

Mellanlagring av asfalt

Utlakning från uppbruten asfalt - delrapport 2 Validering av kontrollprogram

LENNART LARSSON
LARS BÄCKMAN

Linköping i mars 1999

Vegdirektoratets Bibliotek



3 1400 187473 140

VÄGVERKET

FORTIFIKATIONSVERKET

Rapport

Mellanlagring av asfalt

Utlakning från uppbruten asfalt – delrapport 2 Validering av kontroll- program

Datum: 1999-02-17

Kontaktpersoner: Lennart B. Larsson (SGI)
Lars Bäckman (VTI)

Innehållsförteckning

Text	Sida
FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	4
1. INLEDNING	5
2. UTLAKNING FRÅN BELÄGGNINGSMATERIAL – UNDERSÖKNINGAR	5
2.1. BAKGRUND	5
2.2. MATERIAL	6
2.3. METODER	7
2.3.1. <i>Oorganiskt</i>	7
2.3.2. <i>Organiskt</i>	8
2.4. ANALYSER	8
3. RESULTAT FRÅN LAKFÖRSÖKEN	9
3.1. KOLONNUTLAKADE OORGANISKA ÄMNEN	9
3.1.1. <i>Enbart kolonnvatten, "0-prov"</i>	9
3.1.2. <i>Ballast (stenkross)</i>	10
3.1.3. <i>Oljegrus</i>	11
3.1.4. <i>Tjärasfalt</i>	12
3.1.5. <i>Asfalt (Kallax flygfält)</i>	14
3.1.6. <i>Asfalt från riksväg 40 (delrapport 1).</i>	15
3.1.7. <i>Utlakade ackumulerade mängder av klorid</i>	16
3.2. KOLONNUTLAKADE ORGANISKA ÄMNEN	17
3.2.1. <i>Enbart kolonnvatten, "0-prov"</i>	17
3.2.2. <i>Oljegrus</i>	17
3.2.3. <i>Tjärasfalt</i>	19
3.2.4. <i>Asfalt (Kallax flygfält)</i>	20
3.2.5. <i>Asfalt från riksväg 40 (delrapport 1).</i>	22
3.2.6. <i>Microtoxtest på 0-prov, oljegrus, tjärasfalt och flygfältasfalt</i>	23
4. SAMMANFATTANDE DISKUSSION - LAKTESTRESULTAT	26
4.1. OORGANISKA ÄMNEN	26
4.2. ORGANISKA ÄMNEN	28
4.3. SAMMANFATTANDE DISKUSSION	29
5. VALIDERING AV KONTROLLPROGRAM	30
5.1. BAKGRUND	30
5.2. SYFTE	31
5.3. LOKALBESKRIVNING – MELLANLAGER VID ÖVERSKOG	31
5.4. PROVTAGNING	34
5.5. ANALYSER	36
5.6. RESULTAT OCH KOMMENTARER	36
5.6.1. <i>Halter av oorganiska ämnen i markprov</i>	36
5.6.2. <i>Halter av organiska samlingsparametrar i markprov</i>	39
5.6.3. <i>Metallhalter i vattenprov</i>	41
5.6.4. <i>Halter av organiska samlingsparametrar i vattenprov</i>	42
5.7. SLUTSATSER	42
6. REFERENSER	43

Mellanlagring av asfalt

Utlakning från uppbruten asfalt – delrapport 2

Validering av kontrollprogram

FÖRORD

Önskemål om enhetliga direktiv för hur mellanupplag för asfaltmassor skall utformas har framförts av både kommuner/väghållare och entreprenörer. Vägverket har därför uppdragit åt VTI och SGI att utföra en förstudie rörande ”Mellanlagring av asfaltmassor”. En delredovisning av denna förstudie har tidigare presenterats i ”Utlakning från uppbruten asfalt - delrapport 1” SGI Varia 468; Januari 1998. Delrapport 1 presenterade en kunskapsöversikt om utlakning från asfalt och resultat från utlakningsförsök av ett asfaltmaterial. Förstudien omfattade, förutom delrapport 1, även framtagandet av en informationsfolder med rekommendationer för mellanlagring av asfalt. Föreliggande delrapport 2 redovisar lakförsök av ytterligare tre beläggingsmaterial samt ett ballastmaterial. I rapporten redovisas även validering av det kontrollprogram som föreslagits i informationsfoldern.

Delrapport 2 är utgiven både som SGI Varia 475 och som VTI Notat nr 19-1999.

Förstudien finansierades gemensamt av Vägverket, Svenska kommunförbundet, Luftfartsverket och Fortifikationsverket. Det fortsatta projektarbetet har finansierats av Vägverket och Fortifikationsverket.

Lennart B. Larsson (SGI) har ansvarat för lakstudierna. Lars Bäckman (VTI) har varit projektledare och ansvarat för validering av kontrollprogrammet. I en referensgrupp har ingått medarbetare från Vägverket, Svenska kommunförbundet, Luftfartsverket, Fortifikationsverket, Naturvårdsverket och FAS (Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige).

Linköping i februari 1999

Lars Bäckman

Lennart Larsson

SAMMANFATTNING

Kolonnlakning har utförts på tre beläggningsmaterial: oljegrus, tjärasfalt och asfalt från ett flygfält och därtill på ett ballastmaterial. Vidare har asfalt från Rv40 bl a kolonnlakats i en tidigare studie (delrapport 1). Erhållna lakvatten har analyserats m a p valda oorganiska och organiska ämnen och samlingsparametrar.

Undersökningen visar att tjärasfaltens lakvatten visar betydligt större mängder av de flesta metallerna, i förhållande till övriga undersökta beläggningsmaterial. Maximalt utlakade ackumulerade mängder av valda tungmetaller och spårmetaller från tidigare undersökta naturmaterial överstiger, eller ligger i nivå med, vad de nu undersökta beläggningsmaterialen uppvisar. Maximalt utlakade halter av klorid från alla de undersökta beläggningsmaterialen är under gränsvärdet för dricksvatten.

Maximalt utlakade halter av 16PAH, cancerogena PAH och BTEX från alla beläggningsmaterialen ligger under motsvarande riktvärden i grundvatten vid förorenade bensinstationer. Fenol har inte detekterats i något av lakvattnen. Maximalt utlakade halter av acetofenon är lägre än ett tidigare angivet utländskt gränsvärde i yt-fiskevatten. Beläggningsmaterialens maximalt utlakade EGOM-halter är mindre än 1/10 – 1/20-del av ett medelvärde i lakvatten från 9 kemiindustrier till recipient under 1989-91. Flygfältasfaltens lakvatten har givit ringa toxisk respons och tjärasfaltens lakvatten låg toxisk respons från Microtox-testerna.

Vidare visar undersökningen att oljegruset lakar ut höga EGOM-halter och att dessa lakvatten är mycket toxiska för Microtox-testorganismer. Troligtvis är det främst oljegrusets lakvattens organiska innehåll, indikerat via EGOM, som är toxiskt. En mycket liten del av detekterat EGOM bestod av de analyserade organiska ämnena. En mycket stor del av innehållet i EGOM från oljegruset är därför okänt.

I syfte att validera föreslaget miljökontrollprogram har mark- och lakvattenprover tagits vid en befintligt mellanlager för uppbruten asfalt i Härnösands kommun. Proverna har analyserats på valda oorganiska ämnen och organiska samlingsparametrar.

Markproven uppvisar genomgående låga halter av oorganiska ämnen. Halterna av organiska samlingsparametrar är däremot tydligt förhöjda. Förhöjningen är begränsad till ytskiktet av underliggande mark (ca 10 cm). Lakvattnet uppvisar förhöjda halter, både vad gäller vissa metaller och organiska samlingsparametrar.

De provtagningar som har utförts i enlighet med det miljökontrollprogram som föreslagits i informationsfoldern, bedöms ge en god uppfattning om spridningen av olika ämnen inom upplagsplatsen. Kontrollprogrammet bedöms också ha en rimlig omfattning vad gäller provtagningsförfarande och antal prov.

1. INLEDNING

Intresset för asfaltåtervinning har ökat markant på senare år och en rad olika produktionsmetoder för asfaltåtervinning har etablerats runt om i landet. Planerade deponerings-skatter kan komma att innefatta mellanlagrade beläggingsmaterial och då ge återvinningstekniken ett viktigt ekonomiskt incitament. Återvinning av gammalt asfaltmaterial innebär att resurser sparas och att deponeringsbehovet reduceras. Metoderna är i de flesta fall mycket flexibla och väl anpassade för småskalig verksamhet nära vägen, vilket innebär att transportbehovet kan begränsas.

De gamla asfaltmassorna kan dock behöva krossas, malas och sorteras. I de flesta fall måste de också lagras en tid (av praktiska skäl) innan de kan återvinnas. På senare år har därför mellanupplag (återvinningsterminaler) för gamla beläggningar börjat dyka upp runt om i landet och önskemål om enhetliga regler/direktiv för hur sådana terminaler skall utformas har framförts av både kommuner/väghållare och entreprenörer. En annan huvudfråga har varit om asfaltlager kan ge upphov till *utlakningsproblem* och vilka krav som bör ställas på mark- och grundvattenförhållandena nära upplagen.

