

Ulf Qvarfort, Annica Waleij, Henrik Mikko

Miljöriskbedömning av brandövningsplats och bergdeponi vid Musköbasen



TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

NBC-skydd
901 82 Umeå

FOI-R--0231--SE

December 2001

ISSN 1650-1942

Underlagsrapport

Ulf Qvarfort, Annica Waleij, Henrik Mikko

Miljöriskbedömning av brandövningsplats och bergdeponi vid Musköbasen

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI NBC-skydd 901 82 Umeå	Rapportnummer, ISRN FOI-R--0231--SE	Klassificering Underlagsrapport
	Forskningsområde 9. Civila tillämpningar inklusive miljöfrågor	
	Månad, år December 2001	Projektnummer E4911
	Verksamhetsgren 2. NBC-Skyddsforskning	
	Delområde 93. Miljöfrågor	
Författare/redaktör Ulf Qvarfort Annica Waleij Henrik Mikko, SGU Sveriges geologiska undersökning	Projektledare Jan Sjöström	
	Godkänd av	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig	
Rapportens titel Miljöriskbedömning vid brandövningsplats och bergdeponi vid Musköbasen		
Sammanfattning (högst 200 ord) Inom ramen för ett större miljöprojekt har FOI och SGU genomfört en miljöutredning vid Musköbasen avseende förorenade områden, efterbehandling och därmed sammanlänkade kostnader. Syftet med miljöutredningen var att ta fram ett preliminärt underlag avseende efterbehandlingsbehov av förorenade områden (mark, grundvatten, ytvatten och sediment) vid en eventuell del- respektive totalavveckling av verksamheten. Miljöriskbedömningen av Musköbasen har genomförts enligt den s.k. MIFO-modellen. Undersöknings - metodiken är uppdelad i två faser, där Fas 1 omfattar orienterande studier och Fas 2 innefattar översiktliga undersökningar. I Fas 1 identifierades två objekt som ansågs vara i behov av närmare undersökning nämligen, brandövningsplatsen och bergdeponin. En undersökning enligt Fas 2 har därefter genomförts avseende dessa objekt. Med ledning av resultaten från genomförda jord- och grundvattenanalyser har en slutlig riskbedömning gjorts för dessa objekt. Sammanfattningsvis placeras brännplatsen i Riskklass 2 främst med hänsyn till att höga halter av PCB förekommer inom själva brännytan samt att mycket höga halter tributyltenn återfunnits i grundvattnet. För att åtgärda problemet bör massorna grävas bort och sändas till deponi. Bergdeponin placeras i Riskklass 3 med förbehåll att ett kontrollprogram upprättas för att kunna studera eventuella förändringar över tiden. Trots relativt höga halter av organiska tennföreningar sker sannolikt ett begränsat utflöde till viken och den övriga verksamheten torde bidra med ett betydligt större tillskott av organiska tennföreningar till miljön.		
Nyckelord MIFO-modellen, miljöriskbedömning, PCB, organiska tennföreningar		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 25 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista Sekretess	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency NBC-skydd 901 82 Umeå	Report number, ISRN FOI-R--0231--SE	Report type Base Data Report
	Research area code 9. Civilian Applications including Environmental Studies	
	Month year December 2001	Project no. E4911
	Customers code 2. NBC Defence Research	
	Sub area code 93. Environmental studies	
Author/s (editor/s) Ulf Qvarfort Annica Waleij Henrik Mikko, SGU The Geological Survey of Sweden	Project manager Jan Sjöström	
	Approved by	
	Scientifically and technically responsible	
Report title (In translation) Environmental Risk Assessment of the Fire Rescue Services training site and the rock landfill site at the Muskö Naval Base		
Abstract (not more than 200 words) <p>The Swedish Geological Survey (SGU) and FOI have jointly conducted an environmental impact investigation at the Muskö Naval Base regarding contaminated sites, remediation and the economical consequences of such actions. The investigation was performed within a comprehensive environmental project aiming at assessing the need for remediation plans when it comes to contaminated sites (soil, groundwater, surface water and sediment), should the enterprise be discontinued.</p> <p>The risk assessment was performed in accordance with the Swedish EPA method MIFO and consisted of two phases. In a previous Phase 1, two objects were identified as requiring further investigation, namely the Fire Rescue Services training site and the rock landfill site. The present investigation consists of a Phase 2 study of the above-mentioned objects.</p> <p>The risk assessment was based on the results from the soil and ground water analysis. The Fire Rescue Services training site showed fairly high levels of PCBs and very high levels of organotin compounds in the groundwater. Therefore it was classified as Risk Level 2. The rock landfill site was classified as Risk Level 3, provided that a control programme is elaborated enabling the study of any possible changes beyond the proper time. The outflow of organotin compounds to the bay is likely to be low in comparison to the contribution of organotin compounds from the other activities at the naval base.</p>		
Keywords Environmental risk assessment, PCBs, organotin compounds, the MIFO method		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 25 p.	
	Price acc. to pricelist Security classification	

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. BAKGRUND.....	6
2. VERKSAMHETSBEKRIVNING.....	6
3. KEMIKALIEPROFIL.....	7
4. SPRIDNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR	7
5. METOD FÖR MILJÖRISKBEDÖMNINGAR	7
6. PRINCIPER VID RISKKLASSIFICERING.....	8
7. GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR	9
7.1 Provtagning av grundvatten och ytvatten	9
7.2 Provtagning av jord.....	9
7.3 Provtagning av sediment	10
7.4 Provtagning av mossor.....	10
7.5 Analyser	10
8. Bedömningsgrunder	10
9. RESULTAT.....	12
9.1 Brännplatsen	13
9.2 Bergdeponin	16
10. SLUTLIG RISKBEDÖMNING	19
11. REFERENSER.....	21
 Bilaga 1	Samlad riskbedömning; Muskö, brännplatsen
Bilaga 2	Samlad riskbedömning; Muskö, bergdeponin
Bilaga 3	Analysresultat, rådata

1. BAKGRUND

Inom ramen för ett större miljöprojekt har FOI och SGU genomfört en miljöutredning vid Musköbasen avseende förorenade områden, efterbehandling och därmed sammanlänkande kostnader. Syftet med miljöutredningen var att ta fram ett preliminärt underlag avseende efterbehandlingsbehov av förorenade områden (mark, grundvatten, ytvatten och sediment) vid en eventuell del- respektive total-avveckling av verksamheten. Resultatet av utredningen utmynnade i en sammanställning av kostnader och tidsförhållanden, dels för kompletterande undersökningar och provtagningar, dels för själva genomförandet av efterbehandlingsåtgärder.

De potentiellt förorenade områden som identifierades på Musköbasen indelades i tretton objekt. I samband med detta identifierades två objekt som ansågs vara i behov av närmare undersökning nämligen, brandövningsplatsen och bergdeponin kallade objekt 8 och 9 i den tidigare undersökningen (Qvarfort & Liljedahl 2000). Dessa platser behandlas i denna rapport. Undersökningarna av de båda objekten har gjorts i ett antal steg, då resultaten från den första delen i undersökningen väckte vissa frågeställningar.

