blir styrande för riktvärdet och att även barn bedöms vistas inom områdena. I de generella riktvärdena för mindre känslig markanvändning är barn inte medtagna som skyddsobjekt för exponeringsvägen intag av jord, vilket är en svaghet i denna modell. I detta fall bedöms det som sannolikt att barn till viss del kommer att vistas inom såväl industriområdet som strövområdet.

En ytterligare faktor att ta hänsyn till är att kisaskan, och därmed arseniken, är vanligt förekommande även utanför de områden som huvudstudien omfattar. Människor kan således utsättas för föroreningarna även när man inte vistas inom industriområdet eller inom strövområdet. Detta föranleder en försiktighet i bedömningen av de exponeringstider som är möjliga inom området.

Vidare skall man komma ihåg att de toxicitetsdata som arsenikriktvärdet baseras på, är baserat på vad som bedöms som lågrisknivåer. Den nivå som satts som lågrisknivå är ett extra cancerfall på 100 000 exponerade. Om riktvärdet skulle fördubblas betyder det att risknivån skulle vara 2 extra cancerfall på 100 000 exponerade. Detta är fortfarande en lågrisknivå. Det bör också noteras att detta baseras på statistik och *inte* betyder att 2 personer *kommer* att drabbas av cancer om dessa riktvärden antas. Cancerrisken kan enligt denna modell inte bli noll, utan endast mycket liten. Även naturliga bakgrundshalter leder enligt modellen till en viss, om än låg, cancerrisk.

Utifrån riskbedömningen och det faktum att människor kan utsättas för kisaskan och arseniken även utanför området, rekommenderas att framförallt de ytliga jordlagren åtgärdas så att de uppfyller de föreslagna åtgärds målen (se **Kapitel 14.1**). I vilken mån detta är möjligt ekonomiskt och tekniskt diskuteras i åtgärdsutredningen och riskvärderingen. Om högre resthalter accepteras bör man komma ihåg att även en fördubbling av riktvärdena för arsenik resulterar i en lågrisknivå.

Eftersom akuttoxhalter påträffas i området som är tillgängligt för barn bedöms att åtgärdsbehovet är akut.

11 Åtgärdsutredning med kostnadsberäkning

Som framgår av resultaten från de undersökningar som utförts inom deponiområdet, är marken till stor del kraftigt förorenad med metaller. Övriga undersökta ämnen föreligger inte i sådana halter att de är dimensionerande för hälso- eller miljöriskerna med området. Spridning av metaller inom och från området sker diffust genom vindinducerad partikelspridning, omflyttning av massor och inkommande förorenade snöröjningsmassor från sågverksområdet samt med arbetsmaskiner och lastfordon. Till Indalsälven avrinner förorenat yt- och grundvatten.

Utifrån ovan redovisade riskbedömning i **Kapitel 10**, och med reviderade övergripande åtgärdsåtgärder i **Kapitel 14.1**, konstateras att efterbehandling av deponiområdet är behövligt. Även om markanvändningen och skyddsobjekten är desamma över hela området, kan riskerna inom delområdena vara olika beroende på deponiernas innehåll, läge och karaktär. Detta medför att flera alternativa efterbehandlingsåtgärder kan bli aktuella. Därför beskrivs först översiktligt olika typer av åtgärdsalternativ, för att i en första sällning konstatera vad som är relevanta metoder för Hissmofors deponiområde. För varje deponiområde görs därefter en granskning av vad relevanta åtgärdsalternativ bör medföra för typ av åtgärdskrav och vilka kostnader detta medför.

De i detta kapitel framtagna åtgärdsalternativen bedöms ytterligare i en riskvärdering i **Kapitel 14.2**. Där vägs samhällets övriga intressen in och kostnadsnyttan av alternativa förslag värderas. Föreslagna åtgärdsåtgärder revideras utifrån resultatet av riskvärderingen för senare fastställande under förberedelsefasen (projekteringen). Acceptabel resthalt ingår där som en avgörande styrfaktor för omfattningen av efterbehandlingsåtgärden och kvalitetssäkringen vid utförandet.

11.1 Övergripande möjligheter för efterbehandling

De övergripande typerna av **efterbehandlingsåtgärder** som kan övervägas för Hissmofors deponiområde är följande:

- **Urschaktning** och omhändertagande genom
 - *bortforsling* till deponering eller behandling på annan plats
 - *omdisponering* av förorenade massor inom området kombinerat med täckning
 - *behandling* inom området
- **Behandling** genom
 - *Jordtvätt* och återförsel av tvättade massor
 - *stabilisering/solidifiering* på plats
- **Övertäckning** (barriär) med
 - *fullgott tätskikt*
 - *separerande täckskikt*

Eftersom Hissmofors deponiområde innehåller olika deponityper och är stort till ytan kan det komma att användas kombinationer av ovanstående lösningar. Något om metodernas olika fördelar och kostnadseffektivitet beskrivs nedan. Förslag till applikation av de olika alternativen för respektive delområde beskrivs därefter mer detaljerat i **Kapitel 11.2**. Nedanstående beskrivningar utgår endast från ett behov av riskreduktion för metallförorenade massor eftersom det i riskbedömningen framgår att metaller är riskmässigt dimensionerande ämnen inom området. Inga andra ämnen förekommer i halter över de platsspecifika riktvärdena.

11.1.1 Urschaktning av förorenade massor

Genom att schakta bort de förorenade massorna från området kan exponerings- och spridningsriskerna elimineras eller kraftigt minskas. För Hissmofors deponiområde kan tillämpning av denna åtgärdsmetod i full skala kraftigt minska föroreningspotentialen samt metallförlusterna som nu sker från området via yt- och grundvatten. Urschaktning och bortforsling i full skala för deponering eller behandling på annan plats är dock kostsamt, varför omfattningen av urschaktning alltid måste ställas i relation till behovet av riskreduktion.

Allra effektivast är urschaktningsalternativet då ett ytligt förorenat skikt förekommer med stor risk kopplad till direktexponering (direktintag, hudkontakt, inandning av damm) eller då spridning av dessa ytliga föroreningar till andra delar av området riskerar att kontaminera/återkontaminera dessa. Kostnaden per kvadratmeter för efterbehandlingsåtgärden blir då förhållandevis låg. I de fall där ett stort område är ytligt förorenat kan mängden massor bli så pass liten att kostnaden är optimal för bortforsling och deponering/behandling på annan plats.

I de fall där det förekommer både ytliga och djupare liggande markföroreningar, kombineras ofta ytlig urschaktning med omdisponering på plats där så kan ske för att nå en kostnadseffektiv lösning. Detta gäller också för områden med lämpliga förutsättningar för behandling med jordtvätt eller stabilisering/solidifiering.

Vid genomförande av efterbehandlingsåtgärd med urschaktning är sortering av de förorenade massorna nödvändig för att nedbringa volymerna och kostnaderna för omdisponering, behandling eller deponering, vare sig det sker på plats eller vid annan anläggning. När det gäller kisaskaförorenade blandmassor med tegel, betong eller sten bör sortering kunna ske med god kostnadsnytta. Den stora inblandningen av organiskt material från bark och spån i de kisaskaförorenade massorna medför dock en komplikation vid deponering. Utifrån deponeringsförordningens förbud mot deponering av brännbart/organiskt avfall, så kommer i sådana fall massorna troligen att behöva behandlas genom förbränning.

Möjligheten till deponering av urschaktade förorenade massor i ny deponi i Hissmofors eller på annan godkänd och prövad anläggning styrs av massornas klassificering enligt mottagningskriterierna som följer av deponeringsförordningen (SFS 2001:512). Detta är den svenska implementeringen av EG-rådets beslut om kriterier och förfaranden för avfallsmottagning vid deponier. Lakningsegen-skaperna avgör vilken typ av deponi som massorna får deponeras på. Om deponering av förorenade massor avses ske i en nyanlagd separat deponi i Hissmofors medför detta att kraven utifrån deponeringsförordningen och tillhörande föreskrifter måste uppfyllas. Detta innebär att flera avancerade försiktighetsåtgärder behöver utföras och att övervakning av deponin krävs över en lång period.

Att omdisponera förorenade massor inom redan befintlig deponi som avslutningsåtgärd bedöms dock inte medföra krav på tillstånds-prövning, vilket underlättar genomförandet av efterbehandlingen vid

Hissmofors deponiområde. Därför ses alternativet urschaktning med omdisponering inom området kombinerat med övertäckning och eventuell behandling på plats som ett fördelaktigt alternativ för Hissmofors deponiområde.

11.1.2 Behandling av förorenade massor

Vid Hissmofors deponiområde förekommer stor mängd bark och spån i de förorenade jordmassorna. Hopblandningen av kisaska och bark/spån har skett under en längre tid och gäller i stort sett hela området. Även tegel och betong förekommer tillsammans med kisaska. Barkdeponin har dock ett mindre inslag av kisaska, förutom i norra gränsen mot kisaskadeponin, där inmixning av kisaska i barkdeponin skedde vid de avslutningsåtgärder som startade år 1995.

Behandling av massor blandade med stor andel organiskt material kan ge problem. Vid genomförande av så gott som alla typer av behandlingsåtgärder är sortering av de förorenade massorna nödvändig för att nedbringa volymerna och för att få behandlingsbara massor. Kostnaderna för behandling eller deponering är också beroende av detta. I de fall lösliga föroreningar förekommer tillsammans med bark och spån kan sorteringen vara svår att genomföra på grund av absorption av ämnena i materialen.

Kisaska blandad med bark eller spån kan sorteras rent tekniskt, frågan är dock med vilken effektivitet som sorteringen kan ge. I de fall där spån och bark förekommer med stor andel små partiklar kommer effektiviteten av sorteringen att riskera att bli oacceptabelt låg. Denna faktor måste detaljstuderas innan behandlingsmetoder kan övervägas för de förorenade massorna från Hissmofors deponiområde.

De behandlingsmetoder som förekommer på marknaden är:

1. jordtvätt
2. stabilisering
3. solidifiering
4. förbränning
5. termisk avdrivning
6. kemisk extraktion
7. elektroremediering

De förorenade massorna vid Hissmofors deponiområde kan inte behandlas enligt metoderna 4 (förbränning) och 5 (termisk avdrivning) beroende på innehållet av oförstörbara grundämnen. I fallet metod 6 (kemisk extraktion) kan konstateras att tillämpningen av metoden inte är realistisk eftersom extraktionen, förutom metallerna i kisaskan, kommer att omfatta alldeles för stor del av metaller bundna i den förorenade jorden i sig självt.

Både förbränning och kompostering av bark- och spånblandade massor kan vara möjliga metoder att använda för att få ned volymerna på de förorenade massorna. För att förbränning skall kunna accepteras måste dock aktuell anläggning ha tillstånd för mottagning av förorenade massor. Kostnaden för sådan behandling blir därmed hög.

Behandling av förorenade massor kan ske antingen på plats i marken (insitu), behandling efter urschaktning av massor på platsen (on-site) eller på annan plats (ex-site).

In-situ behandling

Denna behandlingsform utgår från att föroreningarna skall kunna brytas ned i befintlig mark till en stabil icke-toxisk förening eller förflyttas i marken så att koncentrerade delar av det behandlade området kan schaktas ur. Eftersom föroreningarna inom Hissmofors deponiområde består av grundämnen i oxidform har insitu-behandling inte medräknats som möjlig behandlingsmetod. Detta inkluderar metod 7 (elektroremediering) där joner av metaller fås att koncentreras genom en pålagd elektrisk spänning över ett område.

Behandling On-site / Ex-site

Kvarstår då behandlingsmetoderna 1 (jordtvätt) och 2 (stabilisering) eller 3 (solidifiering) som alla är metoder som sker på efterbehandlingsområdet eller på extern behandlingsanläggning.

Jordtvätt innebär att fyllnadsmassor schaktas upp med efterföljande sällning och tvättning för att separera ut små partiklar. Det är för flera föroreningar med hög partikelaffinitet en effektiv behandlingsmetod (t.ex. metaller, dioxiner, PCB). Jordtvätt kan också nyttjas för massor som uppvisar densitetskillnad på ingående material, tex. spån/bark och kisaska. Det icke förorenade utsorterade och tvättade materialet kan sedan återföras till det behandlade området eller deponeras på vanlig deponi, medan den förorenade tvättresten oftast behöver

deponeras på en klass 1 deponi. Metoden är inte lika tillämplig på jord med hög andel finpartiklar eller på jordmassor som är förorenade med olja eller PAH (även om detta ibland hävdas av vissa utförare).

För Hissmofors deponiområde har jordtvätt inte bedömts vara kostnadsoptimalt. Det beror på att de förorenande metallerna ingår som minerogena partiklar i massorna och inte är adsorberade på partikelytor som skulle kunna "tvättas" rena. Mängden återfört material riskerar också bli för liten genom förekomst av silt och lera i fyllnadsmaterialet i området. Förekomsten av bark och spånrester i massorna kan medföra att stor mängd organiskt material med hög vattenkvot hamnar i tvättresten. Tvättresten behöver då behandlas genom torkning och förbränning innan deponering. Jordtvätt kan av dessa skäl inte rekommenderas som efterbehandlingsmetod vid Hissmofors deponiområde.

Stabilisering och solidifiering innebär att de förorenade massorna behandlas så att föroreningarnas toxiska egenskaper eller spridningsmöjligheter inhiberas med kemiska metoder eller genom ingjutning. Läckaget av föroreningarna upphör därmed och riskerna för miljön och människors hälsa elimineras.

En av metoderna för stabilisering är MBS-metoden som binder tungmetaller permanent som sulfider. Eftersom metallsulfider har mycket låg löslighet i vatten leder detta till att utlakningen blir minimal. Det behandlade materialet förblir stabilt under mycket lång tid. En nackdel med metoden är att arbetsmomenten omfattar hela massmängden i deponin. Först måste massorna schaktas ur och befrias från merparten av det organiska materialet för att behandlingseffektiviteten och kostnaderna ska kunna hållas nere. Därefter behandlas massorna i särskild anläggning och läggs slutligen tillbaka under ett täcksikt.

Eftersom solidifiering medför att stora mängder hårda cementinblandade massor behöver deponeras i området, bedöms detta alternativ inte infria det övergripande målet att området fortsättningsvis kan användas för rekreatiönsändamål. Solidifiering kan av dessa skäl inte heller rekommenderas som efterbehandlingsmetod vid Hissmofors deponiområde.

Massorna från Hissmofors deponiområde innehåller stor andel organiskt material som måste utsorteras ur massorna som avses att behandlas genom stabilisering. Eftersom utsikterna inte ser bra ut för genomförande av acceptabel sortering av massorna, bedöms

stabilisering vara en tveksam metod för efterbehandling av Hissmofors deponiområde. I alla fall bör verifiering ske av metodens tillämplighet innan något slutligt beslut tas om dess användning i området.

11.1.3 Övertäckning/isolering av förorenade massor (barriärer)

Om acceptans föreligger att föroreningarna kan kvarligga inom området kan alternativet övertäckning/isolering nyttjas. Metoden minskar eller eliminerar spridningen och exponeringen av föroreningarna genom anläggande av skyddsbarriärer. Exponeringen elimineras genom horisontell skyddsbarriär som kan kombineras med tätande barriär för att minska infiltrationen och därmed grundvattentransport av lakbara föroreningar.

Vertikala barriärer kan anläggas i de delar av området där spridningen av föroreningarna skall reduceras. De vertikala barriärerna kan även vara reaktiva för att reducera föroreningar genom kemisk reaktion eller adsorption i ett filtermedia.

På Hissmofors deponiområde finns ett stort behov av infiltrationsbegränsande åtgärder för att minska utläckaget metallhaltigt lakvatten till Indalsälven (se övergripande åtgärdsplan **Kapitel 14.1** på **sidan 118**). De huvudsakliga åtgärderna för att begränsa lakvattenbildning utgörs av avskärande diken (för att förhindra att grundvatten strömmar in i deponidelarna) och täckning (för att begränsa infiltrationen på deponidelarna).

Då kisaskadeponin och barkdeponin ligger högt i det lokala avrinningsområdet bedöms avskärande diken ha en marginell effekt på lakvattenbildningen för dessa områden. Detta gör att täckning av dessa deponidelar troligen är den effektivaste åtgärden för att begränsa lakvattenbildningen. I samband med täckning av deponidelarna bör täckningens överyta utföras så att ytavrinningen underlättas genom lämpliga lutningar och dikesanvisningar.