I etapp 1 av projektet (delrapport 1) utfördes en förstudie, bestående av en kunskaps-sammanställning, lakförsök på *ett* asfaltmaterial samt utformning av textunderlag till en informationsfolder med råd och rekommendationer för mellanlagring av asfalt. Vid försöken analyserades ett brett spektrum av ämnen och ett flertal lakningsmetoder utnyttjades. Med denna förstudie som bas har nu en typ av lakförsök och ett begränsat antal analysparametrar valts ut för vidare studier på fyra andra material (tre beläggingsmaterial samt ett ballastmaterial). Studien omfattar också validering av det miljökontrollprogram som föreslagits i den informationsfolder om mellanlagring som utgavs under 1998.

Syftet med projektet är att utvärdera utlakning och generell miljöpåverkan från fyra olika material samt att validera det kontrollprogram som föreslagits i informationsfol-dern.

2. UTLAKNING FRÅN BELÄGGNINGSMATERIAL – BAKGRUND OCH UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

2.1. Bakgrund

I föregående delprojekt, beskrivet i ”Utlakning från uppbruten asfalt - delrapport 1”, undersöktes asfaltprov från riksväg 40 (taget mellan Granåsmotet och Ryamotet) med avseende på bland annat dess totalinnehåll av valda grundämnen, främst metaller. Därtill utsattes asfalten för ett flertal olika lakutföranden, designade för att laka ut antingen grundämnen eller organiska ämnen. I både de oorganiska och organiska testerna ingick tillgänglighetstest (TT) och kolonntest. TT-testet visar den potentiellt utlakbara mängden av ämnen under ett långsiktigt tidsperspektiv. Kolonntestet avspeglar den tidsberoende utlakningen, dvs vad som lakas ut från materialet under ett mindre antal år, under vilka materialet utsätts för t ex surt regn. I de oorganiska testerna ingick även en CEN-lakning. Denna metod kan jämföras med kolonnlakning men är förenklad i sitt utförande, och ger färre mätvärden i förhållande till kolonnlakning.

Alla lakvatten från de oorganiska testerna, presenterade i delrapport 1, analyserades m a p förvalda grundämnen. För val av lämpliga organiska ämnen "screenades" lakvattnet från det inledande organiska TT-testet med hjälp av högupplösande gaskromatografi och masspektrometri (HRGC/MS). Från denna analys erhöles ett stort antal masspektra. Dessa spektra jämfördes med data från ett datoriserat bibliotek, innehållande spektra från ett stort antal organiska ämnen, bl a sådana som är välkända ur miljösynpunkt. Denna jämförelse kallas "screening", varur erhålls ett stort antal ämnen som med varierande sannolikhet finns i det undersökta provet (i vissa fall kan spektra helt eller delvis överlappa varandra, varvid sannolikheten att ämnen med dessa spektra föreligger i provet minskar; därtill kan halten ligga i närheten av detektionsgräns vilket minskar sannolikheten). Utifrån denna analys och utifrån svenska riktvärden för organiska ämnen i grundvatten valdes ämnen ut för kvantitativ bestämning i lakvatten från de efterföljande organiska laktesterna.

Resultat från ovanstående organiska tester har delvis legat till grund för val av organisk lakmetod, och för val av de organiska parametrar som analyserats, i föreliggande lakförsök. Därtill har fogats analys av ytterligare parametrar, bl a Microtox test för att undersöka lakvattnens toxicitet. Slutligen har utvärdering av erhållna resultat gjorts på basis av tillgängliga bakgrundsvärden.

2.2. Material

Studien omfattar kolonnlakning av de tre beläggingsmaterialen oljegrus, asfalt med tjärlinblandning och asfalt från ett flygfält. Därtill har ett ballast material lakats som referensprov med avseende på oorganiskt innehåll. Följande bakgrundsinformation gäller för de undersökta materialen.

Oljegrus

OG16 taget från Galvenvägen i Arbrå. Oljegruset lades ut 1995. Provet till lakstudierna togs ut från väggkanten. Grusmaterialet i oljegruset kom från Bollnäs LBC:s täkt i Växbo, nedan kallad ballast.

Asfalt med tjärlinblandning, nedan benämnd "Tjärasfalt"

Denna asfalt kom från asfaltmassor uppbrutna från gamla E4:n mellan Överskog och Mörtsal (söder om Höga Kusten bron). Proverna togs i sept.-98 från upplag av "flak". Flaken bestod helt av det bundna lagret (20-40 cm), som i sin tur bestod av flera olika slitlager av olika ålder och typ. I den undre delen fanns ett lager med indränkt makadam med lukt av tjära. Detta lager har undersökts i föreliggande studie. Erhållna prov från detta lager erhöles som ca 10-20 cm stora sjok med ca 5-6 cm tjocklek.

Asfalt (Kallax flygfält), nedan kallad "Flygfältsasfalt"

Asfaltproverna bestod av borrhärnor tagna ur rullbanan på Kallax flygplats i Luleå. Borrhärnorna togs upp från ena banändan under okt.-98. Det erhållna materialet bestod av cirkulära, utborrade, delar, ca 10-20 cm i diameter. Till lakförsöken användes de översta 5 cm av kärnorna som bestod av en relativt finkornig asfaltbetong.

Ballast (stenkross)

Stenmaterial, "0-12", taget från Bollnäs LBC:s täkt i Växbo.

2.3. Metoder

Metoden kolonnlakning, som här användes för bestämning av den tidsberoende utlakningen av oorganiska och organiska ämnen från de olika beläggningsmaterialen, har tidigare beskrivits i delrapport 1. Nedan följer en kortfattad beskrivning av metoden. Därtill presenteras de specifika faktorer som förelåg vid de olika lakningarna.

Utlakningens tidsmässiga beroende av vattenomsättningen i ett material kan studeras genom kolonnförsök. När så är möjligt utförs lakstudien med material i dess ursprungliga form (ej malt, krossat, siktat). I de fall denna form är för stor för att kunna placeras i lakkolonner, delas materialet så försiktigt som möjligt upp i bitar med lämplig storlek. För några av de här testade beläggningsmaterialen var det därför nödvändigt att bryta/spräcka upp materialproverna i mindre delar. Storleken på dessa delar beskrivs under respektive material nedan.

Kolonnlakning ger ofta en god, ibland något konservativ, beskrivning av utlakningens tidsberoende i fullskala. Lakstudien utförs med helt vattenmättat prov med ackumulerade L/S-kvoter under vilken redoxpotential och pH inte regleras. L/S-kvoten är den mängd lakvatten (Liquid) som varit i kontakt med en viss mängd material (Solid), dividerat med denna mängd material. Om kännedom föreligger avseende upplagda massors geometriska och klimatologiska parametrar (bl a vattenomsättningen i massorna och upplagets utformning) kan L/S-skalan omvandlas till en tidskala. Försöken kan härigenom ge en uppfattning om hur utlakningen förändras med tiden i fullskala från ett upplag av det undersökta materialet.

Lakförsöken utförs i rumstemperatur. En kolonn fylls helt med material och utsätts för simulerat surt regn bestående av avjoniserat vatten. Detta vatten, som har pH4, pumpas in i kolonnen underifrån. Vatten som passerat kolonnen samlas upp i behållare vid förbestämda L/S, filtreras (oorganisk kolonn) eller centrifugeras (organisk kolonn) för att erhålla vatten med partiklar $< 0,45 \mu\text{m}$, varefter klarfasen analyseras på valda ämnen.

Kolonnlakning avseende organiska ämnen skiljer sig delvis i förhållande till oorganiska ämnen. pH i ingående vatten hålls konstant med HNO_3 i fallet oorganisk lakning men med H_2SO_4 i fallet organisk lakning. Vid lakning av organiska ämnen är metoden designad för att minimera nedbrytning och förångning av de organiska ämnena. Kolonnlakningen är utformad för att ge god information av vad som kan ske i fullskala vid utlakning från t ex ett tillfälligt mellanlagrat beläggningsmaterial. Information, specifik för kolonnlakningarna i denna delrapport 2, ges nedan.

2.3.1. Oorganiskt

Initialt undersöktes innehållet i ett "0-prov" bestående av vatten taget från samma källa som användes till lakningarna av beläggningsmaterialen. Detta vatten tilläts passera genom en tom glaskolonn som senare användes för de ordinarie kolonnlakningarna. Utgående vatten analyserades på de valda oorganiska parametrar som undersöktes i de ordinarie kolonnlaktesterna. Detta 0-prov betecknades "Blank".