2. VERKSAMHETSBESKRIVNING

Från 1600-talet har svenska flottans huvudbas legat på Skeppsholmen-Kastellholmen-Galärvarvet i Stockholm. Efter beslut 1953 flyttades örlogsbasen till Muskö. Muskötunneln var färdigställd 1963 och Musköanläggningen invigdes 1969. Sprängvolymen är mer än 1 125 000 m³ och totalt åtgick 800 000 kg dynamit.

Brandövningsplatsen

Platsen har under senare år använts för eldning av emballage och trädetaljer. Den har också utnyttjats av Räddningsverket som övningsplats. Detta område är ca 50 x 25 meter av vilket ca 15 x 10 meter utnyttjats för förbränning av diverse avfall. De övre delarna av området består av fyllnadsmaterial vilande direkt på lera. En myrmark begränsar området i dräneringsriktningen. Detta innebär att den huvudsakliga transporten av eventuella föroreningar sker via fyllnadsmassorna och vidare ut till våtmarken.

Bergdeponin

Enligt uppgift användes tippområdet som en slutdeponi av entreprenören i samband med att basen färdigställdes. Detta innebär att innehållet kan vara varierande både vad gäller sammansättning och grad av miljöfarlighet. Området består idag till övervägande delen av bergmassor som uppkommit inom basen i samband med ut- och/eller ombyggnader. Inom området finns även en landningsplats

för helikoptrar. En betydande del av bergmassorna har försålts, bl.a. till Nynäs-hamns hamn.

3. KEMIKALIEPROFIL

I tabell 3.1 sammanfattas den förväntade kemikalieprofilen för de två objekten. Kemikalieprofilen beskriver samtidigt de förväntade miljöstörande ämnena från de olika verksamheterna.

Tabell 3.1 Kemikalieprofiler

Objekt		Kemikalieprofil
1	Brännplats	Tungmetaller, restoljor, släckskum. Diverse rester från förbränning.
2	Bergdeponin	Sprängsten och muddermassor samt entreprenadavfall som fordon, oljor, byggrester m.m.

Underlag för bedömningen av kemikaliehantering grundar sig på:

- Schablonuppgifter om kemikaliehantering för de aktuella typerna av verksamheter hämtade från Naturvårdsverkets Branschkartläggning, BKL (Naturvårdsverket 1995),
- Intervjuer på Muskö med Eivind Qvick, Rolf Johansson, Kåre Hagman och Tommy Lagsjö,
- Erfarenheter från tidigare utredningar av liknande verksamheter.

4. SPRIDNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR

Spridningsförutsättningarna har identifierats utifrån de geologiska och hydrogeologiska förhållanden som råder på platserna. Generellt gäller att för de identifierade och undersökta objekten transporteras eventuella föroreningar med grundvattnet till våtmarker och vattendrag för vidare utflöde i havet.

5. METOD FÖR MILJÖRISKBEDÖMNINGAR

Miljöriskbedömningen av Musköbasen har genomförts enligt Metodik för inventering av förorenade områden, MIFO, som utvecklats i Sverige efter internationella principer och riktlinjer (Naturvårdsverket 1999a). Metodiken har utvecklats för att möjliggöra en systematisering av metoder för översiktliga undersökningar av förorenade mark- och vattenområden. Modellens syfte är att med anvisade metoder och standarder ge ett likformigt underlag för beslut om riskklassificering av förorenade områden.

Undersökningsmetodikerna är uppdelade i två faser, där fas 1 omfattar orienterande studier och fas 2 innefattar översiktliga undersökningar. I den orienterande fasen genomförs en prioritering och riskklassificering baserad på ett enklare kunskapsunderlag och utan fältundersökningar. Denna fas genomfördes i samband med den tidigare refererade miljöundersökningen (Qvarfort & Liljedahl 2000).

Inom ramen för den översiktliga undersökningen, fas 2, görs sedan en eventuell revidering av den första riskklassificeringen baserad på ett mera omfattande underlagsmaterial där fältundersökningar ingår. Detta arbete omfattar fas 2 inom MIFO, d.v.s. en studie med fältundersökningar, borringar och provtagning.

6. PRINCIPER VID RISKKLASSIFICERING

Syftet med riskklassificering är att gruppera in objekt i fyra klasser utifrån kort- och långsiktiga risker utgående från dagens situation och markanvändning i hela påverkansområdet. En riskbedömning innehåller dels en bedömning av vilka situationer som kan (skulle kunna) inträffa, dels en bedömning av sannolikheten för att detta ska ske. Riskklassificeringen kommer sedan att ligga till grund för prioriteringar och beslut om vidare undersökningar, saneringar eller andra åtgärder.

Klass 1: Mycket stora risker

Klass 2: Måttligt/stor risk

Klass 3: Liten risk

Klass 4: Mycket liten risk

Riskklassificeringssystemet bygger på en sammanvägd bedömning om:

Kemikaliernas farlighet

Föroreningsnivå

Spridningsförutsättningar

Känslighet i påverkansområdet

Vid riskklassificeringen gäller följande förutsättningar:

- Bedömningen grundas på dagens generella kunskaper om branschen/verksamheten och kända fakta om objektet.
- Bedömningen utgår från dagens situation, bland annat vad gäller framtida markanvändning.
- Både kort- och långsiktiga risker tas med i bedömningen.

7. GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

Med ledning av verksamhetsbeskrivningen, den bedömda föroreningsprofilen, de hydrogeologiska förhållandena samt den genomförda fältbesiktningen har följande undersökningsmetodik använts:

7.1 Provtagning av grundvatten och ytvatten

Installation av grundvattenrör

Grundvattenrören installerades med hjälp av en borrarbandvagn. Som grundvattenrör användes skarvbara plaströr, vilka i den nedre delen var försedda med slitsar (filter). Filtret sattes i anslutning till grundvattennivån eller i gränsskiktet mellan den överlagrade leran och berget/moränen. Rörets dimension var 2" (50 mm) av märket; PEH, Jensenfilterrör, Geotech. Filterspetsen till dessa rör hade längden 1 meter med en slitsstorlek på 0,5 mm.

Prover på ytvatten togs i diken och ytliga vattensamlingar. Provkärllet sänktes ned ett par decimeter under vattenytan där så var möjligt. Proverna togs i polyetenflaskor för metallanalyser och i glasflaskor med teflontätade lock för analys av PCB och organiska tennföreningar. Provkärlen placerades i kylbag för transport till laboratoriet.

7.2 Provtagning av jord

Borring med jordskruv

Borringen utfördes meter för meter med användandet av en jordskruv. Skruven var 1 m lång, svagt konisk mot spetsen och med en största diameter på 6-10 cm. Borrmotstånd och ljud från borrarstången uppmärksammades då det kan ge vägledning om jordarten. När jordskruvens skruvats ner en längd och dragits upp sitter jorden i skruvens gängor. Jordmaterialets ytterskikt rensades rent från kontamineringar från ovanliggande markskikt som skruven passerade när den drogs upp.

Jordarternas fördelning (stratigrafi) bestämdes och jordarterna klassificerades enligt svensk geoteknisk standard (Svenska Geotekniska Föreningen 1996) så långt detta var möjligt i fält. Specifika iakttagbara avvikelser beskrevs med typ, färg, lukt, fukt etc. Uppgifterna noterades i ett separat borrarprotokoll.