Anläggande av avskärande dike söder om industrideponin kan troligen ha en bra lakvattenreducerande effekt, men även för denna deponi bedöms täckning vara den effektivaste åtgärden. Täckningsåtgärderna på kisaska- och barkdeponierna beräknas minska lakvattenbildningen så pass mycket att lakvattenmängden som samlas upp i ett avskärande dike nedanför deponierna inte leder till att lakvattenbehandling (aktiv eller passiv) blir nödvändig.

Nedan beskrivs förslag till täck- och tätskikt för de olika deponierna. Förslagen är baserade på typlösningar i Naturvårdsverkets handbok "Sluttäckning av avfallsupplag" rapport nr 4474.

För att klara ytavrinningen och minska infiltrationen läggs "plana" ytor i lutning minst 1:20, övriga slänter läggs i 1:3 och 1:4 enligt nedanstående avsnitt om respektive deponi. I samtliga förslag ingår ett skyddsskikt med 1 meters mäktighet. Detta förutsätter att täcksikten förblir snötäckta under vintern, dvs att de ej röjs från snö. Om körytor planeras på någon del av övertäckningen måste skyddsskiktet ökas till 2 meter för att undvika tjälnedträngning i konstruktionen.

På kisaskadeponin och den norra delen av barkdeponin utformas täcksiktet enligt följande, utifrån och in:

- 0,1 meter vegetationsjord för växtetablering. Ytan besås med snabbväxande gräsfröblandning för att snabbt få en yta som klarar påverkan av nederbörd. Utförandet bör ske på våren för att få en beständig yta före vintern. Av kostnadsskäl kan detta skikt utgå om massorna har lämplig kvalitet i överytan för växtetablering genom sprutsådd.
- 1 meter skyddslager av moränliknande blandad fyllning. Denna kan utgöras av rensade och rena massor som återförs från området. Skyddslagret skall vara av grovt material, för stor andel finpartiklar medför att nederbörden inte dränerar bort tillräckligt snabbt.
- 0,3 meter dräneringslager av sandigt grus.
- 0,5 meter tätskikt av lermorän eller motsvarande tät jord. Lermoränen läggs ut och packas i minst 2 lager. Som alternativ till lerjord kan bentonitmatta/geomembran användas.
- Om bentonitmatta/geomembran väljs som tätskikt erfordras därunder ett avjämningslager, som skydd mot uppstickande föremål och sättningsskador.

Detta täcksikt torde ge en perkolation på <math><50 \text{ l/m}^2</math> och år.

För industrideponin utformas täcksiktet enligt följande, utifrån och in:

- 0,1 meter vegetationsjord för växtetablering. Ytan besås med snabbväxande gräsfröblandning för att snabbt få en yta som

klarar påverkan av nederbörd. Utförandet bör ske på våren för att få en beständig yta före vintern. Av kostnadsskäl kan detta skikt utgå om massorna har lämplig kvalitet i överytan för växtetablering genom sprutsådd.

- 1 meter skyddslager av moränliknande blandad fyllning. Denna kan utgöras av rensade och rena massor som återförs från området. Skyddslagret skall vara av grovt material, för stor andel finpartiklar medför att nederbörden inte dränerar bort tillräckligt snabbt.
- 0,5 meter tätskikt av lermorän eller motsvarande tät jord. Lermoränen läggs ut i minst 2 lager, som packas. Som alternativ till lerjord kan bentonitmatta/geomembran användas.
- Om bentonitmatta/geomembran väljs som tätskikt erfordras därunder ett avjämningslager, som skydd mot uppstickande föremål och sättningskador.

Detta tätskikt torde resultera i en perkolation på 50-70 l/m² och år. Deponins föreslagna utformning som en "limpa" innebär en god ytavrinning, vilket gör att dräneringslagret kan uteslutas.

På barkdeponins övriga delar eller stabiliserade delar av kisaskadeponin utformas tätskiktet enligt följande:

- 0,1 meter vegetationsjord för växtetablering. Ytan besås med snabbväxande gräsfröblandning för att snabbt få en yta som klarar påverkan av nederbörd. Utförandet bör ske på våren för att få en beständig yta före vintern. Av kostnadsskäl kan detta skikt utgå om massorna har lämplig kvalitet i överytan för växtetablering genom sprutsådd
- 1 meter skyddslager av moränliknande blandad fyllning. *Här ställs dock inga särskilda krav på materialet utan det kan utgöras av ospecificerad morän, schaktmassor, torv, sprängsten etc.* De två understa skikten packas vid utläggning för att uppnå en större täthet i dessa. På detta sätt dränerar en del av den nederbörd, som inte rinner av på ytan, bort genom de övre skikten innan det når deponin.

Detta tätskikt torde resultera i en perkolation på ca 150 l/m² och år.

11.2 Åtgärdsalternativ för deponiområdet

Här följer en mer detaljerad beskrivning av åtgärdsalternativen för varje deponi samt kostnadsuppskattningar för dessa. Volym- och kostnadsberäkningarna baseras på det underlag som är resultatet av kompletterande undersökningar 2005. Inför detaljprojektering och framtagande av bygghandling bör volymer och kostnader beräknas utifrån ett kompletterat underlag. Behovet av kompletteringar anges under varje delområde eller åtgärdsalternativ samt finns sammanställt under **kapitel 18**.

Beräknade gemensamma kostnader för de olika alternativen har inlagts i tabell **Tabell 21** på **sidan 116**. De gemensamma kostnaderna omfattar anläggande av en etablerings- och mellanlagringsyta som beräknas behöva vara 5.000 m² stor. Likaså ingår kostnader för etablering/avetablering av bodar, vattenreningsanläggning för schaktvatten samt renslussar. I de gemensamma kostnaderna ingår också röjning och instängsling av åtgärdsområdet samt avfallshanteringen som uppstår under genomförandet av entreprenaden.

11.2.1 Barkdeponin, åtgärdsbehov och alternativ

Större delen av barkdeponin är utan risk för hälsa eller miljö eftersom metallhalterna i marken underskrider de platsspecifika riktvärdena (PSRV). Merparten av barkdeponin kräver ur den synvinkeln därför ingen efterbehandling. Inget behov av riskreduktion föreligger som kan motivera urschaktning av hela barkdeponin.

Av flygbilden i **Figur 8 a** på **sidan 20** kan dock ses att vindspridd kisaska underlagrar delar av norra barkdeponin. I nordöstra släntfoten detekteras detta i punkten GV6 med halter strax över PSRV för arsenik. I gränzonen mellan barkdeponin och kisaskadeponin noteras i fält att kisaska förekommer i marken (B0501, A0507 och J4), troligen orsakad av inmixning från intilliggande kisaskadeponin vid schaktarbetena år 1996. Den okulärt detekterade kisaskan bedöms kunna medföra att PSRV riskerar att överskridas och därför motivera riskreducerande åtgärd i denna del av barkdeponin.

Det är även så att infiltrationen i norra delen av barkdeponin tycks vara orsaken till problem med kraftigt metalläckage via grundvattnet ut till sediment i dammarna norr om barkdeponin och östra bäcken samt ut till Indalsälven. Detta har verifierats genom laktest på jordprover från området. Behovet av riskreduktion för marken i norra

delarna av barkdeponin sammanfaller på så vis med behovet av riskreduktion för sedimenten i dammarna och östra bäcken samt för att infria det övergripande målet att förorenings-spridningen från området skall upphöra.

Eftersom urschaktning av barkdeponin inte är motiverad och att behovet av riskreduktion har sin grund i infiltrationsproblematiken på området, bedöms återstående alternativa åtgärds-lösningar vara övertäckning eller stabilisering. Båda alternativen medför behov av anpassad åtgärds-lösning med omdisponering av massorna.

Utöver efterbehandlingsåtgärder på själva barkdeponin, har det även framställts behov av att samordna omhändertagandet av bark som nu ligger utanför deponiområdet. Det gäller dels massor från en barkinblandad snötipp väster om Hissmofors industriområde (ca 5.000 m³) och dels barkmassor som ligger på planen mellan virkesmagasinen och vägen upp mot barkdeponin (även de ca 5.000 m³). Dessa massmängder har ingått i en anpassad åtgärds-lösning för barkdeponin i denna huvudstudie. Det noteras att omhändertagande av massor som ligger utanför deponiområdet kan medföra krav på tillståndsprovning.

Vid avgränsning av det tänkbara åtgärdsområdet konstateras att det i omedelbar närhet till den egentliga barkdeponin har påträffats metallhalter över PSRV i marken. Det gäller i punkten GV6 och J3 i släntfoten mot nordost, i punkt GV7 på vägen upp mot infarten till deponin samt ca 50 meter sydväst om infarten till deponin i punkten A0508.

Den förstnämnda punkten (GV6) synes lätt kunna ingå i ett avgränsat åtgärdsområde för barkdeponin genom den omdisponering av massorna som måste ske för att minska infiltrationen och för nödvändig anpassning av släntlutningar för att undvika skred. Den andra punkten (J3) bedöms lämpligen kunna ingå i ett åtgärdsområde för yttlig vinddriven kisaska inom kraftledningsgatan och samordnas med åtgärder inom kisaskadeponin (se **Kapitel 11.2.3** nedan).

Punkten A0508 representerar på ett mer osäkert sätt avgränsningen mot barkdeponin. Genom den noterade förekomsten av rivningsrester i punkten, och efter granskning av flygbilder över området, bedöms att massorna i området troligen bör avgränsas för sig och inte ingå i barkdeponins åtgärdsområde. Punkten ligger utanför det egentliga huvudstudieområdet, vilka även de barkmassor gör som avses omhändertas i samordning med åtgärder på barkdeponin. Inga åtgärdsförslag för detta område redovisas därför i nuvarande

huvudstudie, men det konstateras att området har stor betydelse för bedömning av riskerna för återkontaminering efter genomförande av åtgärder på barkdeponin. Det kan dock redan här påpekas att verifierande studier av området bör ske innan åtgärder genomförs på barkdeponin.

Punkten GV7 ligger utmed vägen till infarten på barkdeponin. Stabiliserings- eller övertäckningsåtgärder för att begränsa infiltrationen ner mot kisaskadeponin bedöms omfatta även dessa delar av området. Detsamma gäller ett parti i nordvästra delen av deponin som var avverkat år 1979, ner mot uppfartsvägen för barkdeponin intill ett litet sidotag (se **Figur 8 c** på **sidan 20**). Området har växt igen sedan dess. Även om området kan antas vara utan föroreningar, har det betydelse för infiltrationen och lakningsmekanismerna i intilliggande kisaskadeponin och bedöms därför behöva ingå i åtgärdsområdet för barkdeponin.

11.2.1.1 Övertäckning av barkdeponin

Vid genomförande av åtgärd genom övertäckning (horisontell barriär) av barkdeponin har följande funktionskrav identifierats.

- 1) Infiltrationsbegränsande åtgärder i norra delarna av barkdeponin bör nå ned till <math><50\text{ liter/m}^2</math> och år där infiltrerande vatten kan nå kisaskadeponin.
- 2) Infiltrationsbegränsande åtgärder på övriga delar av barkdeponin bör om möjligt nå ned till ca 150 liter/m² och år.
- 3) Övertäckningsåtgärderna bör ge en riskreduktion motsvarande PSRV, vilket innebär att arsenikhalterna i jord bör vara under eller kring 15 mg As/kg TS inom 0-1 meter, 85 mg As/kg TS inom 1-2 meter och 175 mg As/kg TS under 2 meter samt att alifater och PAH underskrider framtagna PSRV.
- 4) Så stor del som möjligt av ytavrinningen från barkdeponin bör styras mot söder eller öster.
- 5) Slänterna på övertäckningen kan anläggas med en lutning på 1:3, utom i den norra delen av deponin mot kisaskadeponin där släntlutningen inte bör överskrida 1:4.
- 6) Avrinning av ytvatten från övertäckningen bör avledas i bottentätade diken för att därigenom undvika infiltration i området.

Genom att funktionskravet på övertäckningens täthet i norra delen av deponin satts till <math><50\text{ liter/m}^2</math> och år i detta alternativ, blir mäktigheten på övertäckningen med naturliga jordmassor ca 2 meter (se **Kapitel 11.1.3**). Om alternativ väljs med tätande bentonimatta/geomembran istället för naturligt täta jordmassor, kan övertäckningen på norra delarna minskas till ca 1,5 -1,6 meter. Tätskiktet för att eliminera exponeringsrisk samt i konstruktionen ingående dräneringslager är dimensionerande delar för övertäckningens mäktighet. Detta styr också behovet av omdisponering av massor i norra delen av barkdeponin och att vissa massor kan behöva överföras till kisaskadeponin. Anpassning genom omdisponering av massor i nuvarande överyta måste även ske för att inte äventyra stabiliteten på färdig deponi.

Om nedbrytningsförloppet i barkdeponin sker likformigt över ytan, kan naturligt tätande jordmassor uppta de eventuella sättningar som kan uppstå. Där sättningar riskerar att uppstå med ojämn fördelning i deponin som resultat, är tätskikt med bentonitmatta/geomembran att föredra då dessa kan täta över sprickor i massorna.

Bentonitmatta/geomembran har dock en övre gräns där sträckhållfastheten inte längre räcker till, vilket resulterar i haveri av tätskiktet. Till viss del kan detta motverkas genom förstärkning med armerande geonät. För geomembran fordras även ett kompletterande tätningskikt. En sådan lösning kan dock bli dyr per kvadratmeter. Det är också tekniskt komplicerat att genomföra utläggningen av bentonitmatta/geomembran vid de lutningar som blir aktuella på deponierna. Alternativen för tätskiktets konstruktion bör därför vägas mot varandra i en riskvärdering, där kostnadsnyttan kontra möjligheten att säkra hållbarheten på åtgärden får styra valet.

För övriga delar av barkdeponin, varifrån infiltrerande vatten inte direkt beräknas nå slänten på kisaskadeponin, bör åtgärder utföras för att avleda ytavrinningen mot söder och öster samt i tätade diken på västra sidan av deponin. Eftersom det i några punkter påträffats rester av kisaska, bedöms ett tätskikt av 1 meter som behövt för att uppfylla de platsspecifika riktvärdena (PSRV) för jord (se **Tabell 7**). Vid övertäckning med 1 meter ren jord bedöms eventuell förekomst av starkt förorenande kisaska att hamna så djupt att PSRV uppfylls för nivån 1-2 meter. Åtgärder för att uppfylla PSRV sammanfaller då med möjligheten att nå en täthet kring ca 150 liter/m² och år samt ökar hållfastheten i tätskiktet vid sättningar i det organiska materialet i deponin (se **Kapitel 11.1.3**).

Kostnaden för alternativet övertäckning har beräknats utifrån två tätningsalternativ, en med naturligt täta jordmassor och en med bentonitmatta/geomembran. Beroende på hur stort behovet blir av omdisponering av massor i norra deponiområdet vid anläggande av ett mäktigare täcksikt, kan alternativet med användande av bentonitmatta/geomembran bli konkurrenskraftigt. I nedanstående kostnads kalkyl har ytan för bentonittätning satts till 10 meter före slänten mot kisaskadeponin och 20 meter ned i slänten utmed en deponibredd av 150 meter.

I de fall nedbrytningen av bark- och spånhaltiga massor pågår i stor omfattning kan gasavgång vara ett problem vid övertäckningsåtgärder, eftersom det kan uppstå skador på tätskikten i en sådan konstruktion. I de fall deponin har sådana egenskaper bör installation av avgasningsbrunnar utföras i övertäckningens konstruktion. Detta kommer att leda till ökad kostnad, både för övertäckningsskiktet och vid omdisponering av massor. I fallet Hissmofors barkdeponi föreligger dock inga indikationer om kraftig nedbrytningsaktivitet i deponin. Denna tekniska riskfaktor bör dock verifieras innan slutligt val sker av åtgärdsalternativ.

Tabell 11. Beräknade kostnader för övertäckning av barkdeponin, naturliga tätmassor.