Alla oorganiska kolonnlakningar utfördes i glaskolonn med diameter 0,05 m och med en höjd av 0,3 m. Storleken på de undersökta materialen har varit upp till 1 cm. Flödes hastigheten har varit L/S 0,1 per dygn. Lakvattnen har samlats upp i plastflaskor, filterats genom 0,45 µm cellulosa-nitrat filter innan analys. För varje enskilt material togs lakvattenprover ut vid följande L/S: Oljegrus: 0,15; 0,29; 0,85; 2,26. Tjärasfalt: 0,18; 0,40; 0,80; 2,03. Flygfältasfalt: 0,12; 0,31; 0,73; 1,87. Ballast (stenkross). 0,14; 0,30; 0,84; 1,94.

2.3.2. Organiskt

Vatten, taget från samma källa som användes till lakningarna av beläggningsmaterialen, tilläts passera genom en tom glaskolonn. Denna kolonn användes senare för ordinarie kolonnlakning. Utgående vatten analyserades på de valda organiska ämnen som ingick i de ordinarie kolonn testerna. Därtill genomgick vattnet Microtox-test. De från detta 0-prov erhållna bakgrundsvärdena betecknas i laboratoriedokumenterna som "Vatten 8560 Blank".

De organiska kolonn försöken är utförda i glaskolonner. Flödes hastigheten genom kolonnerna har varit L/S 0,1 per dygn. Avjoniserat syrefritt vatten, sänkt till pH 4, tillsattes genom kontinuerlig pumpning från en behållare som var fylld med kvävgas innan vattenpåfyllning och under det kontinuerliga uttaget. Kolonnerna var täckta med folie och till slutna med teflonproppar för att minimera kemisk nedbrytning och avgång av ev. flyktiga föreningar. Erhållna lakvatten samlades upp i härför avsedda glasflaskor (kvävgasfyllda), centrifugerades, varefter de kylades till 4 ± 2 °C och sändes till externt laboratorium för analys.

Oljegrus

Kolonnen som användes för oljegruset hade en diameter 0,1 m och höjden 0,75 m. Materialstorleken var upp till 1 cm. Lakvattenprover togs ut för analys vid L/S-värdena 0,21, 0,47, 0,80 och 1,89.

Tjärasfalt

Kolonnen som användes för tjärasfalt hade en diameter 0,18 m och höjden 0,78 m. Materialstorleken var upp till 2 cm. Lakvattenprover togs ut för analys vid L/S-värdena 0,20, 0,30, 0,79 och 1,90.

Flygfältasfalt

Kolonnen som användes för denna asfalt hade en diameter 0,1 m och höjden 0,75 m. Materialstorleken var upp till 1 cm. Lakvattenprover togs ut för analys vid L/S-värdena 0,32, 0,58, 0,90 och 1,86.

2.4. Analyser

Undersökningen avser utlakning av valda oorganiska och organiska ämnen. Lakförsöken har utförts på SGIs ackrediterade laboratorium och analyserats enligt Svensk Standard med avseende på pH och elektrisk konduktivitet. Därtill har samtliga lakvatten analyserats och slutbestämts avseende valda oorganiska ämnen med ICP-AES, ICP-MS, AFS eller ICP-QMS (se separat bilaga) av Svensk Grundämnesanalys AB (SGAB). Alla orga-

niska analyser av erhållna lakvatten har utförts av Miljölaboratoriet i Nyköping AB med hjälp av högupplösande gaskromatografi och mass-spektrometri (HRGC/MS) (se separat bilaga). Undantaget analys av fenol som utförts med HPLC ("high performance" vätskekromatografi).

Dubbelpровер har tagits ut och analyserats med avseende på valda parametrar enligt nedanstående Tabell 1.

Tabell 1. Schema över de dubbelpровер, betecknade med *, som tagits ut vid olika L/S och analyserats på angivna parametrar. L/S nr 1 avser lägsta L/S, L/S nr 4 avser högsta L/S för respektive kolonn (för reella L/S värden, se avsnitt 2.3 ovan).

Material	Oljegrus				Tjärasfalt			Ballast	Flygfältasfalt	
	Org.		Oorg.		Org.		Oorg.	Oorg.	Org.	Oorg.
L/S, nr	1	2	1	3	1	3	1	4	1	1
16PAH					*				*	
Acetofenon					*				*	
Fenol						*				
BTEX	*									
EGOM		*								
Microtox									*	
V3A				*				*		*
Klorid			*				*			

3. RESULTAT FRÅN LAKFÖRSÖKEN

Nedan redovisas i text, tabell- och i diagramform resultat från lakttesterna, både separat och i relation till varandra, för valda ämnen. I separat bilaga finns de fullständiga resultaten som analysprotokoll.

3.1. Kolonnutlakade oorganiska ämnen

3.1.1. Enbart kolonnvatten, "0-prov"

Analys av vattnet som passerat tom kolonn visar att de flesta oorganiska parametrarna låg under detektionsgräns. Emellertid var zink (Zn) och bly (Pb) några av de få ämnen som detekterades. För Zn, som var det ämne som hade högst koncentration, detekterades 15 µg/l, och för Pb detekterades 1,1 µg/l. Härav framgår att den relativt nya avjoniseringsutrustning som användes (MilliPore) inte gav helt avjoniserat vatten. I de fall halterna översteg detektionsgräns har dessa subtraherats från de halter som detekterats i lakvattnen

från de olika beläggningsmaterialen. Nedan redovisade ackumulerade utlakade mängder är således justerade med "pH"-värdena".

3.1.2. Ballast (stenkröss)

Beräknade ackumulerade kolonnutlakade mängder av grundämnen från ballast redovisas i Tabell 2 och i Diagram 1. SGI har tidigare CEN-lakat naturgrus vid L/S 2. Härav erhållna resultat bör kunna användas för en acceptabel jämförelse med resultat från kolonnlakningen vid L/S 1,94. Vid sådan jämförelse lakade ballasten ut ackumulerade mängder av de analyserade tungmetallerna i nivå med eller under naturgrusets utlakade mängder, oavsett med eller utan hänsyn till 0-prov.

Tabell 2. Beräknade ackumulerade kolonnutlakade mängder av grundämnen från ballast. Angivna värden och procentintervall för provnummer 8582 motsvarar medelvärde av dubbelprov och mängdvariationen i % av medelvärdet. Procentintervall anges om halterna översteg detektionsgräns.

	Enhet\ provnr	8538	8540	8546	8582	
L/S	lit./kg	0,14	0,30	0,84	1,94	
pH		6,0	5,8	6,3	6,5	
Ledn. förm.	(mS/m 25°C)	37,8	10,7	7,68	4,95	
Ca (kalcium)	mg/kg	4,58	5,33	7,00	9,59	+/-0,2%
Fe (järn)	mg/kg	0,0756	0,150	<0,156	<0,182	
K (kalium)	mg/kg	0,84	1,36	2,85	5,44	+/-0,4%
Mg (magnesium)	mg/kg	0,892	1,06	1,41	1,93	+/-0,7%
Na (natrium)	mg/kg	2,97	4,35	6,64	8,02	+/-0,4%
S (svavel)	mg/kg	4,97	5,28	5,69	6,08	+/-1,7%
Al (aluminium)	mg/kg	0,0515	0,105	0,108	0,138	+/-8,3%
As (arsenik)	mg/kg	<0,00014	<0,0003	<0,00084	<0,0019	
Ba (barium)	mg/kg	0,00415	0,00516	0,0056	0,0067	+/-6,3%
Cd (kadmium)	mg/kg	0,000043	<0,000051	<0,000082	<0,00014	
Co (kobolt)	mg/kg	0,000044	0,000082	<0,000109	<0,00016	
Cr (krom)	mg/kg	<0,00007	<0,00015	<0,00042	<0,00097	
Cl (klorid)	mg/kg	0,98	<1,1	<1,7	<2,8	
Cu (koppar)	mg/kg	0,00130	0,00205	0,00311	0,00424	+/-6,1%
Hg (kvicksilver)	mg/kg	<0,0000028	<0,000006	<0,000017	<0,000039	
Mn (mangan)	mg/kg	0,0139	0,0204	0,0298	0,0490	+/-1,3%
Ni (nickel)	mg/kg	0,000493	0,000547	<0,00082	<0,0014	
Pb (bly)	mg/kg	<0,000028	<0,00006	<0,00017	<0,00039	
Zn (zink)	mg/kg	<0,000056	<0,00012	<0,00034	<0,00078	