Provtagning vidtogs på visuellt avvikande lager. Provtagningen gjordes direkt från den rensade skruvens jordfyllda gängor med hjälp av en plastspatel. Arbetet utfördes manuellt och händerna (liksom proverna) skyddades mot kontaminering med ett par enkla plastpåsar. Proverna togs i dubbla plastpåsar. För PCB-analyser togs proven i speciella glasburkar med tättslutande lock och teflontät-

ning vilka sedan placerades i dubbla plastpåsar. Provpåsarna placerades i kylbag för transport till laboratoriet. Den huvudsakliga provtagningen utfördes i samband med installationen av grundvattenrören.

7.3 Provtagning av sediment

Provtagning av sediment i viken utfördes från båt med hjälp av en ekmanhuggare. Proverna togs i glasburkar med tättslutande lock och teflontätning vilka sedan placerades i dubbla plastpåsar. Provpåsarna placerades i kylbag för transport till laboratoriet.

7.4 Provtagning av mossa

Att provta mossa är ett sätt att uppskatta omfattningen av ett metallnedfall då mosstäcket på marken effektivt samlar upp metaller från nederbörd och luftburna partiklar. Provtagningen utfördes i anslutning till ett ventilationsutblås och avsåg att svara på frågan om det sker något allmänt påslag av föroreningar från verksamheten på omgivningen. Provet togs i en diffusionstät plastpåse.

7.5 Analyser

Samtliga prov gällande jord, sediment, vatten och mossa har sänts till SGAB Analytica AB i Luleå/Täby. Proverna har analyserats med avseende på PCB, tungmetaller och organiska tennföreningar. Bestämningarna har skett med konventionell metodik gällande metaller (ICP-MS, ICP-AES) och PCB (GC-ECD) samt organiska tennföreningar (GC-AED).

8. Bedömningsgrunder

Aktuella bedömningsgrunder för metaller och PCB i *Mark* redovisas i tabell 8.1.

Tabell 8.1 Indelning av tillstånd för förorenad mark (mg/kg TS) baserat på riktvärden för förorenad mark (Naturvårdsverket 1999 a).

Bedömning	As mg/kg TS	Cd mg/kg TS	Co mg/kg TS	Cr mg/kg TS	Cu mg/kg TS	Hg mg/kg TS	Ni mg/kg TS	Pb mg/kg TS	V mg/kg TS	Zn mg/kg TS	Summa PCB mg/kg TS
Mindre allvarligt	<15	<0,4	<30	<120/ <5 ¹	<100	<1	<35	<80	<120	<350	<0,02
Måttligt allvarligt	15-45	0,4- 1,2	30-90	120-360/ 1-3 ¹	100- 300	1-3	35-105	80-240	120- 360	350-1050	0,02-0,06
Allvarligt	45-150	1,2-4	90-300	360-1200/ 15-50 ¹	300- 1000	3-10	105-350	240-800	360- 1200	1050- 3500	0,06-0,2
Mycket allvarligt	>150	>4	>300	>1200/ >50 ¹	>1000	>10	>350	>800	>1200	>3500	>0,2

¹ = Om Cr^{VI} förekommer

Aktuella bedömningsgrunder för metaller i *Grundvatten* redovisas i tabell 8.2 och tabell 8.3.

Tabell 8.2 Effektrelaterad tillståndsklass enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet, grundvatten (Naturvårdsverket 1999 b).

Benämning	Cd µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	As µg/l
Mycket låg halt	<0,05	<5	<0,2	<1
Låg halt	0,05-0,1	5-20	0,2-1	1-5
Måttlig halt	0,1-1	20-300	1-3	5-10
Hög halt	1-5	300-1000	3-10	10-50
Mycket hög halt	>5	>1000	>10	>50

Tabell 8.3 Gränsvärden för dricksvatten enligt Livsmedelsverket (SLV FS 1993:35).

Benämning	Cd µg/l	Pb µg/l	As µg/l
Gränsvärde, (Otjänligt, hälsomässigt)	5	10	50

Svenska bedömningsgrunder för organiskt tenn saknas för närvarande, då det är förhållandevis ovanligt att återfinna sådana ämnen i annat än marin miljö. I litteraturen finns mycket begränsade uppgifter om organiska tennföreningar i limnisk och terrester miljö. De flesta studier har koncentrerats till marin miljö då det är där problemet hittills har haft den största magnituden.

För att kunna göra en ansats till jämförelse finns det dock ett fåtal internationellt fastställda värden som kan användas:

- Storbritannien har fastställt s.k. miljö kvalitetsstandarder (Environmental Quality Standard, EQS) för pesticider i vattenmiljö. För TBT är EQS 2 ng/l vatten (Law & Evers 1998). Dessa har använts som bedömning i denna rapport.
- Environment Canada har formulerat riktlinjer för vattenkvalitet för TBT där den maximala "tillåtna" gränsen för att värna akvatiskt liv har satts till 8 ng/l i limnisk miljö och 1 ng/l i marin miljö (Evers & de Waal 1995).
- The Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic, OSPAR, har satt upp något som man kallar för Ecotoxicological Assessment Criteria (EAC) som skall indikera maximal säkerhetsnivå av en förening i miljön. För TBT-föreningar i vatten är dessa värden 0,01-0,1 ng/l, d.v.s. under detektionsgränsen för denna typ av förening. För sediment är EAC 5-50 ng/g torr vikt (OSPAR 2000). Noteras bör att användbarheten av EAC som jämförvärde är begränsad då inte alla aspekter på risker kan vägas in i ett sådant värde.

Orsaken till att gränserna är satta så lågt beror på att tributyltenn är mycket bioackumulerande och extremt giftigt för fisk och blötdjur. Redan vi 1-2 ng/l fås akuta och kroniska förgiftningssymptom hos de mest känsliga akvatiska organismer-

na (alger, zooplankton, mollusker och larvstadiet hos vissa fiskar) (Gibbs et al 1996). Dödliga koncentrationer varierar mellan 0,04-0,46 µg/l beroende på art (WHO 1990).