	å-pris	Sort	Mängd	Summa [kr]
Urschaktning inklusive transport inom området	60	kr/m ³	2 050	123 000
Transportväg inom området, 5 m bredd, duk med 0,2 m överbyggnad	100	kr/m ²	750	75 000
Omdisponering/återläggning inkl packning och transport inom området	30	kr/m ³	12 550	376 500
Harpning & sortering	50	kr/m ³	2 050	102 500
Kvalitetskontroll på urschaktade och tillförda barkmassor	20	kr/m ³	12 550	251 000
0,5 m tät morän, norra delen, inköpt	100	kr/m ³	1 075	107 500
0,5 m tät morän, norra delen, utlagt packat i 2 lager	50	kr/m ²	2 150	107 500
0,3 m dräneringsmaterial, norra delen, inköpt	200	kr/m ³	645	129 000
0,3 m dräneringsmaterial, norra delen, utlagt	90	kr/m ²	2 150	193 500
1 m fyllningsjord för täcksikt, norra delen, inköpt	100	kr/m ³	2 150	215 000
1 m fyllningsjord för täcksikt, norra delen, utlagt	90	kr/m ²	2 150	193 500
1 m fyllningsjord för täcksikt, övriga området, inköpt	100	kr/m ³	24 350	2 435 000
1 m fyllningsjord för täcksikt, övriga området, utlagt (packas i 2 lager)	90	kr/m ²	24 450	2 200 500
0,1 m vegetationsjord inkl gräs	25	kr/m ²	26 600	665 000
Täta diken	300	kr/m	395	118 500
TOTAL KOSTNAD [kr]				7 293 000
Efterbehandlingskostnad	274	kr/m ²		

Återläggningsvolymen av utsorterade massor har konservativt bedömts uppgå till endast 10 % och används som säkerhetsmarginal i kalkylen för detta alternativ. Vid volymberäkning och utformning åtgärdsalternativet i **Ritning P0509** har därför ansatts till massbalans.

Tabell 12. Beräknade kostnader för övertäckning av barkdeponin, kombinerad bentonittätning och naturliga tätmassor.

	å-pris	Sort	Mängd	Summa [kr]
Urschaktning inklusive transport inom området	60	kr/m ³	2 050	123 000
Transportväg inom området, 5 m bredd, duk med 0,2 m överbyggnad	100	kr/m ²	750	75 000
Omdisponering/återläggning inkl packning och transport inom området	30	kr/m ³	12 550	376 500
Harpning & sortering	50	kr/m ³	12 550	627 500
Kvalitetskontroll på urschaktade och tillförda barkmassor	20	kr/m ³	12 550	251 000
Bentonitmatta/geomembran inkl utläggning, norra delen	75	kr/m ²	6 450	483 750
Avjämningsmassor (0,2 meter) inköpt	100	kr/m ³	1 290	129 000
Avjämningsmassor, utlagt	90	kr/m ²	6 450	580 500
1 m fyllningsjord för täckskikt, inköpt	100	kr/m ³	26 600	2 660 000
1 m fyllningsjord för täckskikt, utlagt (packas i 2 lager)	90	kr/m ²	26 600	2 394 000
0,1 m vegetationsjord inkl gräs	25	kr/m ²	26 600	665 000
Täta diken	300	kr/m	395	118 500
TOTAL KOSTNAD [kr]				8 483 750
Efterbehandlingskostnad	319	kr/m ²		

11.2.1.2 Stabilisering av delar av barkdeponin

Som det tidigare har beskrivits har stabiliseringsmetoden en nackdel i att det krävs en relativt långt gången sortering av massorna för att optimera stabiliseringsbehandlingen. Organiska massor av typen bark och spån bör avskiljas innan behandlingen sker. Innan slutligt ställningstagande tas om tillämpning av metoden på barkdeponin bör sorterings effektivitet verifieras i fält. I kalkylen för detta behandlingsalternativ har det förutsatts att avskiljning av organiskt material kan ske ned till maximalt 10 % innehåll före stabilisering av massorna. Återläggning av utsorterade massor med metallhalter under PSRV förutsätts kunna ske som avjämningsmassor eller delvis som täckmassor inom området. Massor med stor andel bark kan dock användas för detta ändamål.

Återläggningsvolymen av utsorterade massor har i detta alternativ bedömts uppgå till 30 % och används i kalkylen för täckskikt på barkdeponin.

Funktionskraven för genomförande av åtgärd genom stabilisering av massor på barkdeponin innebär att stabiliseringsåtgärd också måste genomföras i kisaskadeponin. Åtminstone gäller det den östra delen av kisaskadeponin som genererar metallhaltigt lakvatten. Kravet på infiltrationsbegränsande åtgärder på norra delen av barkdeponin kan då sättas lägre än vid enbart övertäckningsåtgärd.

Stabiliseringsåtgärden på barkdeponin begränsas till massorna inom ett område 10 meter före slänten mot kisaskadeponin och 20 meter

ned i slänten och med en bredd av ca 150 meter. Urschaktningsdjupet för massorna som avses att behandlas har antagits till 4 meter.

Följande funktionskrav har identifieras för stabiliseringsåtgärd på barkdeponin:

- 1) Stabiliseringsåtgärd av förorenade massor på barkdeponin bör ge sådana lakningsegenskaper hos massorna att de kan karakteriseras som möjliga att kvarligga på området motsvarande en deponi för inert avfall.
- 2) Infiltrationsbegränsande åtgärder på barkdeponin bör om möjligt nå ned till ca 150 liter/m² och år, vilket motsvarar övertäckning med ca 1,0 meter inklusive tätskikt.
- 3) I kvarvarande delar av barkdeponin, där massorna inte stabiliseras, bör åtgärderna ge en riskreduktion motsvarande PSRV. Det innebär att arsenikhalterna i jord bör vara under eller kring 15 mg As/kg TS inom 0-1 meter, 85 mg As/kg TS inom 1-2 meter och 175 mg As/kg TS under 2 meter samt att alifater och PAH underskrider framtagna PSRV.
- 4) Så stor del som möjligt av ytavrinningen från barkdeponin bör styras mot söder eller öster.
- 5) Slänterna på övertäckningen kan anläggas med en lutning på 1:3, utom i den norra delen av barkdeponin mot kisaskadeponin där släntlutningen inte bör överskrida 1:4.
- 6) Avrinning av ytvatten från övertäckningen bör avledas i bottentätade diken för att därigenom minska på infiltrationen i området.

Tabell 13. Beräknade kostnader för stabilisering av massor på barkdeponin, kombinerat med övertäckning.

	å-pris	Sort	Mängd	Summa [kr]
Urschaktning inklusive transport inom området	60	kr/m ³	25 450	1 527 000
Transportväg inom området, 5 m bredd, duk med 0,2 m överbyggnad	100	kr/m ²	750	75 000
Omdisponering/återläggning inkl packning och transport inom området	30	kr/m ³	25 450	763 500
Harpning & sortering	100	kr/m ³	25 450	2 545 000
Kvalitetskontroll på urschaktade och tillförda barkmassor	20	kr/m ³	25 450	509 000
Etablering MBS-station	900 000	kr/st	1	900 000
MBS stabilisering	600	kr/ton	12 900	7 740 000
1 m fyllningsjord för täcksikt, inköpt	100	kr/m ³	21 510	2 151 000
1 m fyllningsjord för täcksikt, övriga området, utlagt (packas i 2 lager)	90	kr/m ²	26 600	2 394 000
0,1 m vegetationsjord inkl gräs	25	kr/m ²	26 600	665 000
Täta diken	300	kr/m	395	118 500
TOTAL KOSTNAD [kr]				19 388 000
Efterbehandlingskostnad	729	kr/m ²		

11.2.2 Vinddriven kisaska under kraftledningsgatan, åtgärdsbehov/alternativ

Från andra objekt är vindspridning av kisaska känt kring deponier eller utlastningskajer. Vinddriven kisaska har verifierats på avstånd upp till 100 meter. Därför torde det vara vinddriven kisaska som observerat in mot kraftledningsgatan i sydöstra delen av Hissmofors deponiområde. Spridningen har verifierats genom granskning av flygfoton och genom ytlig avgränsning utförd som markprovtagning med geokäpp. Kisaskan är synlig inom ett relativt långt område (>300 meter). Mäktigheten är centimetertjock i norra delen närmast kisaskadeponin, men glesar ut och syns mera som infärgning av mossa och vegetationsskikt i större delen av området. Uttag av prover från området för analys och bedömning mot PSRV har inte genomförts. Större delen av området ligger utanför nuvarande huvudstudies avgränsning.

Delar av området har visats ha metallhalter som överskrider PSRV och är således i behov av riskreducering med avseende på direktexponering (J2 och J3). Genom att kisaskan förekommer i tunna skikt så bedöms inte läckage av metaller via grundvattnet som dimensionerande för områdets åtgärdsbehov.

Det bedöms bara finnas ett ekonomisk försvarbart åtgärdsalternativ för området och det är ytlig urschaktning med samordnad hantering av massorna från kisaskadeponin/västra slänten.

Innan slutlig detaljprojektering sker av området bör avgränsning genom kompletterande provtagning och analys utföras för bestämning av massmängderna.

Följande funktionskrav har identifierats för urschaktning av förorenade massor från området med vindspridd kisaska under kraftledningsgatan i sydost.

- 1) Urschaktning bör utföras ned till mark som uppfyller PSRV, vilket innebär att arsenikhalterna i jord bör vara under eller kring 15 mg As/kg TS inom 0-1 meter, 85 mg As/kg TS inom 1-2 meter och 175 mg As/kg TS under 2 meter samt att alifater och PAH underskrider framtagna PSRV.
- 2) Sortering av massorna bör ske så att innehållet av organiskt material i massorna för borttransport inte överstiger 10 %.

Efterbehandlingsåtgärden har kostnadsberäknats utifrån en antagen avgränsning av området till 100*40 meter och ett schaktdjup av 0,2 meter, dvs 800 m³. Kostnaderna för detta alternativ redovisas i kalkylerna för alternativa åtgärder på kisaskadeponin/västra slänten

11.2.3 Kisaskadeponin och västra slänten, åtgärdsbehov och alternativ

Åtgärder inom kisaskadeponin och västra slänten är i de västra delarna av deponiområdet helt beroende av varandra genom den överlagring av massorna som skett. Därför tas båda delområdena upp i samma åtgärdsförslag. Motiven för olika åtgärdslösningar och de tekniska aspekterna tas dock upp för varje delområde.

Kisaskadeponin

I de områden där ren kisaska från rostningsugnarna deponerades under flera decennier fram till år 1970, har omblandning skett i ytan med stor andel bark och spån. Därför har det varit nödvändigt att avgränsa den del av kisaskadeponin som har störst potential att generera metallhaltigt lakvatten. Utifrån resultaten av de kompletterande undersökningarna 2005, har den huvudsakliga kisaskadeponin avgränsats till partier där kisaskan förekommer mer frekvent och djupt i profil (se **Figur 13** på **sidan 32**). Området överensstämmer bra med den information om kisaskadeponeringen som erhållits ur flygbilderna över området (se **Figur 7 a** och **b** på **sidan 18**).

Ytlig kisaska (inom 0-1 meter) förekommer både i de östliga som i de västliga delarna av kisaskadeponin med halter över PSRV. I mittenpartiet av deponin överlagras kisaskan av bark och spån, ibland med flera meter. Under ytlagret och barken ligger kisaska inlagrad i större mäktigheter, varierande från 2 meter upp till 10 meters djup.

I de östra delarna noteras särskilt höga metallhalter i marken och i sedimenten i dammarna samt mycket höga metallhalter i grundvattnet. Metallspridningen via grundvatten i detta område bedöms ha samband med lakvattenbildning i kisaskaslätten genom den infiltration som sker via barkdeponin. Av flygbilden från år 1963 framgår att ett dike anlagts norr om deponislätten i östra delen av deponin. Tydligt är att området redan då var behäftat med problem gällande högt grundvatten.

Det kan konstateras att det föreligger ett behov av riskreduktion på kisaskadeponin, dels för att minska direktexponeringen för jord och sediment och dels för att minska spridningen av metaller via grund- och ytvattnet. Även om behovet är särskilt uttalat för östra delarna av deponin, bedöms infiltrationsbegränsande åtgärder eller åtgärder mot metallspridningen via lakvatten som nödvändiga inom hela kisaskadeponin eftersom mäktigheten av kisaska visat sig vara stor.

En viss osäkerhet föreligger om kisaskadeponins utbredning västerut mellan järnvägsspåret och gamla hyvleriet. Området ligger utanför huvudstudiens utredningsområde, men har stor betydelse för riskerna för återkontaminering efter genomförd åtgärd på kisaskadeponin. Därför bör detta område studeras närmare innan detaljprojektering genomförs.

Vidare bör ett område på mitten av kisaskadeponin (mellan punkterna B0503, GV5, B0502, C0501, C0503, C0502, C0504 och B0503) detaljgranskas för att erhålla mer kunskap om gränzonen mellan bark och kisaska. Kunskapen om massornas karaktär inom detta område kan ha betydelse för möjligheterna till omdisponering av massor i området och för eventuell utsortering av bark och spån vid urschaktning för borttransport eller stabiliseringsåtgärd.

Västra slätten

Nordväst om kisaskadeponin och i norra kisaskaslätten förekommer stora mängder bark och spån. I flygbilder från 1963 (**Figur 7 a**) syns utfyllnadsslätter strax öster om gamla hyvleriet nedanför industriplanen. Det har varit oklart om dessa utfyllnader innehållit kisaska eller enbart bark och spån. Vid undersökningarna 2005 har visats att

det som bör kunna kallas kisaskadeponin når ända fram till gamla hyvleriet utmed industriplansslänten (tex punkt C0508 i **Figur 13** på **sidan 32**).

Norr och väster om detta område är inslaget av bark och spån dominerande, även om linser av synlig kisaska noteras i borrhärnorna. Även om den synliga kisaskan ibland kan vara av liten omfattning, är halterna av arsenik i västra slänten över PSRV (15 mg As/kg TS). Överskridandet av PSRV gäller stora ytor, från punkterna PG0501 och E0508 vid västra diket och bort till punkt C0505 vid vedmagasinet nordväst om gamla hyvleriet.



Figur 25. Barkförekomst i västra slänten (punkt C0502) med höga metallhalter och arsenik över PSRV.

I ett parti av västra slänten är informationen om föroreningarna i marken osäker. Det gäller området från vedmagasinet och gamla hyvleriet bort över läget för de rivna sedimenteringsbassängerna och fram utmed vägen till punkten C0504. Detta område har inte tolkats som förorenat i nedanstående kostnadskalkyl, men kan riskera att beröras av åtgärder. Eftersom delar av bassängkonstruktionen kan ligga kvar i marken är det viktigt att veta om schaktningar i detta område kan komma att försvåras. Eventuella utloppsledningar från sedimenteringsbassängerna bör också kontrolleras för att utesluta kortslutande dränering från västra slänten. Verifiering av områdets status bör ske innan detaljprojektering påbörjas.

Åtgärdsområdet, inom vilket riskreduktionen och åtgärder mot lakvattenspridning bedöms behövliga för kisaskadeponin och västra slänten, har avgränsats enligt förslag i **Figur 13** på **sidan 32**. I det avgränsade åtgärdsområdet ingår också de förorenade delarna mot dammarna i östra delen av deponin samt området utefter f.d. västra diket.

11.2.3.1 Urschaktning och borttransport av kisaskadeponin/västra slänten

Vid urschaktning av de förorenade massorna för borttransport till extern behandlingsanläggning eller deponi kan följande funktionskrav identifieras.

- 1) Urschaktning bör utföras ned till mark som uppfyller PSRV, vilket innebär att arsenikhalterna i jord bör vara under eller kring 15 mg As/kg TS inom 0-1 meter, 85 mg As/kg TS inom 1-2 meter och 175 mg As/kg TS under 2 meter samt att alifater och PAH underskrider framtagna PSRV.
- 2) Anslutningen mellan urschaktningsområdet på kisaskadeponin/västra slänten och övertäckningsåtgärder på barkdeponin måste kombineras så att omhändertaget dränagevatten kan avledas från området och att övertäckningen på barkdeponin kan utformas utan tekniskt riskabla nivåskillnader och med tillfredsställande stabilitet.
- 3) Avskärande bottentätat dike bör anläggas söder om kisaskadeponin/västra slänten, vid avgränsningen mot industriplanen, så att ytavrinningen från industriplanen och barkdeponin kan ledas norrut förbi åtgärdat område på kisaskadeponin/västra slänten.
- 4) Slänterna på återläggningen bör anläggas med en lutning på högst 1:3.
- 5) Sortering av massorna bör ske så att innehållet av organiskt material i massorna för borttransport inte överstiger 10 %.

Återläggning av utsorterade massor med metallhalter under PSRV förutsätts kunna ske som avjämningsmassor eller delvis som täckmassor inom området. Massor med stor andel bark och spån kan dock inte användas för detta ändamål.

Återläggningsvolymen av utsorterade massor har konservativt bedömts uppgå till endast 10 % och används som säkerhetsmarginal i kalkylen för detta alternativ.

Tabell 14. Beräknade kostnader för urschaktning och borttransport av förorenad jord från kisaskadeponin och västra slänten samt massor från omhändertagande av vinddriven kisaska under kraftverksledningen i sydost.