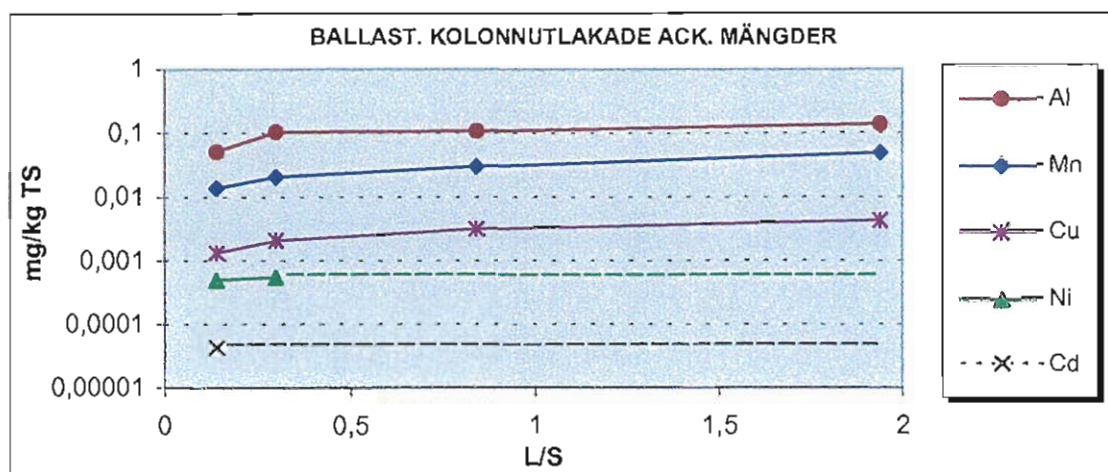


Diagram 1. Beräknade ackumulerade kolonnutlakade mängder av valda grundämnen från ballast, i de lakvatten motsvarande ämnen uppvisat halter över detektionsgräns. Streckade linjer avser ackumulerade mängder av ämnen där motsvarande halter under detektionsgräns har satts till noll.

3.1.3. Oljegrus

Beräknade ackumulerade kolonnutlakade mängder av grundämnen från oljegruset redovisas i Tabell 3 och i Diagram 2.

Oljegrusets utlakade mängder av Mn och Zn var båda förhöjda ca en tiopotens, i förhållande i ballasten. Cu var förhöjd ca 2 ggr vid L/S 1,0, jämfört med ballasten. Utlakade mängder av Al, Ni, As, Cd och Pb från oljegruset låg under, eller i nivå med, utlakade mängder från ballasten.

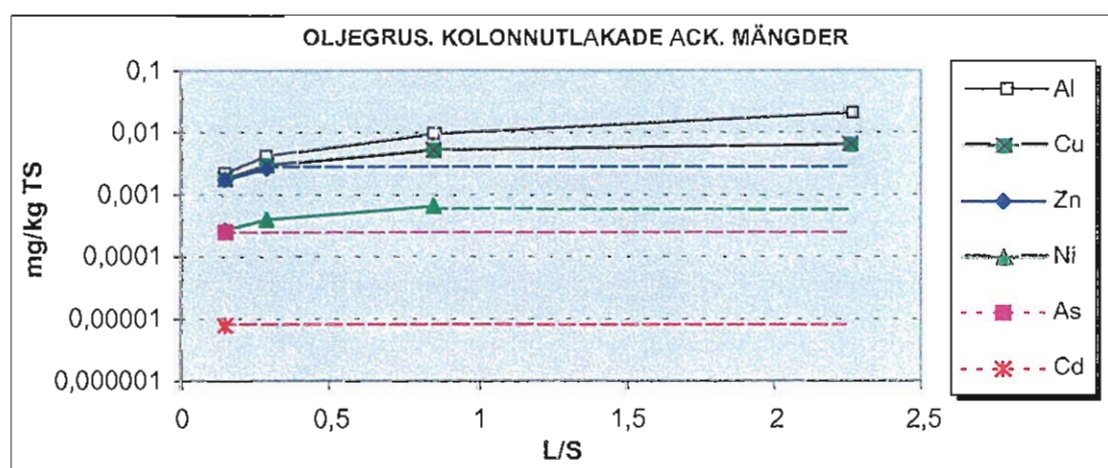


Diagram 2. Beräknade ackumulerade kolonnutlakade mängder av valda grundämnen från oljegrus, i de lakvatten motsvarande ämnen uppvisat halter över detektionsgräns. Streckade linjer avser ackumulerade mängder av ämnen där motsvarande halter under detektionsgräns har satts till noll.

Tabell 3. Beräknade ackumulerade kolonnutlakade mängder av grundämnen från oljegrus. Angivna värden för provnummer 8547 motsvarar medelvärde av dubbelprov. Detsamma gäller för Cl i prov 8539. Procentintervall anges om halterna översteg detektionsgräns.

	Enhet\ provnr	8539	8541	8547	8583
L/S	lit./kg	0,15	0,29	0,85	2,26
pH		7,0	7,2	7,3	7,1
Ledn. förm.	(mS/m 25°C)	28,19	12,31	10,35	8,18
Ca	mg/kg	1,83	3,51	9,64 +/-0,3%	16,7
Fe	mg/kg	<0,0015	<0,0029	<0,0085	<0,023
K	mg/kg	0,426	0,675	2,04 +/-0,4%	4,20
Mg	mg/kg	0,348	0,599	1,66 +/-0%	2,81
Na	mg/kg	1,65	2,78	5,88 +/-0,3%	7,44
S	mg/kg	2,21	3,97	9,30 +/-0,3%	13,8
Al	mg/kg	0,00220	0,00418	0,0096 +/-3,2%	0,0211
As	mg/kg	0,00025	<0,00060	<0,0014	<0,0028
Ba	mg/kg	0,00180	0,00279	0,0060 +/-0,5%	0,0084
Cd	mg/kg	0,000008	<0,00002	<0,00004	<0,0002
Co	mg/kg	0,000043	0,000079	0,00020 +/-2,8%	0,00038
Cr	mg/kg	<0,00008	<0,0002	<0,0004	<0,001
Cl	mg/kg	0,9 +/-0 %	1,6	3,28	4,69
Cu	mg/kg	0,00180	0,00299	0,0053 +/-6,3%	0,0065
Hg	mg/kg	<0,000003	<0,000006	<0,00002	<0,00005
Mn	mg/kg	0,0539	0,101	0,312 +/-0,09%	0,599
Ni	mg/kg	0,00027	0,00040	0,00066 +/-11%	<0,0014
Pb	mg/kg	<0,00003	<0,00006	<0,0002	<0,0005
Zn	mg/kg	0,00174	0,0026	<0,0028	<0,0034

3.1.4. Tjärsfalt

Beräknade ackumulerade kolonnutlakade mängder av grundämnen från tjärsfaltens redovisas i Tabell 4 och i Diagram 3.

Tjärsfaltens utlakade ackumulerade mängder av Ni var förhöjda över 40 ggr, i förhållande till ballasten vid L/S 1,0. Vid detta L/S var utlakad mängd av Cd och Mn förhöjda ca 10 ggr och Cu ca 5 ggr, i förhållande till ballasten. Utlakad mängd av Zn var förhöjd mer än 90 ggr, As och Cr mer än 16 ggr och Pb förhöjd mer än 5 ggr, i förhållande i ballasten. Med hur mycket mer dessa ämnen lakade ut går inte att fastställa eftersom utlakade mängder av motsvarande ämnen från ballasten låg under detektionsgräns. Utlakad mängd av Al från tjärsfaltens låg i nivå med utlakad mängd från ballasten, vid nämnda L/S.

Tabell 4. Beräknade ackumulerade kolonnutlakade mängder av grundämnen från tjärasfalt. Angivet värde och procentintervall för Cl motsvarar medelvärde av dubbelprov och mängdvariationen i % av medelvärdet.

	Enhet\ provnr	8559	8561	8584	8585
L/S	lit./kg	0,18	0,40	0,80	2,03
pH		6,9	7,0	7,2	8,1
Ledn. förm.	(mS/m 25°C)	36,6	37,4	32,0	77,0
Ca	mg/kg	5,38	12,6	24,6	49,0
Fe	mg/kg	0,0261	0,0341	0,0438	<0,056
K	mg/kg	1,58	3,35	6,24	11,7
Mg	mg/kg	0,844	1,96	3,75	6,75
Na	mg/kg	5,67	12,8	23,1	33,1
S	mg/kg	3,19	7,19	13,1	18,5
Al	mg/kg	0,0432	0,0656	0,0989	0,241
As	mg/kg	0,00340	0,00719	0,0138	0,0269
Ba	mg/kg	0,00175	0,00415	0,00819	0,0134
Cd	mg/kg	0,00039	0,00071	0,0011	0,0014
Co	mg/kg	0,00049	0,00092	0,0015	0,0022
Cr	mg/kg	0,00292	0,00477	0,0074	0,0096
Cl	mg/kg	4,86 +/-4%	10,6	18,6	26,0
Cu	mg/kg	0,0100	0,0142	0,0180	0,0207
Hg	mg/kg	0,000011	0,000018	<0,00003	<0,00005
Mn	mg/kg	0,0373	0,116	0,244	0,460
Ni	mg/kg	0,00951	0,0189	0,0316	0,0504
Pb	mg/kg	0,00068	0,0010	0,0013	<0,0016
Zn	mg/kg	0,0097	0,014	0,030	0,031