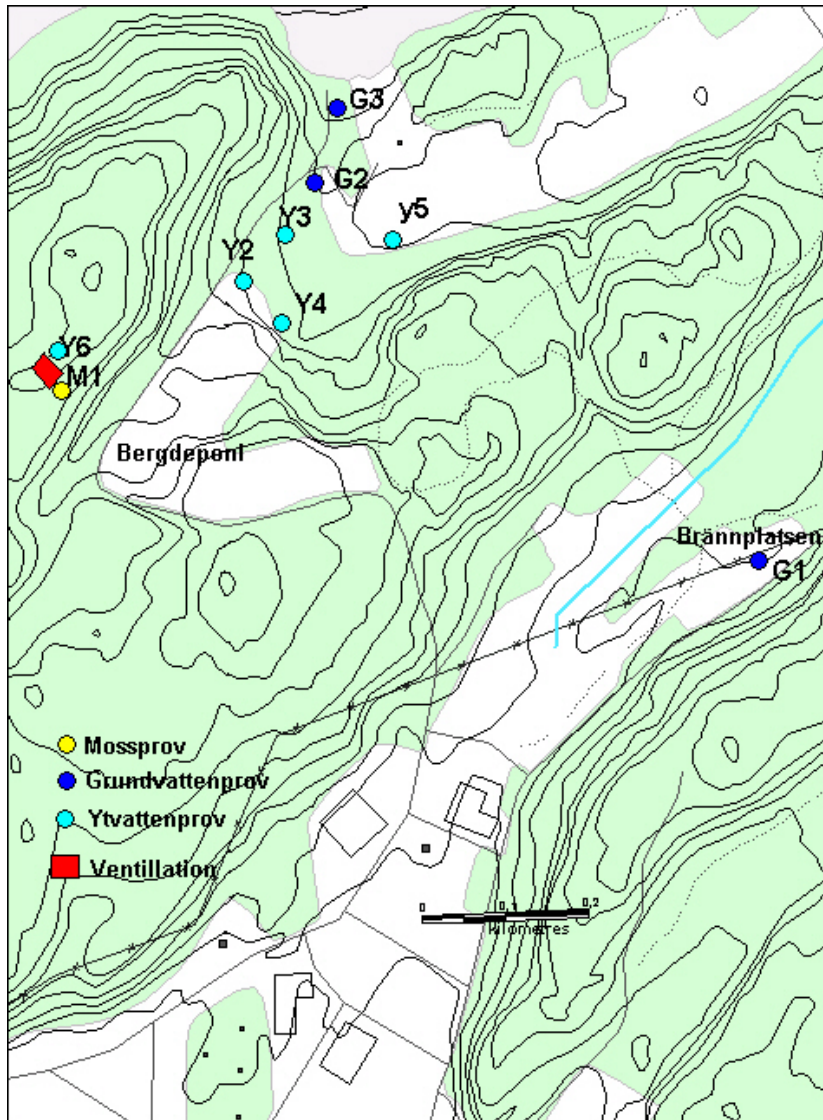
Resultat från några undersökningar angående butyltennföreningar i Östersjön redovisas i tabell 8.4.

Tabell 8.4 Jämförelse mellan TBT-, DBT-, och MBT-halter i sediment från Östersjön (ng/g torrsbstans,TS).

Matris/enhet	TBT	DBT	MBT
Sediment (Kalbfus et.al. 1996)	<10-84000	<10-44500	<10-53000
Bakgrundsvärden sediment (SINTEF 1996)	<5	<4	<15

9. RESULTAT

Provtagning och analys har genomförts på brännplatsen (jord, grundvatten och ytvatten), nedströms bergdeponin (grundvatten och ytvatten), i Risdalsviken (sediment) samt vid en ventilationsanläggning (ytvatten och mossor). Från bergdeponin gick det inte att erhålla några jordprover, eventuella föroreningar och utlakningsprodukter förväntades istället kunna detekteras i de nedströms belägna grundvattenrören. Provpunkternas läge framgår av kartan figur 9.1 bortsett från de markprover som togs på brännplatsen. Dessa platser redovisas i figur 9.2. Ett sedimentprov togs även i viken ca 400 meter nedanför deponin, samt ett referensprov på ytvatten (avseende organiska tennföreningar) ca 2 km sydväst om området. Dessa prover visas inte på kartan.



Figur 9.1 Översiktskarta med grundvattenrörens placering samt lokalisering för ytvattenproverna och mossprovet, där norr är uppåt på kartan. Inom området för brännplatsen har även tre stycken jordprov tagits, se figur 9.2.

9.1 Brännplatsen

Jordprover

Metaller och PCB

Resultaten av genomförda metall- och PCB-analyser i jordproven från brännplatsen redovisas i tabellerna 9.1 och 9.2. Prov nr 1 är taget centralt inom brännplatsen och proven 2 och 3 i ytterkanterna, se figur 9.2. Prov 1 och 3 är tagna inom

det område som representerar bränning av avfall medan prov nr 2 är taget utanför själva brännytan.



Figur 9.2. Foto visande provpunkterna (1-3) på Brännplatsen, Muskö.

Grön markering är bedömningen *måttligt allvarligt*, **blå markering** är bedömningen *Allvarligt* och **röd markering** är bedömningen *Mycket allvarligt* enligt MIFO (Naturvårdsverket 1999 a).

TABELL 9.1 Resultat från metallanalyser i jordprov från brännplatsen (mg/kg torrsubstans, TS).

PROV-PUNKT	TS %	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	V	Zn
Brännplatsen 1 (0-1m)	86,4	14,8	2,8	9,38	109	384	0,0545	1430	32,4	674	66,3	2160
Brännplatsen 1 (1-2m)	79,8	20,1	1,67	9,3	62,2	12200	0,113	745	31,6	449	35,2	2510
Brännplatsen 2 (0-1 m)	78,7	14,2	1,66	5,9	38,9	1690	0,0574	495	36,9	219	14,4	3400
Brännplatsen 3 (0-1 m)	84,1	24,4	3,81	10,5	114	4190	0,448	494	56,1	823	193	3320

TABELL 9.2 Resultat från PCB-analyser i jordprov från brännplatsen (mg/kg torrsubstans, TS).

PROV-PUNKT	TS %	PCB 101	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 180	PCB 28	PCB 52	Summa PCB
Brännplatsen 1 (0-1 m)	86	0,27	0,22	0,25	0,12	0,027	<0,003	0,041	0,93
Brännplatsen 1 (1-2 m)	100	0,012	0,0056	0,032	0,024	0,19	<0,0030	0,0038	0,27
Brännplatsen 2 (0-1 m)	99	<0,0030	<0,0030	0,0058	0,0037	<0,0030	<0,0030	0,01	0,02
Brännplatsen 3 (0-1 m)	99	0,12	0,072	0,17	0,12	0,075	0,0031	0,037	0,6

Av resultaten framgår att det förekommer mycket höga kopparhalter och höga halter av kadmium och zink i jordproven. Dessutom förekommer mycket hög halt av bly i prov nr 3 och hög halt i prov nr 1. Beträffande PCB så är halterna mycket höga i prov nr 1 och prov nr 3.

Grundvattenprov

Metaller

Resultatet av metallanalyserna i grundvatten från brännplatsens avrinningsområde redovisas i tabell 9.3.

Grön markering är bedömningen *Måttligt hög halt*, **blå markering** är bedömningen *Hög halt* och **röd markering** är bedömningen *Mycket hög halt* enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för grundvatten (Naturvårdsverket 1999 b).

TABELL 9.3 Resultat från metallanalyser i grundvatten från brännplatsens avrinningsområde.

ELEMENT	Ca mg/l	Fe mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	S mg/l	Si Mg/l	Al µg/l	As µg/l	Ba µg/l	Zn µg/l
GV Rör 1	55,4	1,53	5,33	22,9	26,4	38	11,4	1260	0,307	54,8	25,3
ELEMENT	Cd µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Hg µg/l	Mn µg/l	Mo µg/l	Ni µg/l	P µg/l	Pb µg/l	Sr µg/l
GV Rör 1	0,155	4,73	4,88	80,4	<0,002	541	0,413	7,94	229	3,86	201

PCB

Halterna av de analyserade PCB-kongenerna (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 153, PCB 138 och PCB 180) ligger under rapporteringsgränsen < 0,001 µg/l och totalhalten PCB < 0,0035 µg/l i provet.