	å-pris	Sort	Mängd	Summa [kr]
Urschaktning inklusive transport inom området	60	kr/m ³	90 300	5 418 000
Transportväg inom området, 5 m bredd, duk med 0,2 m överbyggnad	100	kr/m ²	750	75 000
Harpning & sortering, inkl transport inom området	50	kr/m ³	90 300	4 515 000
Kvalitetskontroll på urschaktade massor	20	kr/m ³	90 300	1 806 000
Fyllningsjord för återställning, inköpt	100	kr/m ³	13 545	1 354 500
Fyllningsjord för återställning, utlagt	90	kr/m ²	28 300	2 547 000
Mottagningsavgift inkl omlastning samt transport till mellansverige	800	kr/ton	135 450	108 360 000
Vegetationsjord inkl gräs	25	kr/m ²	28 300	707 500
Diken	50	kr/m	220	11 000
TOTAL KOSTNAD [kr]				124 794 000
Efterbehandlingskostnad	4410	kr/m ²		

11.2.3.2 Övertäckning av kisaskadeponin/västra slänten

Vid genomförande av efterbehandlingsåtgärd genom övertäckning (horisontell barriär) av kisaskadeponin/västra slänten har följande funktionskrav identifierats.

- 1) Infiltrationsbegränsande åtgärder på kisaskadeponin bör nå ned till <50 liter/m² och år.
- 2) Övertäckningsåtgärderna bör ge en riskreduktion motsvarande PSRV, vilket innebär att arsenikhalterna i jord bör vara under eller kring 15 mg As/kg TS inom 0-1 meter, 85 mg As/kg TS inom 1-2 meter och 175 mg As/kg TS under 2 meter samt att alifater och PAH underskrider framtagna PSRV
- 3) Avskärande botten tätat dike bör anläggas söder om kisaskadeponin, vid avgränsningen mot industriplanen, så att ytavrinningen från industriplanen och barkdeponin kan ledas norrut förbi åtgärdat område på kisaskadeponin. Avledningen norrut kan ske med dike över övertäckningsområdet om det utförs med nödvändig tätning och stabilitet i konstruktionen.
- 4) Avskärande botten tätat dike bör anläggas norr om kisaskadeponin/västra slänten för att undvika påverkan av

grundvatten som tränger igenom kisaskadeponin/västra slänten och in mot industrideponin.

- 5) Anslutningen mellan övertäckningsåtgärder på kisaskadeponin och de på barkdeponin samordnas så att övertäckningen sker utan glapp eller tekniskt riskabla nivåskillnader.
- 6) Slänterna på övertäckningen bör anläggas med en lutning på högst 1:4.

Genom att funktionskravet på övertäckningens täthet satts till <50 liter/m² och år, blir mäktigheten på övertäckningen med naturliga jordmassor ca 2 meter. Anpassning genom omdisponering av massor i nuvarande överyta måste då ske för att inte äventyra stabiliteten på färdig deponi. Om ett alternativ väljs med bentonitmatta eller geomembran i sydöstra delen av deponin, istället för naturligt täta jordmassor, kan övertäckningen minskas till ca 1,5 -1,7 meter. Detta styr också av behovet av omdisponering av massor i sydöstra delen av kisaskadeponin.

För att nedbringa kostnaden med en övertäckningsåtgärd bör strävan vara att minska åtgärdsytans storlek så långt det går. Det innebär att vissa delar av åtgärdsområdet, där det förorenade markskiktet är tunnare, schaktas massorna ur och omdisponeras till lägen där högre fyllnadshöjder och en kompaktare deponi kan skapas inom området. För Hissmofors deponiområde gäller detta främst det förorenade markområdet/sedimenten vid dammarna och slänten under kraftledningen i östra delen av kisaskadeponin samt för massor från västra slänten under kraftledningen (punkten E0508) vid västra diket och väster ut mot vedmagasinet (punkten C0505).

Återläggningsvolymen av utsorterade massor har konservativt bedömts uppgå till endast 10 % och används som säkerhetsmarginal i kalkylen för detta alternativ. Vid volymberäkning och utformning av åtgärdsalternativet i ritning P0511 har därför ansatts till massbalans.

Tabell 15. Beräknade kostnader för övertäckning av kisaskadeponin och västra slänten samt massor från omhändertagande av vinddriven kisaska under kraftverksledningen i sydost.

	å-pris	Sort	Mängd	Summa [kr]
Urschaktning inklusive transport inom området	60	kr/m ³	24 550	1 473 000
Transportväg inom området, 5 m bredd, duk med 0,2 m överbyggnad	100	kr/m ²	750	75 000
Omdisponering/återläggning inkl packning och transport inom området	30	kr/m ³	25 350	760 500
Harpning & sortering	50	kr/m ³	24 550	1 227 500
Kvalitetskontroll på urschaktade massor	20	kr/m ³	24 550	491 000
0,5 m tät morän, inköpt	100	kr/m ³	16 950	1 695 000
0,5 m tät morän, utlagt (packas i 2 lager)	50	kr/m ²	33 900	1 695 000
0,3 m dräneringsmaterial, inköpt	200	kr/m ³	10 170	2 034 000
0,3 m dräneringsmaterial, utlagt	90	kr/m ²	33 900	3 051 000
1 m fyllningsjord för täcksikt, inköpt	100	kr/m ³	33 900	3 390 000
1 m fyllningsjord för täcksikt, utlagt (packas i 2 lager)	90	kr/m ²	33 900	3 051 000
0,1 m vegetationsjord inkl gräset	25	kr/m ²	33 900	847 500
Täta diken	300	kr/m	680	204 000
TOTAL KOSTNAD				19 994 500
Efterbehandlingskostnad	590	kr/m ²		

11.2.3.3 Stabilisering av kisaskadeponin/västra slänten

Målet för behandling genom stabilisering är att binda metallerna i kisaskan, för att därefter kunna lägga tillbaka de stabiliserade massorna med en enklare övertäckning. För att kunna genomföra en sådan åtgärd måste dock massorna först urschaktas helt och därefter sorteras och behandlas samt återläggas. Genom att stor mängd bark- och spånhaltiga massor överlagras kisaskan i deponin kommer kostnaden för behandling att fördyras.

Följande funktionskrav har identifieras för stabiliseringsåtgärd på kisaskadeponin/västra slänten:

- 1) Stabiliseringsåtgärd av förorenade massor på kisaskadeponin/västra slänten bör ge sådana laknings-egenskaper hos massorna att de kan karakteriseras som möjliga att kvarligga på området motsvarande en deponi för inert avfall.
- 2) Infiltrationsbegränsande åtgärder på kisaskadeponin/västra slänten bör om möjligt nå ned till ca 150 liter/m² och år, vilket motsvarar övertäckning med ca 1,0 meter inklusive tätskikt.
- 3) Avskärande bottentätat dike bör anläggas söder om kisaskadeponin, vid avgränsningen mot industriplanen, så att

ytavrinningen från industriplanen och barkdeponin kan ledas norrut förbi åtgärdat område på kisaskadeponin.

- 4) Avskärande bottenfäst dikes bör anläggas norr om kisaskadeponin/västra slänten för att undvika påverkan av grundvatten som tränger igenom kisaskadeponin/västra slänten och in mot industrideponin.
- 5) Slänterna på övertäckningen kan anläggas med en lutning på 1:3, utom i den norra delen av deponin mot barkdeponin, där slänlutningen inte bör överskrida 1:4.
- 6) Avrinning av ytvatten från övertäckningen bör avledas i bottenfästade diken för att därigenom minska på infiltrationen i området.

Återläggningsvolymen av utsorterade massor har i detta alternativ bedömts uppgå till 30 % och används i kalkylen för täckskikt på kisaskadeponin.

Tabell 16. Beräknade kostnader för stabilisering kombinerat med övertäckning av massor från kisaskadeponin och västra slänten samt massor från omhändertagande av vinddriven kisaska under kraftverksledningen i sydost.

	å-pris	Sort	Mängd	Summa [kr]
Urschaktning inklusive transport inom området	60	kr/m ³	90 300	5 418 000
Transportväg inom området, 5 m bredd, duk med 0,2 m överbyggnad	100	kr/m ²	750	75 000
Omdisponering/återläggning inkl packning och transport inom området	30	kr/m ³	27 000	810 000
Harpning & sortering	100	kr/m ³	90 300	9 030 000
Kvalitetskontroll på urschakt och tillförda massor	20	kr/m ³	90 300	1 806 000
Etablering MBS-station	900 000	kr/st	1	900 000
MBS stabilisering	600	kr/ton	135 450	81 270 000
1 m fyllningsjord för täckskikt, inköpt	100	kr/m ³	6 810	681 000
1 m fyllningsjord för täckskikt, övriga området, utlagt (packas i 2 lager)	90	kr/m ²	33 900	3 051 000
0,1 m vegetationsjord inkl gräs	25	kr/m ²	33 900	847 500
Täta diken	300	kr/m	680	204 000
TOTAL KOSTNAD [kr]				104 092 500
Efterbehandlingskostnad	3071	kr/m ²		

11.2.4 Industrideponin, åtgärdsbehov och alternativ

Massorna i industrideponin har visat sig vara mindre förorenade än de i kisaskadeponin. Metallhalterna i marken ligger dock över PSRV på hela deponin, även om de är lite lägre i västra delarna än i de östra delarna. Läckage av metaller sker till Indalsälven via grundvattnet, även om lakteter på markprover visar att detta torde vara av mindre omfattning från industrideponin jämfört med kisaskadeponin.

Det har i fält noterats att lakvatten tränger ut från slänkfoten av industrideponin och diffust avrinner i höjd med punkt Y0505 i östra bäcken. Eftersom det noteras höga metallhalter uppströms i "dammarna" utgörs påverkan i sediment och ytvatten vid punkt Y0505/S0505 troligen av en mix av påverkan från dessa båda områden. Åtgärder för att förhindra lakvattenbildning och metallurlakning i östra delarna av industrideponin måste därför samordnas med andra åtgärder i denna del av Hissmofors deponiområde för att utgöra ett kostnadseffektivt alternativ.

Behov av riskreduktionen föreligger med avseende på direktexponering och med avseende på spridning via grundvattnet.

Det har också noterats detekterbar halt av olja i grundvattnet i området, indikerande att deponin innehåller blandade massor av skilda slag. Därför ingår alifater och PAH i PSRV. Vid påträffande av oljeförorenade massor under åtgärdsarbetena kan PSRV användas för bedömning av om dessa kan tillåtas ligga kvar eller om de måste fraktas bort till en godkänd mottagningsanläggning. Det finns dock inga indikationer på omfattande förekomst av oljeföreningar i området, varför beräkning av volymer och kostnadsbedömning inte har utförts för denna typ av massor.

Risk för erosions-skador på industrideponin vid höga flöden i Indalsälven har visat sig föreligga. Det bedöms dock bara gälla delar av deponin. Deponin bedöms utifrån den synvinkeln kunna ligga kvar på området, dock med ett anpassat erosions-skydd. Strandzonens kvalitet bör dock studeras i detalj och eventuella indikationer om pågående erosion utredas innan beslut tas om erosions-skyddets slutliga utformning

11.2.4.1 Urschaktning och borttransport av industrideponin

Vid urschaktning av de förorenade massorna för borttransport till extern behandlingsanläggning eller deponi kan följande funktionskrav identifieras.

- 1) Urschaktning bör utföras ned till mark som uppfyller PSRV, vilket innebär att arsenikhalterna i jord bör vara under eller kring 15 mg As/kg TS inom 0-1 meter, 85 mg As/kg TS inom 1-2 meter och 175 mg As/kg TS under 2 meter samt att alifater och PAH underskrider framtagna PSRV.
- 2) Återläggning av utsorterade massor för avjämning av området med bör ske med massor som har halter under PSRV.
- 3) Slänterna på återläggningen bör anläggas med en lutning på högst 1:3.
- 4) Sortering av massorna bör ske så att innehållet av brännbart organiskt material i massorna för borttransport inte överstiger 10 %.

Industrideponin innehåller mindre med bark och spån än andra delar av området.

Återläggning av utsorterade massor med metallhalter under PSRV förutsätts kunna ske som avjämningsmassor eller delvis som täckmassor inom området. Massor med stor andel bark och spån kan dock inte användas för detta ändamål.

Återläggningsvolymen av utsorterade massor har konservativt bedömts uppgå till endast 10 % och används som säkerhetsmarginal i kalkylen för detta alternativ.

Det har också noterats detekterbar halt av olja i grundvattnet i området, indikerande att deponin innehåller blandade massor av skilda slag. Därför ingår alifater och PAH i PSRV. Vid påträffande av oljeförorenade massor under åtgärdsarbetena blir de PSRV vägledande för till vilken resthalt som kvarvarande mark skall hålla. Att deponin innehåller blandade massor verifieras i borrhningarna och på ytan av deponin, där det noterades stor förekomst av skrot och tegel. Behov av utsortering av skrot, tegel och betong föreligger för denna deponi, innebärande en viss större insats i sorteringen av massorna och kostnader för avyttring av skrot mm.

Nedanstående volym och kostnadsberäkning skall ses som en grov uppskattning av urschaktningens omfattning och är konservativt antagen för hela beräknade deponivolymen. Vid projektering och framtagande av bygghandling för alternativet urschaktning av industrideponin krävs mer detaljerad och stratifierad information som underlag.

Tabell 17. Beräknade kostnader för urschaktning och borttransport av förorenad jord från industrideponin.

	å-pris	Sort	Mängd	Summa [kr]
Urschaktning inklusive transport inom området	60	kr/m ³	34 500	2 070 000
Transportväg inom området, 5 m bredd, duk med 0,2 m överbyggnad	100	kr/m ²	250	25 000
Harpning & sortering, inkl transport inom området	50	kr/m ³	34 500	1 725 000
Kvalitetskontroll på urschaktade massor	20	kr/m ³	34 500	690 000
Fyllningsjord för återställning, inköpt	40	kr/m ³	5 175	207 000
Fyllningsjord för återställning, utlagt	50	kr/m ²	10 700	535 000
Mottagningsavgift inkl omlastning samt transport till mellansverige	800	kr/ton	51 750	41 400 000
0,1 m vegetationsjord inkl gräs	25	kr/m ²	10 700	267 500
TOTAL KOSTNAD [kr]				46 919 500
Efterbehandlingskostnad	4385	kr/m ²		

11.2.4.2 Övertäckning av industrideponin

Vid genomförande av efterbehandlingsåtgärd genom övertäckning (horisontell barriär) av industrideponin har följande funktionskrav identifierats.

- 1) Infiltrationsbegränsande åtgärder på industrideponin bör nå ned till ca 50 liter/m² och år eller strax däröver.
- 2) Övertäckningsåtgärderna bör ge en riskreduktion motsvarande PSRV, vilket innebär att arsenikhalterna i jord bör vara under eller kring 15 mg As/kg TS inom 0-1 meter, 85 mg As/kg TS inom 1-2 meter och 175 mg As/kg TS under 2 meter samt att alifater och PAH underskrider framtagna PSRV
- 3) Återläggning av utsorterade massor för avjämning av området med bör ske med massor som har halter under PSRV.
- 4) Avskärande bottenfäst dike med ny väg bör anläggas söder om industrideponin, så att ytavrinningen från industrideponin kan avledas mot ett område för eventuell installation av vertikal reaktiv barriär.

- 5) Anslutningen mellan övertäckningsåtgärder på industrideponin och erosionsskydd utmed stranden mot Indalsälven samordnas så att dess tekniska funktion och stabilitet behålls.
- 6) Slänterna på övertäckningen bör anläggas med en lutning av högst 1:3.

Genom att funktionskravet på övertäckningens täthet satts till ca 50 liter/m² och år eller strax däröver, blir mäktigheten på övertäckningen med naturliga jordmassor ca 1,5 meter. Anpassning genom omdisponering av massor i nuvarande överyta måste då ske för att inte äventyra stabiliteten på färdig deponi. Eftersom deponin visat sig innehålla skrot och rivningsmassor bör man räkna med en större insats i sorteringen av massorna och även ta med kostnader för avyttring av för skrot mm.

Återläggningsvolymen av utsorterade massor har konservativt bedömts uppgå till endast 10 % och används som säkerhetsmarginal i kalkylen för detta alternativ.

Vid volymberäkning och utformning av åtgärdsalternativet i ritning P0505 har därför ansatts till massbalans.