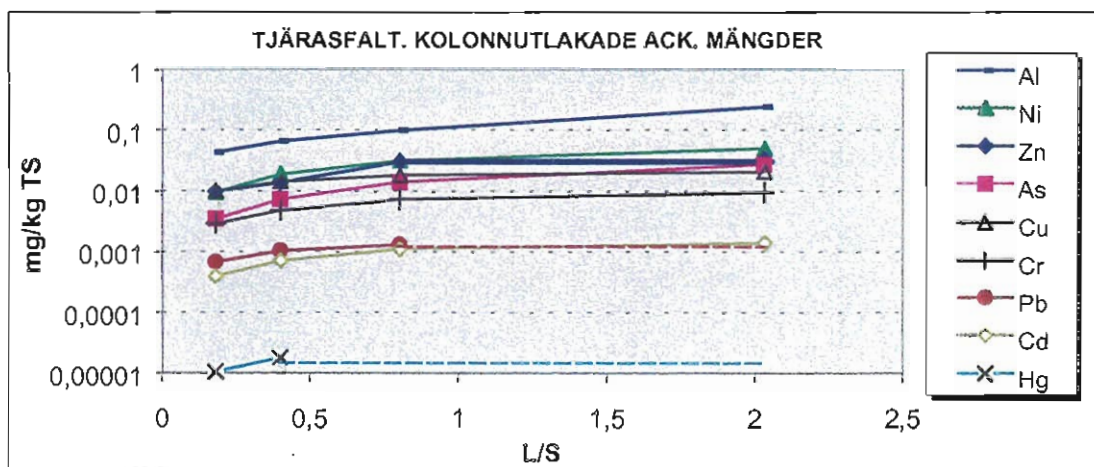


Diagram 3. Beräknade ackumulerade kolonnutlakade mängder av valda grundämnen från tjärasfalt, i de lakvatten motsvarande ämnen uppvisat halter över detektionsgräns. Streckade linjer avser ackumulerade mängder av ämnen där motsvarande halter under detektionsgräns har satts till noll.

3.1.5. Asfalt (Kallax flygfält)

Beräknade ackumulerade kolonnutlakade mängder av grundämnen från flygfältasfalten redovisas i Tabell 5 och i Diagram 4.

Denna asfalt lakade ut ackumulerade mängder av ett flertal av de analyserade ämnena i nivå med, eller under, utlakade ack. mängder från ballasten vid L/S 1,0. Undantagen är bl a Co som vid detta L/S lakade ut över 12 ggr mer än ballast. Därtill var utlakade ack. mängder av As och Ni något förhöjda i förh. till ballasten vid L/S 1. Ack. utlakade mängd Zn var den dubbla vid L/S 1 men ökade kraftigt till över 60 ggr utlakad mängd från ballast vid L/S 1,9. Vad gäller Hg låg alla vatten under detektionsgräns. Ack. utlakad mängd av Hg vid L/S 1 var minst 5-20 ggr lägre än från Rv40-asfalten (i dubbelproven på vatten 8606 erhöles varierande detektionsgräns för Hg, härav det spannet "5-20 ggr").

Tabell 5. Beräknade ackumulerade kolonnutlakade mängder av grundämnen från asfalt från Kallax flygfält. Angivna värden och procentintervall motsvarar medelvärde av dubbelprov och mängdvariationen i % av medelvärdet. Procentintervall anges om halterna översteg detektionsgräns.

	Enhet\ provnr	8606	8607	8608	8609
L/S	lit./kg	0,12	0,31	0,73	1,87
pH		7,4	7,2	7,7	7,5
Ledn. förm.	(mS/m 25°C)	19,3	18,8	9,48	6,73
Ca	mg/kg	0,887 +/-1,5%	2,52	4,86	11,0
Fe	mg/kg	0,00438 +/-23%	0,00894	<0,013	<0,026
K	mg/kg	0,686 +/-0%	1,82	3,26	6,00
Mg	mg/kg	0,190 +/-3,5%	0,538	0,971	2,00
Na	mg/kg	0,799 +/-2,0%	2,17	3,49	5,29
S	mg/kg	0,642 +/-1,9%	1,71	2,69	4,01
Al	mg/kg	0,00996 +/-21%	0,0193	0,0317	0,0580
As	mg/kg	0,00022 +/-2,5%	0,00054	0,00099	<0,0021
Ba	mg/kg	0,00066 +/-6,0%	0,00180	0,00272	0,0047
Cd	mg/kg	0,000002 +/-43%	0,000007	0,000007	0,000064
Co	mg/kg	0,00028 +/-3,6%	0,00080	0,00133	0,0023
Cr	mg/kg	0,00028 +/-10%	0,00048	<0,00069	<0,0013
Cl	mg/kg	0,84	2,17	3,85	7,27
Cu	mg/kg	0,00077 +/-6,2%	0,00187	0,00245	0,0031
Hg	mg/kg	<0,00001	<0,00005	<0,0001	<0,0004
Mn	mg/kg	0,00340 +/-3,5%	0,00908	0,0168	0,0479
Ni	mg/kg	0,00031 +/-21%	0,00075	0,00104	0,0023
Pb	mg/kg	0,000023 +/-33%	<0,000024	<0,000024	<0,000024
Zn	mg/kg	0,0001 +/-0%	0,00065	0,00065	0,052

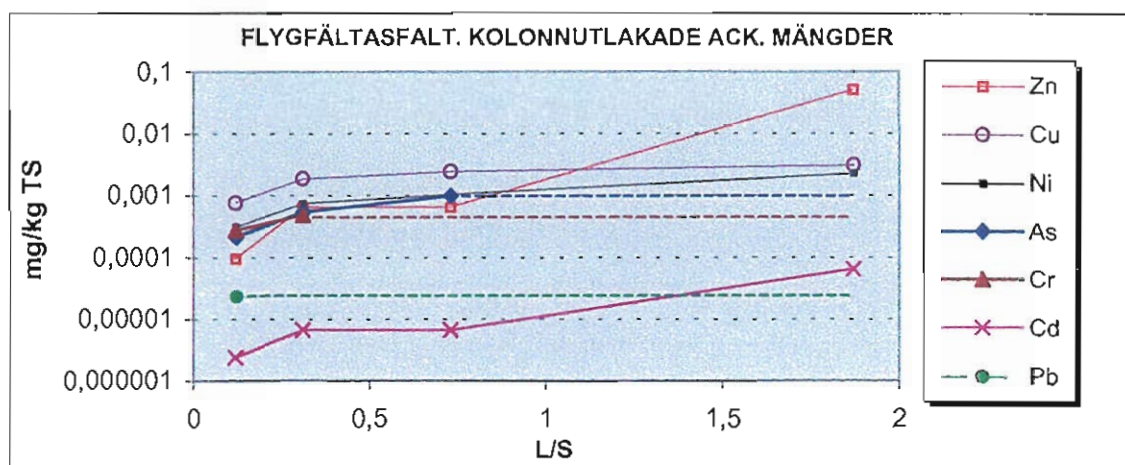


Diagram 4. Beräknade ackumulerade kolonnutlakade mängder av valda grundämnen från asfalt från Kallax flygfält. Streckade linjer avser ackumulerade mängder av ämnen där motsvarande halter under detektionsgräns har satts till noll.

3.1.6. Asfalt från riksväg 40 (delrapport 1).

I delrapport 1 redovisas resultat från kolonnlakning av asfalt från Rv 40. För jämförelse av ackumulerade kolonnutlakade ämnen från denna asfalt, med de nu undersökta beläggningmaterialen, antas här att det vatten som användes vid kolonnlakning av Rv40-asfalten innehöll samma bakgrundshalter som detekterats i "0-provet". Härav fås att vid L/S 1 lakade denna asfalt ut oorganiska ämnen i mängder som för de flesta av dessa låg i storleksordning mellan tjärasfalten och oljegruset (där tjärasfalten gav de högsta värdena för de flesta ämnena). Undantaget är Hg vars ackumulerade utlakade mängder vid L/S 1