Resultaten av grundvattenanalysen avseende metaller och PCB visar att det förutom en viss förhöjd blyhalt inte förekommer några anmärkningsvärda halter av metaller och PCB i grundvattnet.

Organiska tennföreningar

Resultatet från analyserna av organiska tennföreningar i grundvatten redovisas i tabell 9.4.

Svenska bedömningsgrunder för organiska tennföreningar i vatten saknas för närvarande då det är förhållandevis ovanligt att återfinna sådana ämnen i annat än marin miljö. Ett fåtal internationellt fastställda värden finns dock som kan användas som jämförelse, se även kapitel 8. Bland annat har Storbritannien fastställt s.k. miljökvalitetsstandarder (Environmental Quality Standard, EQS) för pesticider i vattenmiljö. För tributyltenn, TBT, är EQS 2 ng/l vatten (Law & Evers 1998). I tabell 9.4 har de halter som överstiger EQS för TBT givits **röd markering**. Höga halter av TBT-metaboliterna monobutyltenn (MBT) och dibutyltenn (DBT) har markerats med **blå** färg.

TABELL 9.4 Resultat av analyser av organiska tennföreningar i grund- och ytvatten (ng/l).

Provpunkt	Dibutyltenn	Difenyltenn	Dioktyltenn	Mono-butyltenn	Mono-fenyltenn	Mono-oktyltenn	Tetra-butyltenn	Tributyltenn	Tricyclohexyltenn	Trifenyltenn
Referens*	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
GV 1 Brännplats	6590	<1	<1	757	<1	89	<2	42	<1	<1

* = Ytvattenprov taget utanför området

Resultaten visar på mycket höga halter av tributyltenn (TBT) samt tributyltenn-metaboliterna monobutyltenn (MBT) och dibutyltenn (DBT) i grundvattnet från brännplatsen. Även halten av monooktyltenn är förhöjda.

9.2 Bergdeponin

Resultaten från analyserna av yt- och grundvatten i bergdeponins avrinningsområde visas i tabell 9.5 och 9.6. En bild på bergdeponin visas i figur 9.3.

Jord

Jordprovtagning från detta område gick inte att genomföra eftersom deponin enbart består av grovt bergkrossmaterial. Eventuellt utläckande föroreningar har istället fångats upp med hjälp av två grundvattenrör samt ett antal ytvattenprover. Läget på dessa framgår av figur 9.1.



Figur 9.3 Bergdeponin på Muskö.

Metaller och PCB i grundvatten

Resultatet av metallanalyserna i grundvatten från deponins avrinningsområde redovisas i tabell 9.5. Halterna av de analyserade PCB-kongenerna (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 153, PCB 138 och PCB 180) var under rapporteringsgränsen < 0,001 µg/l och totalhalten PCB < 0,0035 µg/l i båda proverna.

TABELL 9.5 Resultat från metallanalyser i grundvatten i deponins avrinningsområde.

PROVPUNKT	Ca Mg/l	Fe mg/l	K Mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	S Mg/l	Si mg/l	Al µg/l	As µg/l	Ba µg/l	Zn µg/l
Deponin GV 1	74,4	0,0352	4,68	17,7	26,6	27,5	7,18	13,6	0,202	72,2	4,57
Deponin GV 2	30,3	4,27	3,99	7,27	16,2	20,1	7,77	1420	1,17	46,4	43,4
PROVPUNKT	Cd µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Hg µg/l	Mn µg/l	Mo µg/l	Ni µg/l	P µg/l	Pb µg/l	Sr µg/l
Deponin GV 1	0,1	0,25	0,0581	1,71	<0,002	683	1,2	1,32	<5	0,187	290
Deponin GV 2	0,177	6,84	2,91	15,5	0,0024	538	0,508	21,2	155	9,33	117

Resultatet av grundvattenanalyserna från deponin visar förutom ett något förhöjt värde på bly inga anmärkningsvärda halter. Beträffande bly så ligger det funna värdet precis under gränsvärdet för dricksvatten, 10 µg/l (SLV 1993).

Organiska tennföreningar i grund- och ytvatten

Resultatet från analyserna av organiska tennföreningar i grund- och ytvatten redovisas i tabell 9.6. De halter som överstiger EQS för TBT har givits **röd markering**. Höga halter av TBT-metaboliterna monobutyltenn (MBT) och dibutyltenn (DBT) har markerats med **blå** färg.

TABELL 9.6 Resultat av analyser av organiska tennföreningar i grund- och ytvatten i deponins avrinningsområde (ng/l).

Provpunkt	Dibutyl- tenn	Difenyl- tenn	Dioktyl- tenn	Mono- butyltenn	Mono- fenyltenn	Mono- oktyltenn	Tetra- butyltenn	Tributyl- tenn	Tricyclo- hexyltenn	Trifenyl- tenn
Referens	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Ytvatten 2	2,2	<1	<1	5,7	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Ytvatten 3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Ytvatten 4	1,2	<1	<1	2,9	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Ytvatten 5	<1	<1	<1	1,2	<1	<1	<1	1,8	<1	<1
Ytvatten 6	<2	<1	<1	2,2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
GV 2 Deponi	2730	<1	<1	607	<1	16	<1	3,3	<1	<1
GV 3 Deponi	1750	<1	<1	719	<1	60	<1	5,7	<1	<1

* = Ytvattenprov taget utanför området

Resultaten visar på höga halter av tributyltenn (TBT) samt tributyltenn-metaboliterna monobutyltenn (MBT) och dibutyltenn (DBT) i grundvattnet nedströms deponin. Även halterna av monooktyltenn är förhöjda. I ytvatten kunde TBT detekteras i ett fall, samt MBT och DBT i flera fall. Med hänsyn till att TBT-halten i ytvatten (jämförelsevis) inte är speciellt hög, men däremot halterna av DBT och MBT, kan man anta att TBT kan ha hydrolyserats i ytvattnet och att den ursprungliga halten TBT kan ha varit mycket högre. Om man vill få en bild av den totala belastningen av butyltenn bör halterna av TBT-metaboliterna DBT och MBT adderas till TBT-halten.

Halveringstiden för TBT i sötvatten under aeroba förhållanden varierar kraftigt, beroende på en mängd faktorer såsom den ursprungliga koncentrationen, temperatur, pH, mikrobiell aktivitet och näringshalt. Exempel på halveringstider i akvatisk miljö på mellan 6-25 dagar (Clark et al 1988) till 6-85 dagar (Evers & de Waal 1995) och 4-14 dagar (Hugget et al 1992) finns publicerade. Den huvudsakliga nedbrytningsvägen för TBT i vatten förefaller att vara en stegvis debutylering till DBT och så småningom MBT.

Organiskt tenn i sediment

Resultatet från analyserna av organiska tennföreningar i sediment från viken redovisas i tabell 9.7.