Tabell 18. Beräknade kostnader för övertäckning av industrideponin

	å-pris	Sort	Mängd	Summa [kr]
Urschaktning inklusive transport inom området	60	kr/m ³	8 660	519 600
Transportväg inom området, 5 m bredd, duk med 0,2 m överbyggnad	100	kr/m ²	250	25 000
Ny väg efter åtgärd, 5 m bredd	350	kr/m ²	1 250	437 500
Omdisponering/återläggning inkl packning och transport inom området	30	kr/m ³	8 660	259 800
Harpning & sortering	50	kr/m ³	8 660	433 000
Kvalitetskontroll på urschaktade massor	20	kr/m ³	8 660	173 200
0,5 m tät morän, inköpt	100	kr/m ³	5 260	526 000
0,5 m tät morän, utlagt	50	kr/m ²	12 250	612 500
1 m fyllningsjord för täcksikt, inköpt	100	kr/m ³	11 500	1 150 000
1 m fyllningsjord för täcksikt, utlagt (packas i 2 lager)	90	kr/m ²	12 250	1 102 500
0,1 m vegetationsjord inkl gräset	25	kr/m ²	12 250	306 250
Täta diken	300	kr/m	245	73 500
TOTAL KOSTNAD				5 618 850
Efterbehandlingskostnad	459	kr/m ²		

Tabell 19. Beräknade kostnader för anläggande av erosionsskydd vid industrideponin

	å-pris	Sort	Mängd	Summa [kr]
0,1 m sand/grus, d=2-20 mm, inköpt	300	kr/m ³	60 - 220	18 000 - 66 000
0,2 m grus och sten d=20-100 mm, inköpt	300	kr/m ³	120 - 480	36 000 - 144 000
0,1 - 0,2 m grus och sten samt 0,2 m grus och sten, utlagt	50	kr/m ²	600 - 1800	30 000 - 90 000
0,4 m sten d=200-300 mm, inköpt	200	kr/m ³	250 - 910	50 000 - 182 000
0,4 m sten d=200-300 mm, utlagt	50	kr/m ²	600 - 1800	30 000 - 90 000
TOTAL KOSTNAD				164 000 - 572 000

Den mindre volymen/kostnaden avser om erosionsskydd enbart läggs på en begränsad sträcka (60 meter). Den större volymen/kostnaden avser erosionsskydd på hela sträckan (245 meter). Se markering på ritning **P0504**.

11.2.5 Kisaskaytan vid industriområdet, åtgärdsbehov och alternativ

Förekomst av kisaska inom industriområdet är välkänd, såväl på timmerplanen vid sågverket (se **Figur 26**) som utmed industrispåret (se **Figur 10**) och på planen vid virkesmagasinen och torkarna.



Figur 26. Exempel på kisaska-förekomst på industriområdet, här påträffad vid schaktarbeten på timmerplanen i västra delen av sågverksområdet. Foto: Nils-Erik Werner, Krokoms kommun.

I flygbilder syns färgstick kring flera partier inom deponiområdet och på industriområdet som indikerar förekomst av yttlig kisaska. Flera av dessa indikationer har verifierats i fält, varav ett är kisaskaytan på platsen för f.d. timmerfickan vid gamla såghuset (se **Figur 9 a** på **sidan 21**). Området har undersökts med skruvborring i djupled på 5 punkter och genom avgränsning av yttlig kisaska med geokäpp.

Behov av riskreduktion mot exponering föreligger eftersom halterna av metaller överstiger PSRV för industriområde. För arsenik innebär detta halter över 15 mg As/kg TS i översta meterskiktet. Inga andra ämnen har påträffats i halter som styr behovet av efterbehandling.

Området är inte att betrakta som ett deponiområde. Av den anledningen bedöms alternativet med efterbehandling genom övertäckning på plats som helt uteslutet. Det bedöms även som tveksamt om massorna kan tillåtas samordnas med övertäckningsåtgärder på kisaskadeponin. I så fall krävs en tillståndsprövning för en sådan lösning. Som framgår av klassningen utifrån totalhalter i **Kapitel 6.13.2.2** på **sidan 49** kan de förorenade massorna klassas som farligt avfall. De bör därför urschaktas från området och fraktas till behandlingsanläggning. Beräknade kostnader för detta alternativ framgår av **Tabell 20**.

Tabell 20. Beräknade kostnader för urschaktning och borttransport av förorenad jord från kisaskaytan vid industriområdet (f.d. timmerfickan vid gamla såghuset).

	å-pris	Sort	Mängd	Summa [kr]
Urschaktning inklusive transport inom området	60	kr/m ³	2 200	132 000
Harpning & sortering, inkl transport inom området	100	kr/m ³	2 200	220 000
Kvalitetskontroll på urschaktade massor	20	kr/m ³	2 200	44 000
Fyllningsjord för avslantning, inköpt	100	kr/m ³	2 200	220 000
Fyllningsjord för avslantning, utlagt	50	kr/m ²	1 500	75 000
Mottagningsavgift inkl omlastning samt transport till mellansverige	1200	kr/ton	3 080	3 696 000
Vegetationsjord inkl gräs	20	kr/m ²	1 500	30 000
TOTAL KOSTNAD [kr]				4 417 000
Efterbehandlingskostnad	2945	kr/m ²		

Det är troligt att kisaskaförekomsten inte är helt avgränsad mot öster, mellan gamla hyvleriet och industriplanen. Denna del ligger utanför avgränsningen för denna huvudstudie. Kompletterande markundersökningar bör dock utföras i området innan detaljprojektering sker och beslut tas om genomförandet. Det finns annars risk för att återkontaminering kan komma att ske av åtgärdat område.

12 Förespråkat alternativ

Genom de kostnadsberäkningar som utförts i **Kapitel 11** framgår att alternativen övertäckning av deponierna är de mest kostnadsoptimala för genomförande av efterbehandling på Hissmofors deponiområde. Detta samtidigt som uppställda åtgärds mål och kraven på riskreduktion för hälsa och miljö uppfylls. För kisaskaytan på industriområdet, vid platsen för f.d. timmerfickan vid gamla såghuset, bedöms dock alternativet urschaktning för borttransport vara det närmast tillämpliga. Alternativet för detta är att samdeponering sker på kisaskadeponin, om tillstånd för ett sådant kan erhållas.

Förutsättningen för att kunna genomföra åtgärdsalternativen med övertäckning, är att det finns acceptans för att få lämna kvar föroreningar under en isolerande horisontell barriär som eliminerar eller i hög grad reducerar risker för hälsa och miljö, samt att området kan avlysas mot byggnation i byggnadsplan eller detaljplan. I detta sammanhang kan det konstateras att ett behov av ändring av byggnadsplanen föreligger för att kunna genomföra efterbehandling av området kring kisaskadeponin/västra slänten, eftersom ett område för framtida byggande av industriväg (Z-område) finns inlagt i byggnadsplan från 1986.

Spridningen av föroreningar från området kommer att minimeras med alternativet övertäckning. Den diffusa spridningen av kisaska som numera sker via transporter och sporadiska schaktningar kommer att kunna upphöra. En viss spridning av föroreningar kommer dock inte att kunna undvikas. Detta sker främst via kvarstående infiltration och lakvattenburen föroreningstransport genom de övertäckta områdena. De delar av deponiområdet som genererar mest lakvatten idag kommer dock att bli mycket täta, vilket bedöms resultera i en stor reduktion av nuvarande föroreningsspridning. En balansräkning på nuvarande antagen infiltration (300 liter/m² och år) mot den infiltration som bedöms kvarstå efter övertäckning (<50 liter/m² och år) ger att lakvattenbildningen sjunker med i storleksordningen 85 %. Eftersom avrinningsområdet i stort sett är begränsat till sågverksplanen kring torkarna och virkesmagasinen samt deponiområdet i sig självt, bedöms övertäckningens infiltrationsdämpande effekter att kunna bli mycket effektiva.

Sågverket har framställt önskemål om att få utöka transportytorna i gränsszonen mellan kisaskadeponin och industrispåret på industriplanen vid virkesmagasinen/virkestorkarna. Genom att föroreningar påträffats i den yta som sågverket vill nyttja, krävs omdisponering genom urschaktning av förorenade massor som läggs in i de övertäckta delarna av kisaskadeponin/västra slänten. Detta torde vara genomförbart eftersom förorenade fyllnadsdjup var 2-4 meter i undersökta punkter inom 20 meter från industrispåret. Åtgärdsförslaget för övertäckning av kisaskadeponin innebär också i detta avsnitt av området att ett tätt avskärande dike anläggs på den horisontella barriären i nära anslutning till industriplanen.

Föreslagna övertäckningsområden framgår av **Ritning P0503**. Total kostnadsberäkning framgår av **Tabell 21** på **sidan 116**.

12.1 Barkdeponin

Det kan konstateras att metallläckaget via grund- och ytvatten inom Hissmofors deponiområde helt domineras av förlusterna från östra delarna kring kisaskadeponin. Det är högst troligt att detta beror på infiltrerande lakvatten från barkdeponin som rinner in i kisaskadeponin från söder och orsakar denna kraftiga metallurlakning. Antagandet stöds även av lakteter utförda på prover från B0503, vilka visar på kraftig lakning och sura betingelser. Åtgärder för att förhindra lakvattenbildningen och metallurlakningen i östra delarna av området, inkluderande barkdeponin, har därför hög prioritet.

För barkdeponin föreslås att övertäckning sker efter inlagring av 10.500 m³ barkmassor från snötipp vid älven och barkupplag invid virkesmagasinen/skärmtaken samt att omdisponering sker av massor inom deponin för att erhålla rätt släntlutningar i de olika delarna (se **Kapitel 11.2.1.1**). Omdisponering av massor inom deponin uppgår till ca 2.050 m³, medan anskaffade massor för skyddskikt och tätskikt uppgår till sammanlagt 28.200 m³ (se vidare i **Tabell 11** och **Tabell 12** på **sidan 93** och **sidan 94**).

I det fall som ingen inlagring sker av barkmassor från snötippen vid älven eller från barkupplag invid virkesmagasinen/skärmtaken, kommer deponins utformning att behöva revideras utifrån nu framtaget förslag. Det kan i sådant fall betyda att ca 20 meter av de västra delarna av barkdeponin inte behöver övertäckas om nuvarande yta kan verifieras vara utan kisaskaförekomst.

För att kunna bibehålla stabiliteten i deponin måste viss packningsrutin följas för fyllnadsmassor med stort inslag av bark, som har flyttats om inom deponin eller lagts in utifrån. Det innebär att packning av fyllnadsmassor bör utföras till en packningsgrad som motsvarar den som är i de befintliga fyllnadsmassorna. Det rekommenderas att fyllning sker med små pallhöjder (maximalt 30 cm). Packning bör ske av varje pall med en statisk vält med en vikt av minst 2 ton och med minst 6 st överfarer. Detta gäller oavsett om inlagring av massor utifrån sker eller ej.

Särskild hänsyn krävs vid anslutning av övertäckningen till uppfartsvägen för deponiinfarten och till slänten på kisaskadeponin. Övertäckningen dimensioneras till 1,9 meter i norra slänten mot kisaskadeponin och på övriga delar av deponin till 1,1 meter. (Se **Ritningarna P0508 – P0509**). I nu föreslagen utformning når övertäckningen ut på uppfartsvägen mot barkdeponin. Utanför övertäckningen läggs också ett avskärande dike. Om vägen avses att behållas måste antingen utformningen på övertäckningen ändras och flyttas mot öster eller att ny väg anläggs väster om föreslagen övertäckning. Massbalansen i nuvarande förslag har ett underskott på ca 1.100 m³, som dock kan klaras hem genom att utsorterad mineraljord ur barkmassorna troligen kommer att kunna användas för täckskiktet.

Kostnaden beräknas till **7,3 miljoner kronor** exklusive etableringskostnader.

12.2 Kisaskadeponin och västra slänten

För kisaskadeponin kommer en mycket kraftig riskreduktion att bli resultatet av föreslagen övertäckningsåtgärd. Föroreningshalterna i området är höga och volymen kisaska innebär en stor riskpotential. Genom att nyttja tillgängliga volymer från befintlig slänt invid industriplanen fram till högspänningsledningen genom området, kan omdisponering av massor ske inom deponin och från sidoområdena vid västra slänten och mot dammarna. Detta medför att övertäckningsytan minskar och därigenom även kostnaden för efterbehandlingen.

I förslaget ingår att massorna i läckageområdet kring dammarna schaktas ur samt att området återfylls med rent material över grundvattennivån. Riskerna med det förorenade sedimentet som nu ligger fritt exponerade i området kommer därvid att elimineras. Likaså kommer läckaget av föroreningar i området vid dammarna kommer

att minskas radikalt (>85 %), vilket är en viktig del i efterbehandlingsåtgärden.

Övertäckningens utförande och lämpliga släntlutningar framgår av **Ritningarna P0510 – P0511**. De beräknade kostnaderna i olika delar återfinns i **Kapitel 11.2.3.2** och **Tabell 15** på **sidan 103**. I nu föreslagen utformning av övertäckningen för deponin, har en viss säkerhetsmarginal lagts in för inlagring av oförutsedda volymer förorenade massor som kan komma att påträffas under genomförandet av efterbehandlingsåtgärden. Underskottet i massbalansen för planerad kisaskdeponi ligger på ca 10.700 m³. I fyllnadsvolymer ingår dock de beräknade volymerna för massor från kisaskaytan vid industriområdet (ca 2.000 m³) samt från kraftledningsgatan där vinddriven kisaska påträffats (ca 800 m³).

I den nu framtagna kostnadskalkylen ingår anslutning till industriplanens nivå med anläggande av bottenfyllt dike mot industriplanen. Diket kan behöva utföras som övertäckt dräneringsdike för att kunna behålla sin funktion även vid påförande av snöröjningsmassor. Urschaktningen av massor till större djup än 2 meter för utbyggnad av industriplanens köryta ingår dock inte i kostnadskalkylen. För att skydda en övertäckning som skall belastas som köryta krävs en överbyggnad som är 1 meter mäktigare än grundförslaget för övertäckning av kisaskadeponin. Denna extra meter måste i så fall schaktas ur för att anpassning till industriplanens nivå skall bli möjlig. En sådan åtgärd kan beräknas medföra ytterligare kostnad av ca 1,5 miljoner kronor.

Omdisponering av massor inom deponin uppgår till 25.400 m³, medan anskaffade massor för skyddsskikt och tätskikt uppgår till sammanlagt 61.000 m³. För att kunna bibehålla stabiliteten i deponin måste viss packningsrutin följas för fyllnadsmassor med stort inslag av bark, som har flyttats om inom deponin eller lagts in från västra slänten och kraftledningsgatan. Det innebär att packning av fyllnadsmassor bör utföras till en packningsgrad som motsvarar den som är i de befintliga fyllnadsmassorna på deponiområdet. Det rekommenderas att fyllning sker med små pallhöjder (maximalt 30 cm). Packning bör ske av varje pall med en statisk vält med en vikt av minst 2 ton och med minst 6 stycken överfarter.

Kostnaden beräknas till **20 miljoner kronor** exklusive etableringskostnader.

12.3 Industrideponin

Utredningen om erosionsriskerna för industrideponin vid höga flöden i Indalsälven visar att deponimassorna kan kvarligga efter anläggande av erosionsskydd.

Omdisponering sker av massor inom deponin för att erhålla rätt släntlutningar i de olika delarna (se **Kapitel 11.2.4.2**). Omdisponering av massor inom deponin uppgår till ca 8.700 m³, medan anskaffade massor för skyddskikt och tätskikt uppgår till sammanlagt ca 17.000 m³ (se vidare i **Tabell 18** och **Tabell 19** på **sidan 108** och **sidan 109**).

Särskild hänsyn krävs vid anslutning av övertäckningen till uppfartsvägen för deponiinfarten och till slänten på kisaskadeponin. Övertäckningen dimensioneras till 1,6 meter. (Se **Ritningarna P0504 – P0507**).

Kostnaden beräknas till **5,6 miljoner kronor** exklusive etableringskostnader. Kostnaden för erosionsskydd uppgår till mellan **0,16-0,57 miljoner kronor**.

12.4 Kisaskytan invid industriområdet (f.d. timmerfickan vid gamla såghuset)

Urschaktning av förorenade massor samt borttransport till godkänd extern mottagningsanläggning förutsätts vara det alternativ som återstår att välja för f.d. timmerfickan vid gamla såghuset.

Den yta med kisaskaförekomst som nu är identifierad uppgår till ca 1.400 m² och utförda borrhningar visar att föroreningar som mest förekommer ned till 1,9 meter. Kisaskan är förhållandevis ren utan större inslag av bark eller spån, massorna bedöms därför kunna godkännas för mottagning utan fördyrande förbehandling. Volymen för borttransport bedöms uppgå till ca 2,200 m³.