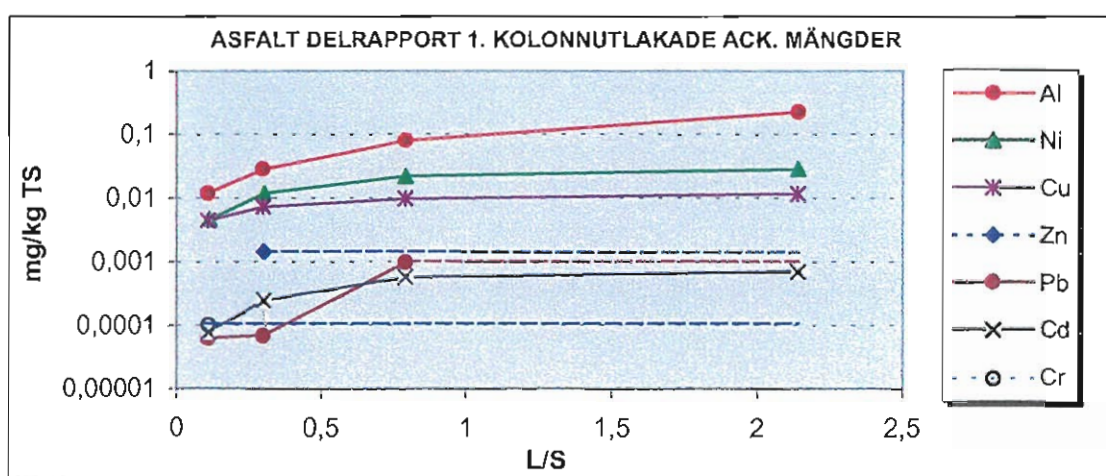


Diagram 5. Beräknade ackumulerade utlakade mängder från Rv40-asfalt (delrapport 1), justerade mot "0-prov". Streckade linjer avser ackumulerade mängder där motsvarande halter under detektionsgräns har satts till noll. Notera att x-axeln här är linjär (logaritmisk i delrapport 1).

var mer än 20 ggr större än från ballast, tjärasfalt och oljegrus (alla tre under detektionsgräns). Vid jämförelse med utlakade mängder från naturgrus, som SGI tidigare utfört (se avsnitt 3.1.2 ovan), ligger dock ackumulerad utlakad mängd Hg från Rv40-asfalten under utlakad ack. mängd Hg från naturgruset. Ackumulerade utlakade mängder från asfalten vid L/S 1 var för Ni förhöjd ca 25-30 ggr, Cd ca 6 ggr, Pb mer än 5 ggr och Cu var förhöjd ca 2-3 ggr, i förhållande till utlakade mängder från ballasten vid samma L/S. Utlakad mängd av Al från asfalten låg i nivå med utlakad mängd från ballasten, vid nämnda L/S.

3.1.7. Utlakade ackumulerade mängder av klorid

Akkumulerade utlakade mängder av klorid redovisas i ovanstående tabeller för varje enskilt beläggingsmaterial och i Diagram 6, nedan. Av de undersökta materialen lakade tjärasfalt och Rv40-asfalten ut mest, båda ca 20 mg/kg TS vid L/S 1,0. Rv40-asfalten lakade ut högst koncentration initialt, ca 68 mg/l vid L/S 0,11. Jämfört med ballast vid L/S 1, lakades ca 2-3 ggr mer ackumulerad mängd Cl ut från oljegruset och över 11-12 ggr mer från både tjärasfalt och asfalt från Rv40. Däremellan låg flygfältsasfalten; ca 3-4 ggr mer Cl lakades ut från denna i förhållande till ballast. Inget av de undersökta beläggingsmaterialen lakade ut kloridhalter över gränsvärdet för dricksvatten. Därtill ligger de maximalt uppmätta kloridhalterna från de undersökta beläggingsmaterialen inom det intervall som tidigare uppmätts från olika beläggingsmaterial (*Torsenius, 1996*).

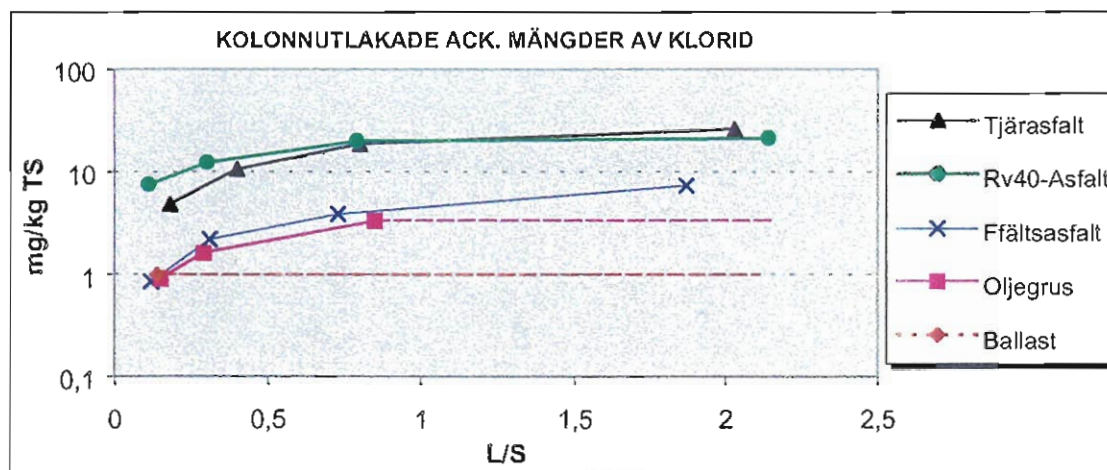


Diagram 6. Beräknade ackumulerade utlakade mängder av klorid från de undersökta beläggingsmaterialen (utlakade halter av klorid låg under detektionsgräns för ballast L/S >0,14 och för oljegrus L/S >0,85). Streckade linjer avser ackumulerade mängder där motsvarande halter under detektionsgräns har satts till noll.

3.2. Kolonnutlakade organiska ämnen

3.2.1. Enbart kolonnvatten, "0-prov"

Av de undersökta parametrarna låg alla, utom acetofenon och naftalen, under detektionsgräns i 0-provet. Dessa (acetofenon och naftalen) detekterades i låga halter i 0-provet, 0,13 µg/l respektive 0,10 µg/l. I avsikt att ge rätt kvalitet på utfört arbete pågår vid SGI en internundersökning för att försöka klargöra varför dessa har detekterats. Eventuellt kan 0-provet ha tagit upp dessa ämnen under hanteringen vid det externa analyslaboratoriet (se sid. 20 i delrapport 1 angående toluen).

3.2.2. Oljegrus

Beräknade ackumulerade kolonnutlakade mängder av valda organiska ämnen från oljegruset redovisas i Tabell 6 och i Diagram 7. Av de analyserade ämnena har acetofe-

Tabell 6. Ackumulerade utlakade mängder organiska ämnen och parametrar från oljegrus. %-tal avser dubbelprovs avvikelse från angivet medelvärde.

	Enhet/p.nr	8574	8575	8576	8577
L/S	(l/kg)	0,21	0,47	0,80	1,89
pH		-	-	8,2	7,2
Ledningsförmåga	(mS/m25°C)	-	-	4,47	4,62
Acetofenon	µg/kg	0,16	0,35	0,52	<0,53
Fenol	µg/kg	<1	<2	<4	<9
EGOM	µg/kg	8*E3	14,5*E3 +/-4%	-	-
Bensen	µg/kg	<0,2 +/-0%	<0,5	<0,8	<2
Toluen	µg/kg	<1 +/-0%	<3	<5	<11
Etylbensen	µg/kg	<0,4 +/-0%	<0,9	<2	<4
Xylen	µg/kg	<4 +/-0%	<9	<16	<38
Naftalen	µg/kg	0,013	0,023	<0,024	<0,034
Acenaftalen	µg/kg	0,0040	0,021	<0,024	<0,035
Acenaften	µg/kg	<0,02	<0,04	<0,06	<0,1
Fluoren	µg/kg	<0,004	<0,01	<0,02	<0,04
Fenantren	µg/kg	<0,02	<0,13	<0,14	<0,2
Antracen	µg/kg	<0,01	<0,03	<0,05	<0,06
Fluoranten	µg/kg	<0,01	<0,03	<0,06	<0,1
Pyren	µg/kg	<0,01	<0,03	<0,05	<0,1
Benso(a)antracen*	µg/kg	<0,006	<0,02	<0,03	<0,06
Chrysen*	µg/kg	<0,01	<0,03	<0,04	<0,08
Benso(b)fluoranten*	µg/kg	<0,004	<0,007	<0,01	<0,02
Benso(k)fluoranten*	µg/kg	<0,002	<0,005	<0,008	<0,02
Benso(a)pyren*	µg/kg	<0,004	<0,007	<0,01	<0,04
Indeno(1,2,3-cd)pyren*	µg/kg	<0,004	<0,007	<0,01	<0,04
Benso(g,h,i)perylene	µg/kg	<0,004	<0,007	<0,01	<0,04
Dibenso(a,h)antracen*	µg/kg	<0,004	<0,007	<0,01	<0,04
Σ cancer. PAH (* ovan)	µg/kg	<0,04	<0,08	<0,13	<0,29
Σ övriga PAH	µg/kg	<0,1	<0,3	<0,4	<0,7
Σ övriga PAH	µg/kg	≥0,017	≥0,044	-	-

non, EGOM, naftalen och acenaftylen detekterats i lakvattnen, uttagna vid de två första L/S. Fluoren låg under detektionsgräns vid första L/S med detekterades med en halt just över detektionsgräns vid det andra L/S (L/S 0,47). Anmärkningsvärt är de relativt höga EGOM-halterna (extraherbart gaskromatografierbart organiskt material) som oljegruset lakat ut, 38 mg/l vid L/S 0,21 och 25 mg/l vid L/S 0,47 (i Tabell 6 anges ackumulerade utlakade mängder i µg/kg vid dessa L/S, baserade på dessa värden). EGOM är en samlingsparameter för de organiska ämnen som går att extrahera och detektera med GC. I denna parameter ingår bl a aromater, polyaromater, alifater och heterogena kolväten. Jämförs utlakade EGOM-halter från oljegruset med Storkprojektets analyserade EGOM-värden i industrivatten från 9 undersökta kemiindustrier i Sverige 1989-91 till recipient (NV rapport 4103), ligger de utlakade EGOM-halterna från oljegruset vid L/S 0,21 över det högsta värdet från dessa industrier (max 27 mg/l; min <0,09 mg/l). Även EGOM-halten vid L/S 0,47 från oljegruset ligger högt, i nivå med det högsta värdet från dessa industrier.