TABELL 9.7 Resultat från analyser av organiskt tenn i sediment från Risdalsviken. Halterna anges i µg/kg torrsubstans, TS.

Provpunkt	TS %	Dibutyltenn	Difenyltenn	Dioktyltenn	Monobutyltenn	Monofenyltenn
Risdalsviken*	50,8	133	<1	<1	46,7	<1
Provpunkt	TS %	Mono- oktyltenn	Tetra- butyltenn	Tributyltenn	Tricyclo- hexyltenn	Trifenyltenn
Risdalsviken*	50,8	<1	<1	229	<1	14,3

* = Samlingsprov av två provpunkter i viken.

Resultaten visar på något förhöjda värden jämfört med bakgrundsvärden uppmätta i Östersjön (SINTEF 1996), se tabell 8.4. Det är emellertid svårt att svara på vilken del av verksamheten på Muskö som orsakar förhöjningen.

Organiskt tenn och PCB i Mossa

Halterna organiskt tenn i mossa på Muskö redovisas i tabell 9.8.

TABELL 9.8 Resultat av analys av organiska tennföreningar i mossa ($\mu\text{g}/\text{kgTS}$).

Provpunkt	TS %	Dibutyltenn	Difenyltenn	Dioktyltenn	Monobutyltenn	Monofenyltenn
Mossa, luftutblås	28,7	15	<1,0	<1,0	42	<1,0
Provpunkt	TS %	Mono- oktyltenn	Tetra- butyltenn	Tributyltenn	Tricyclo- hexyltenn	Trifenyltenn
Mossa, luftutblås	28,7	<1	345	45	<1	<1,0

Resultatet visar att det sker ett visst utsläpp av organiska tennföreningar via ventilationsanläggningen. Detta bekräftas också av uppmätta halter i ytvattenprovet, Y6. Halterna är dock inte extremt höga. Halterna i ytvattnet är dock i nivå med de som detekterats i närheten av deponin varför man möjligen kan tänka sig ett generellt påslag i hela området. PCB kunde inte detekteras i mossprovet (detektionsgräns <0,0030 mg/kg TS).

10. SLUTLIG RISKBEDÖMNING

Med ledning av resultaten från genomförda analyser har en slutlig riskbedömning gjorts för de båda objekten. Resultatet av denna framgår av blanketterna, se bilaga 1 och bilaga 2.

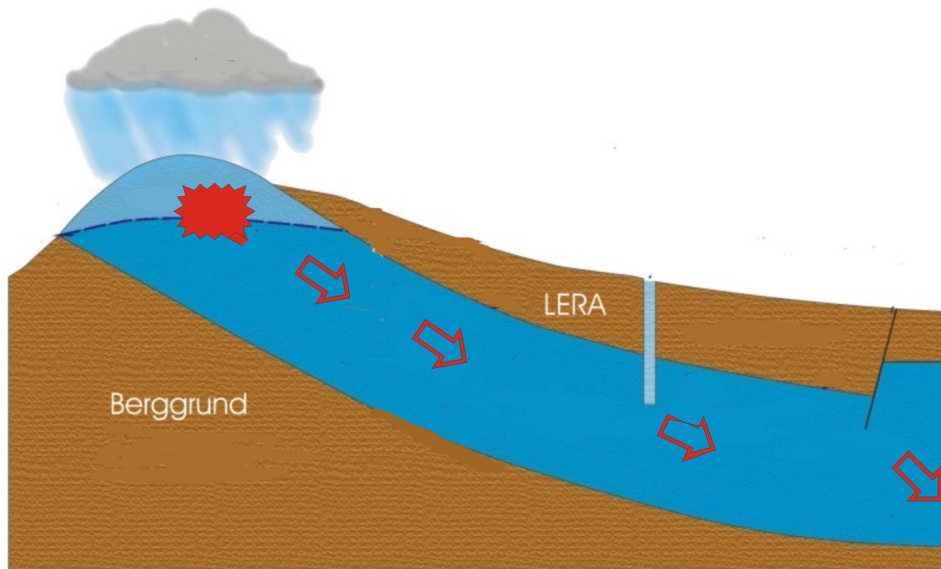
Brännplatsen

Sammanfattningsvis placeras brännplatsen i riskklass 2 främst med hänsyn till att höga halter av PCB förekommer inom själva brännnytan samt att mycket höga halter tributyltenn återfunnits i grundvattnet. För att åtgärda problemet bör massorna grävs bort och sändas till deponi. Storleken på brännnytan har uppskattats till 150 m² och djupet till ca 1 – 2 meter. Detta skulle innebära att ca 225 m³ skulle behöva saneras.

Bergdeponin

Bergdeponin ger en mera komplex bild. Höga halter av organiska tennföreningar har påträffats i grundvattenproven nedströms deponin medan motsvarande ytvattenprov ger betydligt lägre halter. Detta kan i några fall förklaras med utspädning, men i några av proverna, t.ex. vid släntfoten (Y2,Y4) borde halterna varit betydligt högre om deponin innehåller exempelvis deponerade massor av slip/blästersand eller muddermassor. En förklaring kan vara att grundvattenströmmen från deponin följer djupare bergssprickor under leran och att den huvudsakliga transporten sker denna väg, se figur 10.1. En annan kan vara att det finns deponerat material mellan själva bergdeponin och Risdalsviken. Dessa frågor kan enbart få sin lös-

ning genom etablering av ytterligare grundvattenrör inom området, vilket därför rekommenderas.



Figur 10.1 Principskiss som visar trolig transport av föroreningar från deponin i skiktet mellan lera och berg.

Förutsatt att det sker en djupare transport av lakvatten från deponin kan en översiktlig beräkning ske av utflödet till Risdalsviken enligt följande:

Den effektiva nederbörden i området är ca 300 mm/år (SMHI) vilket medför att utflödet av grundvatten till viken är ca 0,8 l/sek. Om halterna i grundvattenrören nr 2 och 3 används som exempel skulle detta innebära en grundvattenhalt för totalbutyltenn (TBT+MBT+DBT) på ca 3 µg/l. Detta i sin tur medför ett total årligt utflöde på ca 85 g butyltenn per år, varav ca 0,15 g utgörs av TBT.

Innan man tar beslut om ytterligare undersökningar bör man utvärdera vad ett uppskattat utflöde av butyltenn på ca 85 g/år innebär för närmiljön. Inget grundvattenuttag sker i området och den övriga verksamheten torde bidra med betydligt större tillskott av butyltennföreningar. Som jämförelse kan nämnas att det från ett fartyg vars yta målats med TBT-innehållande polymerfärg, utlakas ca 1,6 mg TBT per m³ målade båtyta och dag. Ett sådant fartyg som ligger i hamn kan därför frigöra ca 67 g TBT per dygn vid konstant utlakningshastighet (Hoch 2001).

Mot bakgrund av detta placeras därför bergdeponin i riskklass 3, med förbehåll att ett kontrollprogram upprättas. Syftet med programmet är att följa eventuella förändringar som kan uppstå över tiden. Dessa uppföljande undersökningar får visa om det finns anledning att ompröva riskklassningen av bergdeponin.