Kostnaden för borttransport till godkänd mottagaranläggning i mälardalstrakten beräknas till **4,4 miljoner kronor** exklusive etableringskostnader. Om tillstånd för samdeponering på kisaskadeponin kan erhållas uppgår beräknad kostnad till **0,93 miljoner kronor**.

12.5 Total beräknad kostnadskalkyl

De summerade kostnaderna för förespråkade alternativ inklusive gemensamma kostnader redovisas i nedanstående tabell.

Tabell 21. Sammanställning av totala beräknade kostnaderna för efterbehandling av Hissmofors deponiområde samt kisaskaytan invid industriområdet. I kalkylen för kisaskaytan vid industriområdet har antagits att samdeponering kan ske på kisaskadeponin. Om detta inte är genomförbart ökar kostnaden med 3,5 miljoner kronor till summa 40,9 miljoner kronor.

Område	Metod	Kostnad [mkr]
Barkdeponin	Övertäckning med naturliga massor	7,3
Kisaskadeponin + vinddriven kisaska under kraftledningsgatan	Övertäckning med naturliga massor	20,0
Industrideponin	Övertäckning med naturliga massor	5,8
Kisaskaytan vid industriområdet (F-ytan)	Urschaktning och samdeponering på kisaskadeponin	0,9
Gemensamma kostnader för etableringsyta, röjning, vattenrening, stängsel, avfallshantering mm		3,4
TOTALT		37,4

13 Haltgränser för massor som kan samdeponeras

Att samdeponera massor inom området i syfte att minimera den totala yta som täcks av upplag och skall förses med sluttäckning inom området kan vara en kostnadseffektiv åtgärd. Detta under förutsättning att tillförda massor inte försämrar deponins tekniska eller miljömässiga egenskaper. Exempelvis bör de tillförda massorna inte ge ytterligare tillskott av försurande lakvatten, eftersom detta ju skulle kunna öka lösligheten av de metaller som finns i en deponi.

Samdeponering på kisaskadeponin har föreslagits i tidigare utredning (SWECO VIAK 2004) för massor från industrideponin, i det fall som denna på grund av erosionsrisk inte kunde kvarligga. I denna huvudstudie har det visats att industrideponin kan ligga kvar efter utförande av vissa skyddsåtgärder, se **Kapitel 9**. Alternativet att samdeponera massor från industrideponin på kisaskadeponin bedöms därför inte längre vara aktuellt.

Ett alternativ som dock kan vara av intresse är att samdeponera massor från kisaskaytan invid industriområdet väster om gamla hyvleriet (F-området) på kisaskadeponin.

I kisaskadeponin har massorna i vissa provpunkter metallhalter över vad RVF har föreslagit som gräns för farligt avfall. För att minska riskerna med dessa metallhaltiga massor föreslås flera åtgärdsalternativ. Två av alternativen innebär att massorna får ligga kvar, antingen efter stabilisering eller med övertäckning. I båda fallen bedöms föreslagna åtgärder undanröja riskerna med massorna så att de kan kvarligga på området, trots att metallhalterna överskrider föreslagna gränser för farligt avfall.

Föroreningarna från kisaskaytan invid industriområdet är av samma ursprung (kisaska eller kis) och av liknande karaktär som massorna i kisaskadeponin. Massorna från kisaskaytan (F-området) innehåller i alla provtagningspunkter högt metallinnehåll och är över nivån för farligt avfall enligt förslag i RVF 02:09. Som alternativ till att schakta ur massorna från kisaskaytan för borttransport, skulle ett alternativ kunna vara att samdeponera dessa massor inom kisaskadeponin. Riskerna med kisaskaytans massor kommer i så fall att kunna reduceras på motsvarande sätt som de i kisaskadeponin. Det innebär att de antingen blir behandlade så att metallerna stabiliseras och inte kan bilda metallhaltigt lakvatten eller att lakvattenbildning motverkas genom en horisontell barriär.

Samdeponering på barkdeponin skulle också kunna vara ett alternativ till borttransport till extern behandlingsanläggning av barkmassor från snödeponin vid älvstranden väster om sågverksområdet samt de barkmassor som ligger upplagda vid virkesmagasinen vid uppfarten mot barkdeponin. Det innebär samma principiella ställningstagande av att tillförda massor inte ska försämra barkdeponins tekniska eller miljömässiga egenskaper. För att detta ska kunna bli möjligt får de tillförda barkmassornas innehåll av metaller inte överskrida de platsspecifika riktvärdena för nivån 1-2 meter (se tabell **Tabell 8**).

Att genomföra sådan samdeponering bedöms dock kräva tillstånd enligt Förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd.

14 Åtgärds mål och Riskvärdering

14.1 Åtgärds mål

Länsstyrelsens målsättning är att förorenings spridningen från området ska upphöra samt att området ska kunna användas för rekreatiöns ändamål och som industriområde utan att det ska innebära en risk för människors hälsa och miljön.

Målsättningen som är verksamhetsrelaterad kan uppnås genom rimliga riskreducerande åtgärder, medan målet att förorenings spridningen skall upphöra är svårare att nå. Även om riskreducerande åtgärder genomförs inom området är det svårt att på ett ekonomiskt rimligt sätt nå målet att förorenings spridningen skall upphöra. En mer rimlig anpassning i denna del torde kunna formuleras så att förorenings spridningen skall *minimeras*.

De övergripande målen gäller både för den del av deponiområdet som fortsättningsvis skall användas som industriområde och för den del av området som fortsättningsvis skall kunna användas för rekreatiöns ändamål som strövområde.

Följande skyddsobjekt har identifierats för området

- Yrkesverksamma människor som arbetar inom den del av området som fortsättningsvis skall användas som industriområde.
- Barn som vistas tillfälligt inom industriområdet.
- Människor som bor i anslutning till området och regelbundet kan komma att använda detta som strövområde. Dessa människor antas kunna plocka bär från området och äta fisk ifrån Indalsälven.
- Indalsälvens biota.
- Människor (vuxna och barn) som kommer i kontakt med sedimenten i östra diket.

Med hänsyn till nuvarande och planerad markanvändning, markens skyddsvärde samt hälso- och miljörisker vid spridning till nedströms liggande vattendrag, föreslås följande åtgärds mål för efterbehandlingen av Hissmofors deponiområde.

- Människor (vuxna och barn) ska kunna vistas inom området i och äta bär och fisk i den utsträckning som framgår av nedanstående tabellerna **Tabell 22** och **Tabell 23**, utan risk för negativa effekter på hälsan.

Tabell 22. Exponeringsvägar och exponeringstider för Industriområdet inom Hissmofors deponiområde. *m* u *my*=meter under markytan *d*=dagar per år

	Industriområde		
	0-1 m u my	1-2 m u my	> 2 m u my
Hälsorisker			
Intag av jord	Vuxna 27 d Barn 27 d	Vuxna 10 d Barn 10 d	Vuxna 5 d Barn 5 d
Hudkontakt	Vuxna 15 d Barn 27 d	Vuxna 10 d Barn 10 d	Vuxna 5 d Barn 5 d
Inandning av damm	Vuxna 122 d Barn 122 d	Vuxna 10 d Barn 10 d	Vuxna 5 d Barn 5 d
Inandning av ångor	Vuxna 122 d Barn 122 d	Vuxna 122 d Barn 122 d	Vuxna 120 d Barn 122 d
Intag av fisk	Ja, 30% av totalt fiskintag	Ja, 30% av totalt fiskintag	Ja, 30% av totalt fiskintag

- Människor ska kunna exponeras för sediment i östra diket i den utsträckning som framgår av nedanstående **Tabell 23**, utan risk för negativa effekter på hälsan.

Tabell 23. Exponeringsvägar och exponeringstider för rekreationsområdet inom Hissmofors deponiområde. m u my=meter under markytan d=dagar per år

	Strövområde			
	0-1 m u my	1-2 m u my	> 2 m u my	Sediment
Hälsorisker				
Intag av jord eller sediment	Vuxna 60 d Barn 60 d	Vuxna 10 d Barn 10 d	Vuxna 5 d Barn 5 d	Vuxna 60 d Barn 60 d
Hudkontakt med jord eller sediment	Vuxna 30 d Barn 30 d	Vuxna 10 d Barn 10 d	Vuxna 5 d Barn 5 d	Vuxna 30 d Barn 30 d
Inandning av damm	Vuxna 60 d Barn 60 d	Vuxna 10 d Barn 10 d	Vuxna 5 d Barn 5 d	Ingen exponering
Inandning av ångor	Vuxna 60 d Barn 60 d	Vuxna 60 d Barn 60 d	Vuxna 60 d Barn 60 d	Ingen exponering
Intag av fisk	Ja, 30% av totalt fiskintag	Ja, 30% av totalt fiskintag	Ja, 30% av totalt fiskintag	Nej
Intag av svamp och bär	Exponering enligt MLU** dvs 1 kg/år	Ingen exponering	Ingen exponering	Ingen exponering

- Inom området skall växlighet och djurliv kunna etablera sig utan att drabbas av allvarliga negativa effekter.
- Påverkan på Indalsälven ska inte medföra negativa effekter på det akvatiska livet i älven i dag eller framöver
- Indalsälvens biota.

I övrigt bör noteras att SWECO VIAKs bedömning är att östra diket samt dammarna inom området är så små att människor inte badar i dessa. De bedöms inte heller vara tilltalande för bad varför dessa exponeringsvägar inte har tagits med i beräkningen av riktvärden. Lek och andra aktiviteter i anslutning till dammarna och diket kan dock förekomma, vilket innebär att människor kan exponeras för sedimenten främst genom hudkontakt och intag av sediment.

Bedömningen gällande området är att detta kommer att användas som strövområde samt att bärplockning och fiske förväntas ske i samband med vistelse inom området.

14.1.1 Förslag till mätbara åtgärds mål

Mätbara åtgärds mål föreslås för olika delområden med avsikt att de övergripande åtgärds målen skall uppnås. Dessa skiljer sig åt dels beroende på vilken åtgärds metodik som valts och dels beroende på vilken markanvändning som avses.

Utgångspunkten vid framtagande av mätbara åtgärds mål utgörs av beräknade platsspecifika riktvärdena. Dessa är riskbaserade, men har vissa begränsningar med avseende på användbarhet som åtgärds mål. Till exempel har ingen begränsning gjorts utifrån vad som är rimliga halter utifrån till exempel lösligheter och dylikt. Ingen hänsyn är heller tagen till omblandningsmekanismer mellan olika jordlager. Därför har ett antal justeringar gjorts vid framtagande av mätbara åtgärds mål. Dessa är följande:

- Åtgärds målen är satta så lågt som möjligt utan att det bedöms medföra ökade kostnader pga ökat åtgärds behov. Detta medför ingen egentlig ökad riskreduktion, men av psykologiska skäl kan låga riktvärden/åtgärds mål motiveras eftersom det är vanligt att man uppfattar åtgärds målen som faktiska resthalter inom området.
- Åtgärds målen skiljer sig inte mer än 10 gånger mellan närliggande jordlager.
- Åtgärds målen får inte överskrida haltgränser för farligt avfall

14.1.1.1 Deponiområdet:

Ytor som åtgärdas genom övertäckning

Det övergripande åtgärds målet är att risker för människor skall avvärjas samt att växtlighet skall kunna etableras och att infiltrationen skall minska.

Den planerade övertäckningen kommer att minska infiltrationen. För att människors hälsa och att växtlighet skall kunna etableras ställs krav på det material som övertäckningen består av. För att

åstadkomma detta föreslås åtgärds mål i form av haltgränser enligt tabellen nedan.

Tabell 24. Åtgärds mål i form av haltgränser för övertäckningsmassor

Djup	Arsenik	Bly	Kadmium	Kobolt	Koppar	Krom (III)	Krom (VI)	Kvick-silver	Nickel	Zink	PAH* canc	Alifater C16-21
<i>mg/kg TS</i>												
C_fyll	15	150	6	120	100	120	40	5	100	350	8	100

* Avser Benso(a)pyrenekvivalenter

Utifrån tidigare provtagning har det visat sig att uppmätta halter i områdena som kommer att övertäckas, underskrider beräknade riktvärden för jorddjupen 1-2 m och ingen ytterligare provtagning planeras. Därför är det inte meningsfullt att föreslå haltgränser för massorna under övertäckningen. Åtgärds målen avser massor som omflyttas inom området. Inköpta massor skall hålla KM-halter.

Icke övertäckta ytor inom deponiområdet

För dessa ytor föreslås åtgärds mål i form av haltgränser enligt tabellen nedan.

Tabell 25. Åtgärds mål i form av haltgränser för icke övertäckta ytor och resthalter på icke övertäckt schaktbotten inom deponiområdet

Djup	Arsenik	Bly	Kadmium	Kobolt	Koppar	Krom (III)	Krom (VI)	Kvick-silver	Nickel	Zink	PAH* canc	Alifater C16-21
<i>mg/kg TS</i>												
C_jord: 0-1 m	15	150	6	120	100	120	20	5	100	350	8	100
C_jord: > 1 m	40	300	12	250	200	250	20	7	200	700	40	1000

* Avser Benso(a)pyrenekvivalenter

Kiskaskan ligger inom dessa områden ytligt, och det finns ingen egentlig misstanke om höga halter i djupa jordlager. Relativt låga haltgränser har därför föreslagits som åtgärds mål eftersom den ökade kostnaden som sänkningen medför sannolikt blir små.

Sediment

För sediment föreslås i form av haltgränser enligt tabellen nedan.

Tabell 26. Åtgärds mål i form av haltgränser för sediment

Djup	Arsenik	Bly	Kadmium	Kobolt	Koppar	Krom (III)	Krom (VI)	Kvick- silver	Nickel	Zink	PAH canc	Alifater C16-21
mg/kg TS												
C_sed:	30	80	7	30	100	100	5	1	35	350	20	100

14.1.1.2 Industriområdet

För industriområdet föreslås åtgärds mål i form av haltgränser enligt tabellen nedan.

Tabell 27. Åtgärds mål i form av haltgränser för icke övertäckta ytor och resthalter på icke övertäckt schaktbotten inom industriområdet

Djup	Arsenik	Bly	Kadmium	Kobolt	Koppar	Krom (III)	Krom (VI)	Kvick- silver*	Nickel	Zink	PAH**	Alifater C16-21
mg/kg TS												
C_jord: 0-1 m	26	300	12	250	200	250	20	0,3/7	400	700	40	1000
C_jord: 1-2 m	85	500	20	500	500	500	20	0,3/7	800	1500	40	2000
C_jord: >2 m	170	1000	40	1000	1000	1000	20	1/7	1000	1500	40	5000

*Kvicksilvret värdesätts av inträngning av ångor i byggnader. Enstaka förhöjda kvicksilverhalter över MKM (7 mg/kg) bedöms inte påkalla åtgärder.

** Avser Benso(a)pyrenekvivalenter

14.2 Riskvärdering

Relevansen av platsspecifika riktvärdena

Som bas för framtagande av platsspecifika riktvärden (PSRV) har exponeringstiden för människor satts till 60 dagar per år. Riktvärdet för det riskmässigt dimensionerande ämnet arsenik i mark har då räknats fram till 10 mg As/kg TS, vilket uppjusterats till 15 mg As/kg TS på grund av bakgrundsnivån i jord. Hälso- och miljöriskerna i området vid den halten kommer då att vara i lågrisknivå.

Utbredningen av arsenik i marken med halter kring och över 15 mg/kg TS är omfattande i Hissmofors deponiområde, även där kisaska inte direkt har hanterats. Åtgärdsområdena har därför kommit att bli stora och kostnadskrävande för efterbehandling. Den diffusa spridningen av arsenik i området har även medfört att åtgärdsområdet ännu inte gått att helt avgränsa. Risken är då att åtgärderna blir för begränsade för att undanröja den samlade risken inom ett större område än bara inom deponiområdet.

Den exponeringstid som ansatts vid beräkningen av PSRV är inte någon faktisk uppmätt tid som kunnat verifieras i området. De uppgifter som finns från länsstyrelsen och Krokoms kommun anger att personer uppehåller sig på strandområdet där de har båtar och att ett vindskydd vid östra bäcken nyttjas i någon mån. Personer rastar också hundar och promenerar genom området. Den informationen antyder att strövområdets nyttjandegrad kan ha överskattats vid ansatta 60 dagars exponering per år och att riktvärdet på 15 mg As/kg TS satts för lågt.