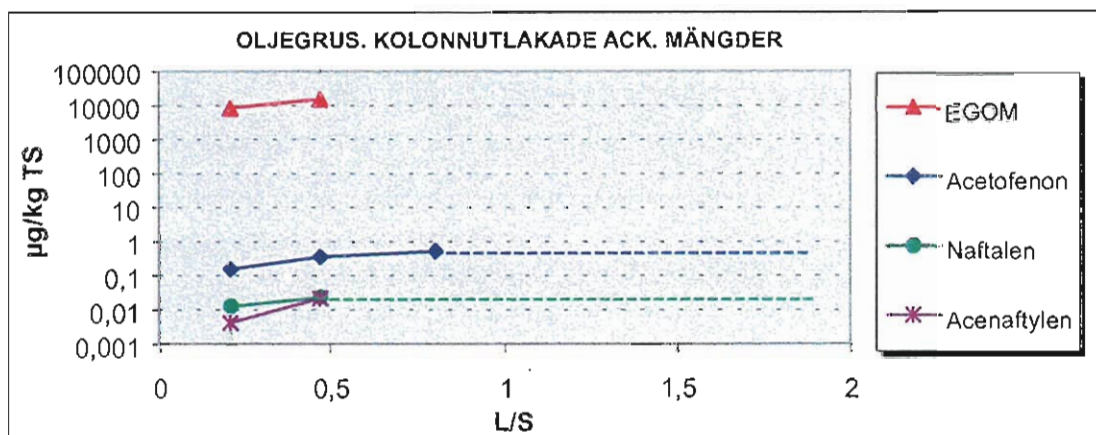


Diagram 7. Kolonnutlakade ackumulerade mängder från oljegrus av de organiska parametrar som registrerats över detektionsgräns. Streckade linjer avser ackumulerade mängder där motsvarande halter under detektionsgräns har satts till noll.

Jämförs oljegrusets utlakade EGOM-värden med EGOM-innehåll i lakvatten från övriga undersökta beläggingsmaterial lakar oljegruset ut vid L/S 0,2 ca 80 ggr mer än tjärasfaltan och ca 150 ggr mer än RV40-asfaltan.

Den maximala utlakade summahalten av cancerogena PAH var < 0,2 µg/l och för summan övriga PAH maximalt 0,9 µg/l. Jämförs resultaten med förslag till riktvärden för grundvatten vid förorenade bensinstationer (NV Rapport 4889) ligger maximalt utlakad summahalt av övriga PAH mer än ca 10 ggr under angivet riktvärde. Summan av de cancerogena PAHerna låg under angivet riktvärde (alla dessa PAHerna låg under detektionsgräns).

Acetofenon lakades ut i mängder som låg ca 2 ggr lägre än RV40-asfaltan vid L/S 1,8. Enligt delrapport 1 kan acetofenon hypotetiskt komma från färgmarkeringarna i vägbeläggningen. Sökning i internationella databaser har inte givit något resultat vad gäl-

ler aktuella gränsvärden av acetofenon i grund-/ytvatten. Enligt *ECDIN databas* angav Sovjetunionen (USSR) på sin tid maximal acceptabel koncentration av acetofenon i ytvatten för fiske till 0,04 mg/l. Maximalt utlakad halt acetofenon från oljegruset (0,8 µg/l) låg långt under detta gränsvärde.

3.2.3. Tjärasfalt

Beräknade ackumulerade kolonnutlakade mängder av valda organiska ämnen från tjär-asfalten redovisas i Tabell 7 och i Diagram 8. Av de analyserade organiska parametrarna är det endast acetofenon, EGOM, acenaftilen, fluoren och pyren som detekterats.

Tabell 7. Ackumulerade utlakade mängder organiska ämnen och parametrar från tjärasfalt. %-tal avser dubbelprovs avvikelser från angivet medelvärde.

	Enhet/p.nr	8578	8579	8580	8581
L/S	(l/kg)	0,20	0,30	0,79	1,90
pH		-	-	6,9	7,3
Ledningsförmåga	(mS/m25°C)	-	-	19,7	17,2
Acetofenon	µg/kg	0,18 +/- 8%	0,27	0,63	1,32
Fenol	µg/kg	<1	<2	<4 +/-0%	<10
EGOM	µg/kg	96	145	-	-
Bensen	µg/kg	<0,2	<0,3	<0,8	<2
Toluen	µg/kg	<1	<2	<5	<11
Etylbensen	µg/kg	<0,4	<0,6	<2	<4
Xylen	µg/kg	<4	<6	<16	<38
Naftalen	µg/kg	<0,006 +/-0%	<0,009	<0,02	<0,06
Acenaftilen	µg/kg	0,008 +/-3%	0,012	0,022	0,037
Acenaften	µg/kg	<0,002 +/-0%	<0,003	<0,008	<0,02
Fluoren	µg/kg	0,018 +/-4%	0,025	<0,04	<0,07
Fenantren	µg/kg	<0,002 +/-0%	<0,004	<0,009	<0,02
Antracen	µg/kg	<0,018 +/-11%	<0,022	<0,04	<0,07
Fluoranten	µg/kg	<0,002 +/-0%	<0,005	<0,01	<0,02
Pyren	µg/kg	0,0061 +/-2%	0,0093	<0,02	<0,06
Benso(a)antracen*	µg/kg	<0,002 +/-0%	<0,003	<0,008	<0,02
Chrysen*	µg/kg	<0,004 +/-0%	<0,005	<0,01	<0,04
Benso(b)fluoranten*	µg/kg	<0,002 +/-0%	<0,003	<0,01	<0,04
Benso(k)fluoranten*	µg/kg	<0,002 +/-0%	<0,003	<0,008	<0,02
Benso(a)pyren*	µg/kg	<0,002 +/-0%	<0,003	<0,01	<0,04
Indeno(1,2,3-cd)pyren*	µg/kg	<0,002 +/-0%	<0,003	<0,01	<0,04
Benso(g,h,i)perylene	µg/kg	<0,002 +/-0%	<0,003	<0,01	<0,04
Dibenso(a,h)antracen*	µg/kg	<0,002 +/-0%	<0,003	<0,01	<0,04
Σ cancer. PAH (* ovan)	µg/kg	<0,016 +/-0%	<0,023	<0,07	<0,18
Σ övriga PAH	µg/kg	<0,045 +/-5%	<0,062	<0,11	<0,20
Σ övriga PAH	µg/kg	≥0,032 +/-2%	≥0,046	≥0,056	≥0,071

Om lakvattnen från beläggningsmaterialen kan jämföras med grundvatten ger 1994-1995 års försöksinventering av grundvatten (*Förorenade områden, 1996*) att lakvat-

tenhalterna av EGOM från tjärasfaltens motsvarar graderingen mycket stor påverkan. Om de däremot jämförs med EGOM-halter i industrivatten till recipient från svensk kemiindustri 1989-1991 (NV rapport 4103) är de utlakade halterna från tjärasfaltens mindre än 1/10-del av medelvärdet för 9 industrier.

Ingen av de analyserade cancerogena PAHerna låg över detektionsgräns. Utlakade summahalter av de övriga PAHerna låg som högst 0,24 µg/l, vilket är ca 40 ggr lägre än föreslaget riktvärde för grundvatten vid förorenade bensinstationer. Upp till L/S 0,8 lakades acetofenon ut från tjärasfaltens i mängder i nivå med, eller något över, oljegruset, se ovan. Vid L/S 1,9 lakades acetofenon fortfarande ut från tjärasfaltens i detekterbara halter (0,6 µg/l), i motsats till oljegruset. Vid detta L/S var den utlakade ackumulerade mängden av acetofenon över den dubbla, i förhållande till oljegruset.