11. REFERENSER

Clark, A.C., Steritt, R.M., Lester, J.N. (1988) "*The fate of Tributyltin in the aquatic environment*" Environ. Sci. Technol. 22: 600-605

Evers, E.H.G., de Waal, W.A.J. (1995) "*Butyltin compounds in the aquatic environment*" Review note based on the summary of the Rijkswaterstaat report RIKZ-95.007

Gibbs, P.E., Bryan, G.W. (1996) "*Reproductive failure in the gastropod Nucella lapillus associated with imposex caused by tributyltin pollution: a review*" i Hoch, M. (2001)

Hoch, M. (2001) "*Organotin compounds in the environment – an overview*" Applied Geochemistry 16, 719-743

Hugget, R.J., Unger, M.A., Seiligman, P.E., Valkirs, A.O. (1992) "The marine biocide tributyltin" Environ. Sci. Technol. 26: 233-237

Kalbfus W., Zellner A., Freys S., Knorr Th. (1996) "*Analysis of butyltin species in water, sediment and environmental matrices*" Rapport no. UBA-FB

Naturvårdsverket (1999 a) "*Metodik för inventering av förorenade områden*" Naturvårdsverket Rapport 4918

Naturvårdsverket (1999 b) "*Bedömningsgrunder för grundvatten*" Naturvårdsverket Rapport 4915

Naturvårdsverket (1995) "*Branschkartläggningen*" Naturvårdsverket Rapport 4393

Qvarfort U. & Liljedahl B. (2000) "*Muskö Örlogshamn - Sedimentundersökning*" SGU och FOI

SINTEF (1996) "*Baltic Sediment Baseline Study*"

SLV FS 1993:35 (Statens Livsmedelsverks föreskrifter och allmänna råd om dricksvatten).

Svenska Geotekniska Föreningen (1996) "Geotekniska fälthandbok" 1:96

World Health Organisation (1990) "*Tributyltin compounds*" Environmental Health Criteria 116, WHO

Muntliga uppgifter

Eivind Qvick, Rolf Johansson, Kåre Hagman och Tommy Lagsjö, Musköbasen.

Bilaga 1**SAMLAD RISKBEDÖMNING FÖR FÖRORENADE OMRÅDEN**

Orienterande studier fas 1

X Översiktlig undersökning fas 2**Administrativa uppgifter**

Objekt: Muskö, brännplatsen	Handläggare: Ulf Qvarfort
Ärende nr:	Datum:2001-10-15
Verksamhet/Bransch: Brännplatser	Reviderad:

Hanterade kemikaliers farlighet (F): Skriv kemikalie/ämnesgrupp i aktuell ruta

Låg Övrigt/Måttligt hälsoskadligt	Måttlig Hälsoskadlig, irriterande, miljö- farlig	Hög Giftig, frätande, miljöfarlig	Mycket hög Mycket giftig,
			Tungmetaller, oljor, mm?

Föroreningsnivå (N): Visar vilka medier som är förorenade idag. Skriv ämnesgrupp i aktuell ruta

<i>Medium</i>	<i>Liten</i>	<i>Måttligt hög</i>	<i>Hög</i>	<i>Mycket hög</i>
Mark / deponi	As,Co,Cr, Hg,Mn,Ni		Cd, Zn	Cu, Pb, PCB, TBT, DBT,MBT
Grundvatten	As,Co,Cr, Hg,Mn,Ni, Cd, Zn, Cu, Pb, PCB			
Sediment				
Ytvatten				

Spridningsförutsättningar(S) - från underlagsblankett spridningsförutsättningar. Skriv X i aktuell ruta

<i>Medium</i>	<i>Små</i>	<i>Måttliga</i>	<i>Stora</i>	<i>Mycket stora</i>
I mark och grundvatten	x			
Till ytvatten	x			
I ytvatten				
Till sediment				
Från sediment				
Övriga spridningsvägar	Nej	Ja	Troligt förorenat område	
Separat vätskefas	X		250 m ²	
Gasfas	x			
Damning	?			

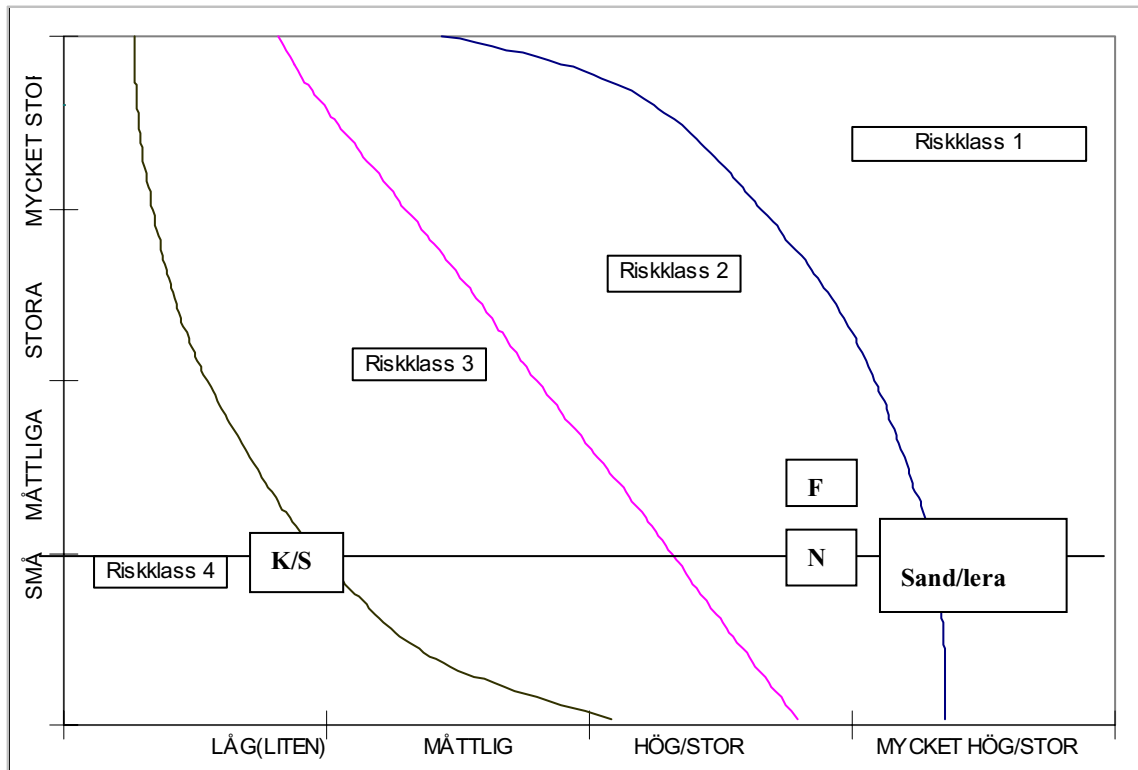
Känslighet och skyddsvärde (K)

	<i>Liten</i>	<i>Måttlig</i>	<i>Stor</i>	<i>Mycket stor</i>
Exponering människa	X			
Skyddsvärde miljö	X			

Bedömning av (K) baseras på markanvändningen

.....
Sätt kryss i ruta **X** pågående r framtida enl. detaljplan r framtida enligt översiktsplan

Kort beskrivning av exponeringssituationen: Plats för förbränning av diverse avfall samt som övningsplats för Räddningstjänsten.