Om exponeringstiden sätts lägre, till motsvarande 15 dagar per år, kommer PSRV att hamna på 19-20 mg As/kg TS. Detta värde ger fortsatt en lågrisknivå gällande antal cancerfall per 100 000 personer. Som framgår av **Ritning M0501** kommer detta inte att medföra någon större skillnad i omfattningen av åtgärdsbehovet. Halterna i det övre markskiktet 0-1 meter ligger i några få fall kring denna nivå, särskilt i området under kraftledningen mellan kisaskadeponin och fram till industrideponin. I övriga delar av deponiområdet kvarstår åtgärdsbehovet.

Om det övergripande åtgärds målet ändras för deponiområdet, till att den framtida markanvändningen enbart skall gälla nyttjande av området för industriändamål skulle nivån för arsenik i de platsspecifika riktvärdena kunna höjas.

Barkdeponins övertäckning

Kostnaden för täckning av barkdeponin är oproportionellt högt jämfört med behovet av riskreduktion, utom i de norra delarna. Orsaken till detta är att metaller över PSRV har påträffats på delar av området och att detta motiverat 1 meters skyddstäckning. För att kunna sänka kostnaden genom användning av lägre höjd på skyddsskiktet, måste det statistiskt säkerställas att riskerna med metallförekomst på barkdeponin är låga. En sådan verifiering kan ske genom kompletterande tät ytprovtagning. Kostnaderna för en kompletterande provtagning kan mycket väl uppvägas av den kostnadsreduktion som skulle kunna erhållas vid lägre krav på övertäckningens mäktighet. Skulle det visa sig att förekomsten av kisaska i ytan är av mindre omfattning, kan åtgärderna på barkdeponin begränsas till att säkra deponins stabilitet genom anpassade släntlutningar och att minska infiltrationen i de norra delarna.

Kisaskaytan invid industriområdet

Urschaktning och borttransport av massorna från kisaskaplanen invid industriområdet (f.d. timmerfickan vid gamla såghuset) till extern mottagningsanläggning innebär en hög kostnad. Samdeponering av dessa massor på kisaskadeponins område är en tekniskt rimlig och samhällsekonomiskt gynnsammare lösning. Kostnadsskillnaden beräknas uppgå till ca 3,5 miljoner kronor. Riskerna bedöms inte heller öka i kisaskaområdet med sådan samdeponering. En sådan åtgärd är dock tillståndspliktig verksamhet enligt miljöbalken.

Noll-alternativet

Om inga efterbehandlingsåtgärder genomförs på Hissmofors deponiområde kommer hälsoriskerna och risken för förorenings-spridning att kvarstå. Det övergripande målet som uppsatts för området kommer inte att kunna uppnås.

Det bedöms dock ändå vara så att nollalternativet innebär att markägaren tvingas avlysa området för allmänhetens tillträde genom t.ex. instängsling. Eftersom marken utgör en hälsorisk är markägaren skyldig att vidta nödvändiga skyddsåtgärder för avvärjande av skada. Kostnaden för en sådan avlysning genom instängsling kan beräknas uppgå till ca **0,5 miljoner kronor**. Stängsellängden för att omgärda deponiytorerna, men samtidigt ha tillgänglighet till iordningsställda platser vid älvstranden, uppskattas till ca 1500 meter.

Tabell 28. Sammanställning av alternativ för Hissmofors deponiområde med översikt över måluppfyllelse och konsekvenser i området samt beräknade kostnader (exklusive kostnader för etableringsyta, bodar, vattenrening, röjning, stängsel mm.).

Nr	Alternativ	Måluppfyllelse	Kostnad [mkr]	Risker	Omgivningspåverkan	Tillståndsprövning	Kulturvärden	Landskapspåverkan	Övriga intressen
0	Noll-alternativ	Nej (0%)	0,5	Ja, både hälso- och miljörisker	Ja, spridning via grundvatten och partiklar	Nej	Nej	Nej	Området avstångs
1	Barkdeponin, Övertäckning	Ja, hälsa och miljö (>85%)	7,4	Nej (riskämnen skyddade)	Delvis (viss infiltration)	Nej (bygglov kan krävas)	Nej	Ändrat landskap	Område för industriväg tas bort
2	Barkdeponin, Övertäckning med bentonitmatta	Ja, hälsa och miljö (>85%)	7,9	Nej (riskämnen skyddade)	Delvis (viss infiltration)	Nej (bygglov kan krävas)	Nej	Ändrat landskap	Område för industriväg tas bort
3	Barkdeponin, Övertäckning med stabilisering	Ja, hälsa och miljö (100%)	13,3	Nej (riskämnen skyddade)	Nej	Nej (bygglov kan krävas)	Nej	Ändrat landskap	Område för industriväg tas bort
4	Kisaskadeponin/västra slänten, Urschaktning	Ja, hälsa och miljö (100%)	116,0	Nej	Nej	Nej (bygglov krävs)	Nej	Ändrat landskap	Område för industriväg tas bort
5	Kisaskadeponin/västra slänten, Övertäckning	Ja, hälsa och miljö (>85%)	24,9	Nej (riskämnen skyddade)	Delvis (viss infiltration)	Nej (bygglov krävs)	Nej	Ändrat landskap	Område för industriväg tas bort
6	Kisaskadeponin/västra slänten, Övertäckning med stabilisering	Ja, hälsa och miljö (100%)	74,1	Nej (riskämnen skyddade)	Delvis (viss infiltration)	Nej (bygglov krävs)	Nej	Ändrat landskap	Område för industriväg tas bort
7	Industrideponin, Urschaktning	Ja, hälsa och miljö (100%)	44,3	Nej	Nej	Nej (bygglov krävs)	Nej	Ändrat landskap	Inga
8	Industrideponin, Övertäckning, litet erosionskydd	Ja, hälsa och miljö (>85%)	6,5	Nej (riskämnen skyddade, litet erosionskydd)	Delvis (viss infiltration)	Ev. för vattenverksamhet (samt bygglov)	Nej	Ändrat landskap	Ändrad industriväg
9	Industrideponin, Övertäckning, stort erosionskydd	Ja, hälsa och miljö (>85%)	7,0	Nej (riskämnen skyddade, stort erosionskydd)	Delvis (viss infiltration)	Ev. för vattenverksamhet (samt bygglov)	Nej	Ändrat landskap	Ändrad industriväg
10	Kisaskaytan vid industriområdet (F-ytan), Urschaktning borttransport	Ja, hälsa och miljö (100%)	6,1	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Närliggande föroreningar
11	Kisaskaytan vid industriområdet (F-ytan), Urschaktning samdeponering	Ja, hälsa och miljö (100%)	0,8	Nej	Nej	Ja, för samdeponering på kisaskadeponin	Nej	Nej	Närliggande föroreningar

15 Projekteringsdirektiv

15.1 Övergripande direktiv

Mätbara eller kalkylerbara åtgärds mål för området har definierats (se **kapitel 14.1**) med syfte att området ska kunna nyttjas för rekreations- och industriändamål utan risk för människors hälsa eller närliggande miljö.

Det primära åtgärds målet är att genom täckning och omdisponering av massor innesluta de farliga ämnena i deponierna så att människor inte exponeras för dessa (hudkontakt, inhalation, intag via bär/frukt). Som sekundärt åtgärds mål gäller att läckaget av metaller till Indalsälven skall minimeras. Primära åtgärds målet är mätbart i utförandekontroll, medan det sekundära åtgärds målet kan kalkyleras genom miljökontroll gällande grundvattenkvalitet och flöde.

För att uppfylla det primära och sekundära åtgärds målen ställs följande mätbara åtgärds krav för respektive område nedan:

Barkdeponin: Delar av massorna omdisponeras på deponin. I norra delen av deponin, i slänten mot kisaskadeponin, skall perkolationen begränsas till $50 \text{ l/m}^2 \text{ och år}$. Kravet gäller ett område 10 meter före deponislänten och 20 meter ned på deponislänten mot kisaskadeponin. Täcksikt skall vara minst 1,9 m (0,5 m tätsikt, 0,3 m dränsikt, 1 m skyddsikt samt 0,1 m växtetableringssikt). Bentonitmatta eller geomembran kan användas som alternativ till naturliga massor. Släntlutningen skall i detta område inte vara större än 1:4. Åtgärds kraven på övriga delar av barkdeponin innebär inget krav på tätsikt, dock föreligger krav på ett skyddsikt om minst 1 meter. Perkolationen genom täcksikt i denna del av deponin skall begränsas till $150 \text{ l/m}^2 \text{ och år}$. Släntlutningen skall på övriga delar av barkdeponin vara minst 1:3.

Kisaskadeponin: Delar av massorna omdisponeras på deponin. Täcknings- och tätningskraven likställs med kraven för en deponi med farligt avfall. Det innebär att perkolationen genom tätsikt skall begränsas till $50 \text{ l/m}^2 \text{ och år}$. Täcksikt skall vara minst 1,9 m (0,5 m tätsikt, 0,3 m dränsikt, 1 m skyddsikt samt 0,1 m växtetableringssikt). Bentonitmatta eller geomembran kan användas som alternativ till naturliga massor. Släntlutningen skall inte vara större än 1:4 i östra delen och 1:3 i västra delen.

Industrideponin: Delar av massorna omdisponeras på deponin. Övertäckning skall ske så att perkolationen genom tätskiktet begränsas till ca 50-70 l/m² och år. Tätskiktet bör vara minst 1,6 m (0,5 m tätskikt, 1 m skyddsskikt samt 0,1 m växtetableringsskikt). Släntlutningen skall inte vara större än 1:3.

Kisaskaytan vid industriområdet (F-området): De förorenade massorna skall schaktas ur och klassas enligt rutiner beskrivna i kontrollprogram. Förorenade massor fraktas bort till godkänd mottagningsanläggning eller samdeponeras i kisaskadeponin i det fall särskilt myndighetsbeslut erhålls för sådan hantering.

Generellt gäller för alla massor: De urschaktade massorna skall sorteras genom harpning eller motsvarande metod. Utsorterat skrot och betong mm fraktas till godkänd mottagningsanläggning. Sorterade massor skall klassas och särskiljas efter i förväg fastställda föroreningsgrader baserade på framtagna acceptabla resthalter (plats specifika riktvärden) för området eller i indelning av farligt/icke farligt avfall. Klassningsrutinen skall återfinnas i kontrollprogram för efterbehandlingsåtgärderna. Sorterade massor med föroreningshalter under acceptabla resthalter skall återvinnas som tätskikt eller för återställning av deponierna.

15.2 Upphandlingsdirektiv

Upphandling av entreprenader och tjänster föreslås ske enligt lagen om offentlig upphandling (LOU 1992:1528 med ändringar enligt SFS 2002:594) och skall ansluta till de branschtypiska "regelverk" som finns i t.ex. AB 92, AF AMA 98 och AF konsult 97.

15.3 Entreprenaddirektiv

15.3.1 Schaktarbeten och masshantering

Schaktningsarbeten, harpning och övrig hantering av massor i samband med efterbehandlingsåtgärderna ska utföras i enlighet med upprättat miljökontrollprogram och på sådant sätt att risken för spridning av föroreningar minimeras samt utan onödiga dröjsmål. Arbetet bör planeras på sådant sätt att behovet av mellanupplag minimeras.

Schakt av massor skall ske i s.k. selektiva enhetsvolymmer (SEV), vilka ska fastställas i projekteringskedet.

15.3.2 Klassning av massor

Schaktmassor skall klassas genom provtagning och analys samt särskiljas enligt upprättat miljökontrollprogram (A, B, C, D eller motsvarande). Klassningen gäller samtliga omdisponerade eller samdeponerade massor som hanteras i samband med genomförandet av efterbehandlingsåtgärderna, d.v.s. massor som hanteras inom området samt eventuella massor som transporteras till godkänd mottagningsanläggning.

Kisaska och massor från deponierna som skall transporteras ut ur området till godkänd mottagningsanläggning skall enligt avfallsförordningen klassas och hanteras som farligt avfall till dess att laktester eller andra undersökningar visar annat.

15.3.3 Tillfälliga upplag av förorenade massor

Mellanupplag för förorenade massor skall anläggas på hårdgjorda ytor, där möjlighet finns till övertäckning för att minimera risken för damning eller spridning via regnvatten mm. Upplagen bör även lokaliseras och utformas på sådant sätt att transporter och omlastning underlättas och att olika typer av material/föroreningsklasser kan särskiljas. Lokaliseringen av mellanupplag skall meddelas till tillsynsmyndighet i saneringsanmälan.

15.3.4 Vattenhantering och vattenrening

För att säkerställa att efterbehandlingsåtgärderna utförs på sådant sätt att sanerade områden ej återkontamineras och för att undvika att vatten tillförs i schaktgropar, måste efterbehandlingsarbetet planeras och utföras i särskild ordningsföljd. Planeringen av ordningsföljden sker i projekteringen under förberedelseskedet, vilket sedan inarbetas i förfrågningsunderlag för upphandling av saneringsentreprenör och i miljökontrollprogrammet för entreprenaden.

Riktvärden för acceptabla halter av miljöstörande ämnen i utsläpp av läns- och tvättvatten till dagvattenavlopp eller recipient skall fastställas i projekteringen. Avskärande diken skall planeras in så att ytvatten kan ledas förbi schaktgropar och undvika kontaminering genom kontakt med förorenade massor.

Kontroll av utgående vatten till recipient/dagvattenavlopp skall ske genom provtagning och analys enligt miljökontrollprogram för

entreprenaden. Kontrollen bör ske genom beställarens miljökontrollant.

15.3.5 Transport inom arbetsområdet och rensluss

Anläggandet av transportvägar inom arbetsområdet skall planeras med hänsyn tagen till genomförandet av föreslagna efterbehandlingsåtgärder, transportsträckornas längd och logistik samt med hänsyn till risken för spridning av föroreningar till omgivningen. Spridning under transport bedöms främst uppkomma genom damning och via vatten som rinner av från massorna.

Vid planeringen skall behovet av renslussar för in- och uttransport fastställas, likaså behovet av däckstvätt, schaktplåtar, beläggingsmaterial på vägar och ytor samt dammbekämpande åtgärder. Krav på täta och/eller täckta flak vid transport och försiktig lossning eller motsvarande åtgärder skall fastställas.

15.3.6 Transport på allmän väg

Transporter av material klassat som farligt avfall på allmän väg skall ske med fordon med erforderliga tillstånd att transportera farligt avfall enligt avfallsförordningen (2001:1063). Krav på fordon med täta och/eller täckta flak skall anges. Erforderliga transportdokument skall upprättas (lämpligen av beställarens miljökontrollant).

Särskild trafikplan skall upprättas för transportvägar där planeringen sker så att störningar i bebyggda områden kan undvikas och transportvägen minimeras.

15.3.7 Utformning av deponier

Övergripande krav för utformning av deponierna återfinns under **kapitel 11.1.3**. Detaljerade projekteringshandlingar skall upprättas med stöd av förprojekteringen i huvudstudien (SWECO VIAK 2006) och skall ansluta till de branschtypiska regelverk som finns i t.ex. AB 92, AF AMA 98 och AF konsult 97.

Återanvända massor skall uppfylla kraven på föroreningshalter motsvarande acceptabla resthalter i föreslagna mätbara åtgärds mål.

För att förhindra tillförsel av föroreningar till området skall ett generellt krav ställas på externa massor och material i upprättat miljökontrollprogram. Kravet bör vara att halten av föroreningar

understiger det generella riktvärdet för känslig markanvändning för aktuella ämnen i berörda rapporter från naturvårdverket (rapporterna 4638 och 4889). Avsteg från detta krav bör kunna motiveras väl genom platsspecifik riskbedömning och värdering. Återanvändning av material, såsom restprodukter bör förordas gentemot användning av ändliga naturmaterial.

15.3.8 Flyttning och återställande av objekt inom området

Flyttning, rivning eller ändringar och återställning av befintliga vägar, staket, byggnader, träd eller andra anordningar skall planeras ske i samråd med fastighetsägaren.

15.3.9 Egenkontroll

I förfrågningsunderlag för upphandling av saneringsentreprenör skall långtgående krav ställas på entreprenören vad gäller dennes egenkontroll, inklusive dokumentation och redovisning. Detta för att säkerställa att uppsatta åtgärds mål kommer att kunna efterlevas.

Inom ramen för entreprenörens egenkontroll skall följande moment ingå:

- bygg- och funktionskontroll (kontroll av material, packning och utläggningstjocklek för respektive täckningsskikt)
- miljökontroll (kontroll av miljökrav för exempelvis produkter, fordon, maskiner samt att säkerställa att ökad spridning av farliga ämnen ej uppkommer genom bl.a. kontroll av upplag, transporter, transportvägar, masshantering samt rengöring av utrustning och maskiner).

15.3.10 Arbetsmiljö

I projekteringsskedet skall arbetsmiljökrav, utöver gällande lagstiftning, preciseras och anges i förfrågningsunderlaget. Utifrån genomförd riskbedömning föreslås att skyddsnivå B hålls i enlighet med sida 50 i Arbetsmiljöverkets publikation "MARKSANERING – om hälsa och säkerhet vid arbete i förorenade områden" samt att förfrågningsunderlaget upprättas i enlighet med denna publikation.

För att säkerställa att efterbehandlingsarbetena inte riskerar skada allmänheten, skall området planeras att instängslas och att deponiområdesvägen mellan indstrideponin och kisaskadeponin avstängas. Vid utformningen av stängslet skall hänsyn tas så att tillgängligheten till sjöbodarna väster om indstrideponin kvarstår.

Stängslet skall jordas enligt gällande bestämmelser eftersom området korsas av luftledningarna med högspänning. Vid arbete inom säkerhetsavståndet för luftledningarna med högspänning skall särskilda krav ställas på entreprenadmaskinernas lyfthöjd.

15.3.11 Övriga försiktighetsmått

I anmälan om efterbehandling (enligt 28 § förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd) kan vid behov ytterligare förslag till försiktighetsmått anges. De krav som eventuellt ställs av tillsynsmyndigheten skall inarbetas i miljökontrollprogrammet och i berörd omfattning i förfrågningsunderlaget för upphandlingen av entreprenaden.

16 Strategi för anmälningar och tillståndsansökan

De delar av deponiområdet som är medtagna i detaljplanen är benämnda som industriområde. Förutsättningen för att kunna genomföra åtgärdsalternativen med övertäckning, är att föroreningarna accepteras att få ligga kvar under isolerande horisontell barriär som skyddar för risker för människors hälsa och närliggande miljö.

Beroende på åtgärdernas slutliga utformning kan det i detaljplan behöva införas särskilda bestämmelser om begränsning av områdets nyttjande exempelvis genom inskränkning av byggnation mm. Generellt gäller att omhändertagande av massor som ligger utanför deponiområden och som skall flyttas och därmed ingå i något av befintliga deponier (ex. massor från kisaskaytan invid industriområdet samt barkmassorna från snötipp till barkdeponin) kan kräva tillstånd enligt Förordning (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd för anläggandet av ny deponi.

Utifrån föreslagna åtgärder har följande behov av anmälningar och tillstånd identifierats:

- Anmälan om efterbehandling av ett förorenat område
 - enligt 28 § förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd ska ske senast sex veckor innan planerade efterbehandlingsåtgärder påbörjas. Anmälan skall ske till berörd tillsynsmyndighet.
- Tillstånd för transport av avfall respektive farligt avfall
 - enligt 26-27 §§ avfallsförordningen (2001:1063). Gäller endast transport utanför arbetsområdet av material klassat som avfall respektive farligt avfall. Tillstånd skall innehas av entreprenör som transporterar förorenade massor inom och utanför området.
- Anmälan eller tillstånd för mellanupplag av massor
 - enligt Förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. Krav på anmälan eller tillstånd regleras utifrån avfallstyp (avfall eller farligt avfall) samt utifrån upplagsmängd och upplagstid. Anmälan skall ske till berörd tillsynsmyndighet.

- Ansökan om bygglov respektive marklov för ändrad markyta
 - enligt 8 kap. Plan- och bygglag (1987:10). Enligt lagen krävs bygglov för att anordna eller väsentligt ändra upplag eller materialgårdar. Enligt lagen krävs marklov för schaktning eller fyllning som medför att höjdläget för tomter eller mark för allmän plats ändras avsevärt (ej om den nya höjdsättningen inryms inom i gällande detaljplan angivet höjdläge). Marklov kan även krävas för trädfällning eller skogsplanering. Lov söks hos berörd kommun.

- Ansökan om bygglov för ändrad markyta
 - enligt 8 kap. Plan- och bygglag (1987:10) i och med att föreslagna efterbehandlingsåtgärder utgör en konflikt med befintlig byggplanen från år 1986. I planen finns mark avsatt för industriväg och som ej får bebyggas (område Z i byggplan B1690). Avsatt mark skär tvärs över området där åtgärder planeras på kisaskadeponin/västra slänten. Lov söks hos berörd kommun.

- Ansökan om tillstånd för vattenverksamhet - enligt 11 kap. § 9 MB. Tillstånd för vattenverksamhet kan komma att krävas i samband med planerade erosionskyddande åtgärder som också sträcker sig ut i älven vid industrideponin. Tillstånd för vattenverksamhet respektive beslut om att tillstånd krävs för åtgärden eller ej prövas av Miljödomstolen.

- Utöver efterbehandlingsåtgärder inom på själva barkdeponin, har det även framställts behov av att samordna omhändertagandet av bark som nu ligger utanför deponiområdet. Det gäller dels massor från en barkinblandad snötipp väster om Hissmofors industriområde (ca 5.000 m³) och dels barkmassor som ligger på planen mellan virkesmagasinen och vägen upp mot barkdeponin (ca 5.000 m³). Omhändertagande av massor som ligger utanför deponiområdet kan medföra krav på tillståndsprövning för anläggandet av ny deponi enligt Förordningen (1998:899) av miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. För ovanstående massfölyttning antas B-tillstånd krävas. Detta tillstånd söks hos Länsstyrelsen om massorna ej bedöms utgöras av farligt avfall motsvarande en mängd över 10 000 ton. Det senare medför i så fall prövning i Miljödomstol.

I övrigt görs bedömning att flytt av massor sker inom samma deponi-område, varför tillståndsförfarande för anläggning av ny deponi ej krävs.

17 Direktiv för miljökontroll

För att verifiera effektiviteten av utförda efterbehandlingsåtgärder, samt kontrollera att vidtagna åtgärder har utförts korrekt och utan ökad risk för spridning av farliga ämnen, bör miljökontroll ske före planerade åtgärder, under pågående efterbehandling samt efter avslutade åtgärder. Miljökontrollen bör omfatta kontroll av faktorer som påverkar både människor och miljön. Miljökontrollen kan delas in i tre huvudområden.

1. Miljöövervakning – kontroll av efterbehandlingsåtgärdernas effektivitet före, under och efter åtgärd. Kontrollen, som föreslås omfatta yt- och grundvatten, bör regleras i ett kontrollprogram. Kontrollen bör omfatta provtagning av grundvatten i minst en punkt uppströms bark- och kisaskadeponierna, i minst två punkter nedströms kisaskadeponin/västra slänten samt i minst en punkt nedströms barkdeponin. Ytvatten i östra bäcken bör provtas i minst en punkt uppströms deponierna, i minst två punkter nedströms deponierna samt i anslutning till utloppet.

Analysomfattningen bör omfatta parametrarna pH, konduktivitet, redox samt metaller (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Pb, S, Zn). För vissa utvalda punkter bör analys utföras på PAH och alifater. Analys av mikrotox på grundvatten bör också utföras på någon av de utvalda punkterna. Innan, under och ett år efter avslutade åtgärder bör provtagning ske 4 gånger per år. Därefter bör resultaten utvärderas och om det anses lämpligt kan provtagningsintervallet förlängas.

2. Bygg-/Funktionskontroll – kontroll av vidtagna efterbehandlingsåtgärder. Kontrollen syftar till att säkerställa att åtgärderna vid entreprenad genomförs på sådant sätt att syftet, d.v.s. att skydda människor och miljö, tillgodoses. Byggkontrollen bör omfatta kontroll av de krav som ställts på exempelvis tät- och skyddsskiktens mäktighet, materialval, renhet och packningsgrad i syfte att förhindra inträngning av vatten samt förhindra exponering med förorenade massor genom direktkontakt eller damning. Byggkontrollen bör utföras dels inom entreprenörens egenkontroll och dels av en extern kontrollant.

3. Utförande/saneringskontroll - miljökontroll under entreprenadarbeten syftar till att säkerställa att riskerna för människa och miljö inte ökar under entreprenadtiden samt säkerställa att förorenade massor hanteras och omhändertas på rätt sätt. Kontrollen bör omfatta provtagning och analys av uppgrävda massor, schaktväggar och schaktbottnar. Dessutom bör masshanteringen kontrolleras för att minska risken för damning, spridning av förorenat vatten och direktkontakt med förorenade massor. Krav på transporter, transportvägar, mellanlager och andra i projekteringsdirektivet angivna krav kontrolleras. Krav på att miljökontrollen ska dokumenteras och redovisas bör ställas.

Kontroll av arbetsmiljö och entreprenörens egenkontroll regleras i förfrågningsunderlaget (upphandling av saneringsentreprenör). Kontrollprogram för efterbehandlingsåtgärder upprättas före förfrågningsunderlaget så att erforderliga åtgärder i kontrollprogrammet ligger till grund för upphandlingen av saneringsentreprenör.

18 Osäkerheter och konsekvensrisker samt kompletteringsförslag

För att kunna förverkliga målet, att Hissmofors deponiområde skall kunna nyttjas utan risk för hälsa och miljö samt att förorenings-spridningen skall upphöra, återstår en del frågor att klargöra innan åtgärder kan genomföras. Det gäller ett antal punkter som har betydelse för åtgärdernas omfattning eller möjligheter till alternativa lösningar.

Till de mera osäkra faktorerna, som kan inverka negativt på uppställt mål för deponiområdet, räknas återkontamineringsrisken från områden utanför de som undersökts i denna huvudstudie.

Eftersom det är känt att kisaska förekommer inom närliggande delar av industriområdet kan t.ex. fordonstrafik, snöröjning och framtida grävningsarbeten genom kontaminerade ytor sprida föroreningar ut på åtgärdade delar.

Några av de områden utanför huvudstudieområdet som identifierats som osäkra är:

- 1) Underliggande markkvalitet vid barkupplaget intill skärmtaken/virkesmagasinen (invid vägen upp till barktippen) är osäker, kisaska kan finnas inblandat i massorna eller under barkupplaget.
- 2) Vid planen sydväst om infarten till barkdeponin (A0508) påträffas rivningsrester och höga metallhalter som inte är avgränsade.
- 3) Mellan gamla hyvleriet och industrispåret på industriplanen är det troligt att kisaskaförekomsten inte är helt avgränsad.
- 4) Vägkroppen utefter industrispåret (t.ex. vid läget för gamla timmerfickan/såghuset) innehåller kisaska som inte är avgränsad och kan komma att inverka på åtgärdade områden.
- 5) Planen vid virkestorkar och skärmtak är förorenad av kisaska som inte är avgränsad (se rapport 2004).

I vissa delar av huvudstudieområdet är föroreningssituationen inte helt klarlagd. Det gäller:

- 6) Ytan som avverkades 1979 på barkdeponins nordvästra sida vid "urgrävningsytan" mitt emot virkesmagasinen är inte säkrad vad gäller markkvaliteten (se **Figur 8 c** på **sidan 20**).
- 7) Området på mitten av kisaskadeponin (mellan punkterna B0503, GV5, B0502, C0501, C0503, C0502, C0504 och B0503) bör detaljgranskas för att erhålla mer kunskap om gränzonen mellan bark och kisaska.
- 8) I ett parti av västra slänten är avgränsningen av föroreningarna i marken osäker. Det gäller området från vedmagasinet och gamla hyvleriet bort över läget för de rivna sedimenteringsbassängerna och fram utmed vägen till punkten C0504.
- 9) Barkdeponins ytliga metallförekomst bör statistiskt säkerställas genom kompletterande tät ytprovtagning, för att om möjligt sänka kravet på övertäckningens mäktighet.

Det finns även en del tekniska aspekter på deponiernas uppbyggnad eller funktion som behöver klargöras för att säkerställa att åtgärdslösningarna är applicerbara.

- 10) Nedbrytningsaktiviteten i barkdeponin och potentialen för gasavgång bör undersökas för att kunna bedöma risken för sättningsskador i konstruktionen eller sprickor i tätningsskiktet vid övertäckning.
- 11) Mer stratifierad information krävs som underlag inför projekteringen om alternativet urschaktning för borttransport skall genomföras. Det gäller såväl kisaskaytan vid industriområdet som industrideponin och kisaskadeponin.
- 12) Undersökning bör ske på aktuella massor i området gällande den praktiska utsorteringsgraden av organiskt material och dess föroreningskvalitet, särskilt i de fall som spån och bark förekommer med stor andel små partiklar.

Kompletterande undersökningar bör utföras enligt dessa punkter innan detaljprojektering sker och beslut tas om genomförandet. Konsekvenserna av ovanstående brist på information i projekteringsunderlaget kan i sämsta fall kan leda till fördyringar i miljonklass under genomförande av entreprenaden. Kostnaden för kompletterande undersökningar bedöms uppgå till ca 450 tusen kronor.

19 Grov tidplan

Efter genomförande av kompletterande undersökningar inför projektering, kan de olika momenten med tillståndsansökningar, anslagsansökan och entreprenadupphandling komma igång.

För Hissmofors deponiområde bedöms en möjlig grov tidplan innebära följande:

- Sommar/hösten 2006: Kompletterande undersökningar
- Hösten/vintern 2006: Förankring av huvudstudien och Anslagsansökan
- Våren 2007: Projektering
- Våren/hösten 2007: Tillståndsansökningar, bygglov mm
- Vintern 2007/2008: Upphandling
- Våren 2008 – Våren 2009: Genomförande

Förseningar i denna tidplan är mycket möjliga beroende på riskerna med omgivande förorenade områden.

20 Referenser

- Arbetsmiljöverket, 2002. "MARKSANERING – om hälsa och säkerhet vid arbete i förorenade områden". Rapport H359.
- Bygghälsorådet, 1982. "Jordarternas indelning och benämning" BFR T21:1982.
- Hjulström m.fl., 1972. "Handboken Bygg". Kapitel 177.
- Kemakta, 2004. "Förslag på riktvärden för ämnen i grundvatten vid bensinstationer". Rapport AR 2004-13.
- Krokoms kommun, 1950. Byggnadsplan (B241).
- Krokoms kommun, 1979. Områdesplan för Krokoms – Dvårsätt (redovisningskarta 1/byggplan B1690).
- Krokoms kommun, 1986. Byggnadsplan (B1690). "Förslag till ändring och utvidgning av byggplanen för del av Hissmofors Samhälle, del Hägra 3:4 m.fl."
- Krokoms kommun, 1993. Detaljplan (P93/12).
- Länsstyrelsen Jämtlands län, 2002-11-08. "Utdrag ur länsstyrelsens MIFO-inventering".
- Naturvårdsverket, 1995. "Sluttäckning av avfallsupplag: krav, material, utförande och kontroll". Rapport 4474.
- Naturvårdsverket, 1996. "Generella riktvärden för förorenad mark". Rapport 4638.
- Naturvårdsverket, 1996. "Development of generic guideline values". Rapport 4639.
- Naturvårdsverket, 1998. "Förslag till riktvärden för förorenade bensinstationer". Rapport 4889.
- Naturvårdsverket, 1999. "Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag". NV Rapport 4913.
- Naturvårdsverket, 1999. "Metodik för inventering av förorenade områden". Rapport 4918.
- Naturvårdsverket, 2004. "Naturvårdsverkets föreskrifter om deponering, kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid anläggningar för deponering av avfall". NFS 2004:10.
- Nyhlén, 2004. "Lakteter för riskbedömning av förorenad mark" Examensarbete SLU.
- Renhållningsverksföreningen, 2002. "Bedömningsgrunder för förorenade massor". RVF 02:09.
- Scandiaconsult Bygg och Mark AB (numera Ramböll), 1997. "Miljöinventering inom Hissmofors industriområde". Jord-, grundvatten- och ytvattenprovtagning i deponiområdet och Indalsälven.
- Svenska Geotekniska Föreningen, SGF, 2004. "Fälthandbok – Miljötekniska markundersökningar". Rapport 2004:1.

Statens Geotekniska Institut, SGI, 2004. "Karaktersering av kisaska". Varia 550.

Sveriges Geologiska Undersökning, SGU, 1969. "Jordartskarta Serie Ca Nr 45, Norra mellersta bladet".

Sveriges Geologiska Undersökning, SGU, 2003. "Serie Ah nr 21. Beskrivning till kartan över grundvattnet i Jämtlands län".

Svenska Miljöinstitutet AB, IVL, 2000. "Upptredande och effekter av koppar i vatten och mark". Rapport B1349.

SWECO VIAK, 2004. "Bedömning av tidigare undersökningar samt framtagande av metodteknisk förstudie för efterbehandlingsåtgärder på fastigheterna Hägra 3:24 m fl, Krokoms kommun". Uppdragsnummer 1654017.

Valeur, Christian. 1997. "Papper och massa i Medelpad och Jämtland". ISBN 91-971252-3-7.