Spridningsförutsättningar (S); Kemikaliers farlighet (F); Föroreningsnivå (N);
Känslighet / Skyddsvärde (K)

Inventerarens intryck: Plats för förbränning av diverse avfall

Objektet förs till

- Riskklass 1 "Mycket stor risk"
- Riskklass 2 "Stor risk"
- Riskklass 3 "Måttlig risk"
- Riskklass 4 "Liten risk"

Motiverig: Objektet placeras i riskklass 2 främst med hänsyn till att höga halter av PCB förekommer inom själva brännytan samt att mycket höga halter tributyltenn återfunnits i grundvatt-net.

Andra prioriteringsgrunder:

.....

Exponering av föroreningarna sker idag på följande sätt: Inga kända

Det finns andra förorenare som hotar samma recipient: Nej

Det finns andra förorenare som har sitt ursprung i samma verksamhet: Nej

Bilaga 2**SAMLAD RISKBEDÖMNING FÖR FÖRORENADE OMRÅDEN**

Orienterande studier fas 1

 Översiktlig undersökning fas 2**Administrativa uppgifter**

Objekt: Muskö, Bergdeponin	Handläggare: Ulf Qvarfort
Ärende nr:	Datum:2001-10-15
Verksamhet/Bransch: Bergdeponi	Reviderad:

Hanterade kemikaliers farlighet (F): Skriv kemikalie/ämnesgrupp i aktuell ruta

Låg Övrigt/Måttligt hälsoskadligt	Måttlig Hälsoskadlig, irriterande, miljö- farlig	Hög Giftig, frätande, miljöfarlig ? Okänt ev. oljor	Mycket hög Mycket giftig.

Föroreningsnivå (N): Visar vilka medier som är förorenade idag. Skriv ämnesgrupp i aktuell ruta

Medium	Liten	Måttligt hög	Hög	Mycket hög
Mark / deponi				
Grundvatten	As, Co, Cr, Hg, Mn, Ni, Cd, Zn, Cu, Pb, PCB		Monooktyltenn	TBT ,DBT, MBT
Sediment				
Ytvatten				

Spridningsförutsättningar(S) - från underlagsblankett spridningsförutsättningar. Skriv X i aktuell ruta

Medium	Små	Måttliga	Stora	Mycket stora
I mark och grundvatten	x			
Till ytvatten	x			
I ytvatten				
Till sediment				
Från sediment				
Övriga spridningsvägar	Nej	Ja	Troligt förorenat område	
Separat vätskefas	X		m ²	
Gasfas	x			
Damning	?			

Känslighet och skyddsvärde (K)

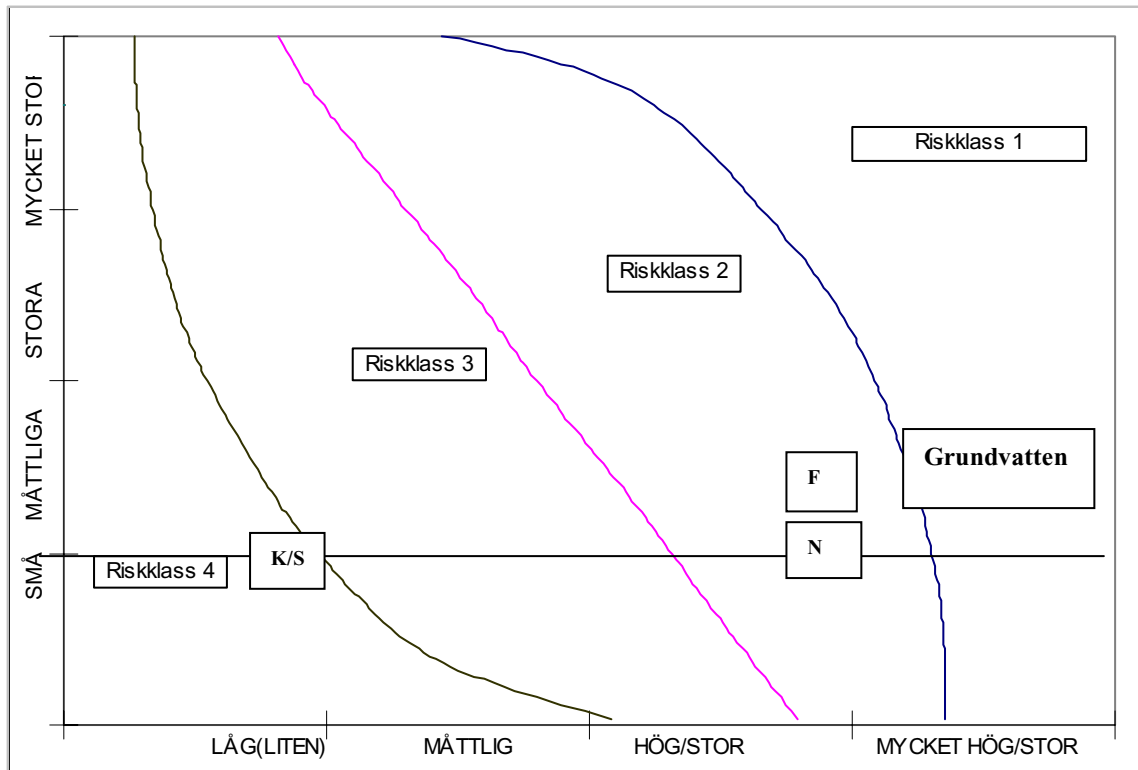
	Liten	Måttlig	Stor	Mycket stor
Exponering människa	X			
Skyddsvärde miljö	X			

Bedömning av (K) baseras på markanvändningen

.....
Sätt kryss i ruta pågående framtida enl. detaljplan framtida enligt översiktsplan

Kort beskrivning av exponeringssituationen: Plats för deponi av bergmassor. Stor del av den ursprungliga deponin har försålts.

Blankett E (2)



Spridningsförutsättningar (S); Kemikaliers farlighet (F); Föreningarnivå (N); Känslighet / Skyddsvärde (K)

Inventerarens intryck: Plats för deponering av bergmassor

Objektet förs till

- Riskklass 1 "Mycket stor risk"
- Riskklass 2 "Stor risk"
- X** Riskklass 3 "Måttlig risk"
- Riskklass 4 "Liten risk"

Motivering: Objektet placeras i riskklass 3, dock med förbehåll att ett kontrollprogram upprättas för att kunna studera om förändringar uppstår över tiden. Trots relativt höga halter av organiska tennföreningar i grundvattnet sker sannolikt ett begränsat utflöde till viken. Inget grundvattenuttag sker heller i området och den övriga verksamheten torde bidra med ett betydligt större tillskott av organiska tennföreningar till miljön.

Andra prioriteringsgrunder:.....

Exponering av föroreningarna sker idag på följande sätt; Inga kända

Det finns andra förorenare som hotar samma recipient; Nej

Det finns andra förorenare som har sitt ursprung i samma verksamhet: Nej