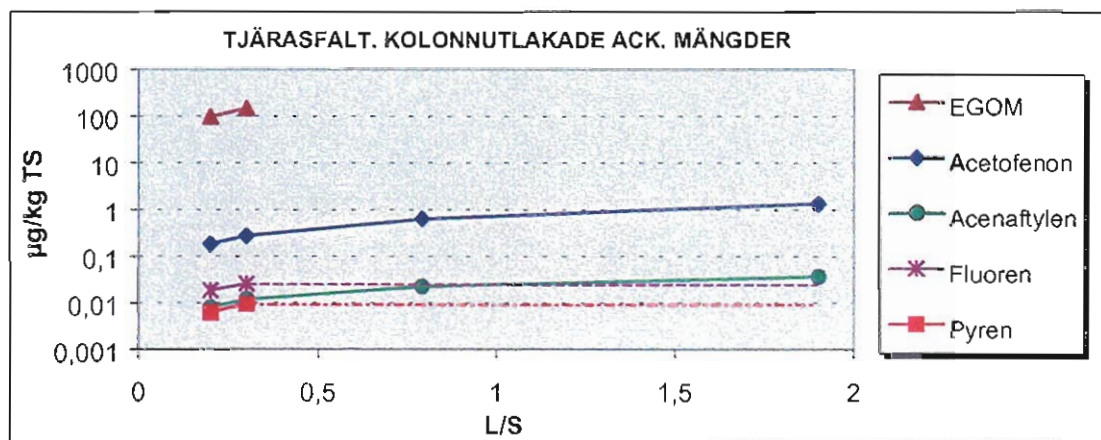


Diagram 8. Kolonnutlakade ackumulerade mängder från tjärasfalt av de organiska parametrar som registrerats över detektionsgräns. Streckade linjer avser ackumulerade mängder där motsvarande halter under detektionsgräns har satts till noll.

3.2.4. Asfalt (Kallax flygfält)

Beräknade ackumulerade kolonnutlakade mängder av valda organiska ämnen från flygfältasfaltens redovisas i Tabell 8 och i Diagram 9. Av de analyserade organiska parametrarna är det endast acetofenon (alla L/S), EGOM (de två första L/S som analyserats) och fluoren (de tre sista L/S) som uppvisar nettohalter över detektionsgräns.

Om lakvattnen från beläggingsmaterialen kan jämföras med grundvatten, ger 1994-1995 års försöksinventering av grundvatten (Förorenade områden, 1996) att lakvattenhalterna av EGOM från flygfältasfaltens motsvarar graderingen mycket stor påverkan. Om de däremot jämförs med EGOM-halter i industrivatten till recipient från svensk kemiindustri 1989-1991 (NV rapport 4103) är de utlakade halterna från flygfältasfaltens mindre än 1/10-del av medelvärdet för 9 industrier.

Ingen av de analyserade cancerogena PAHerna låg över detektionsgräns. Utlakade summahalter av de övriga PAHerna låg lägre än 0,1 µg/l, vilket är mer än 100 ggr lägre än föreslaget riktvärde för grundvatten vid förorenade bensinstationer. Vid L/S 1,8-

1,9 hade ca 4 ggr mer ackumulerad mängd acetofenon lakats ut från flygfältasfalten, i förhållande till Rv40-asfalten. Av de undersökta beläggingsmaterialen lakade flygfältasfalten alltså ut störst ackumulerad mängd av acetofenon. Halten av fluoren låg initialt (upp till L/S 0,3) under detektionsgräns. Vid de övriga undersökta L/S detekterades fluoren med maximalt 0,031 µg/l.

Tabell 8. Ackumulerade utlakade mängder organiska ämnen och parametrar från flygfältasfalt. %-tal avser dubbelprovs avvikelse från angivet medelvärde.

	Enhet\p.nr	8610	8611	8612	8613
L/S	(l/kg)	0,32	0,58	0,90	1,86
pH		7,8	7,7	7,7	7,6
Ledningsförmåga	(mS/m25°C)	21,7	8,48	7,45	7,14
Acetofenon	µg/kg	1,22 +/-5%	1,81	2,76	3,98
Fenol	µg/kg	<1,6	<2,9	<4,5	<9,3
EGOM	µg/kg	157	179	-	-
Bensen	µg/kg	<0,32	<0,58	<0,9	<1,9
Toluen	µg/kg	<1,9	<3,5	<5,4	<11
Etylbensen	µg/kg	<0,64	<1,2	<1,8	<3,7
Xylen	µg/kg	<6,4	<12	<18	<37
Naftalen	µg/kg	<0,003 +/-17%	<0,006	<0,009	<0,019
Acenaftilen	µg/kg	<0,003 +/-0%	<0,006	<0,009	<0,019
Acenaften	µg/kg	<0,003 +/-0%	<0,006	<0,009	<0,019
Fluoren	µg/kg	<0,003 +/-0%	<0,0063	<0,016	<0,046
Fenantren	µg/kg	<0,003 +/-0%	<0,006	<0,009	<0,019
Antracen	µg/kg	<0,003 +/-0%	<0,006	<0,009	<0,019
Fluoranten	µg/kg	<0,003 +/-0%	<0,006	<0,009	<0,019
Pyren	µg/kg	<0,003 +/-0%	<0,006	<0,009	<0,019
Benso(a)antracen*	µg/kg	<0,003 +/-0%	<0,006	<0,009	<0,019
Chrysen*	µg/kg	<0,003 +/-0%	<0,006	<0,009	<0,019
Benso(b)fluoranten*	µg/kg	<0,003 +/-0%	<0,006	<0,009	<0,019
Benso(k)fluoranten*	µg/kg	<0,003 +/-0%	<0,006	<0,009	<0,019
Benso(a)pyren*	µg/kg	<0,003 +/-0%	<0,006	<0,009	<0,019
Indeno(1,2,3-cd)pyren*	µg/kg	<0,003 +/-0%	<0,006	<0,009	<0,019
Benso(g,h,i)perylene	µg/kg	<0,003 +/-0%	<0,006	<0,009	<0,019
Dibenso(a,h)antracen*	µg/kg	<0,003 +/-0%	<0,006	<0,009	<0,019
Σ cancer. PAH (*cyan)	µg/kg	<0,022 +/-0%	<0,041	<0,063	<0,13
Σ övriga PAH	µg/kg	<0,033	<0,058	<0,093	<0,20
Σ övriga PAH	µg/kg	≥0,007	≥0,011	-	-

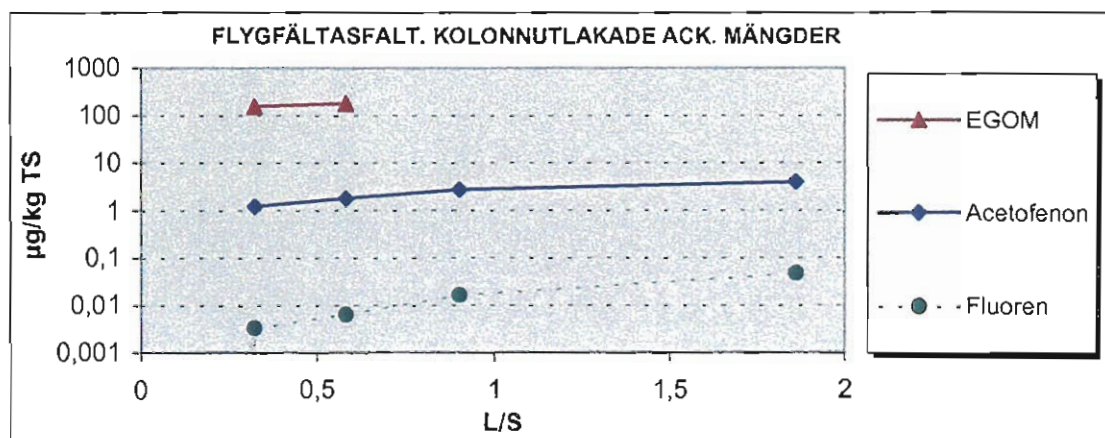


Diagram 9. Kolonnutlakade ackumulerade mängder från flygfältasfalt av de organiska parametrar som registrerats över detektionsgräns. Halt av fluoren låg under detektionsgräns enbart vid första L/S (L/S 0,32). Härav är angivna ack. mängder av fluoren vid övriga L/S reellt något lägre än angivna.

3.2.5. Asfalt från riksväg 40 (delrapport 1).

I delrapport 1 redovisas resultat från kolonnlakning av asfalt från Rv 40. För jämförelse mellan ackumulerade kolonnutlakade ämnen från denna asfalt med de nu undersökta beläggingsmaterialen antas här att det vatten som användes vid kolonnlakning av Rv40-asfalten innehöll samma bakgrundshalter som detekterats i "0-provet". Av de undersökta materialen lakades initialt högst ackumulerad mängd av acetofenon ut från Rv40-asfalten, 1,0 µg/kg vid L/S 0,3. Vid L/S 1,8-1,9 var de ackumulerade utlakade mängderna av acetofenon från denna asfalt något lägre (1,1 µg/kg) än vad tjärasfalten uppvisade. Rv40-asfalten var det enda materialet som lakade ut detekterade, dock låga, mängder av toluen, etylbensen och xylen. Jämförs dessa halter med föreslagna riktvärden för grundvatten vid

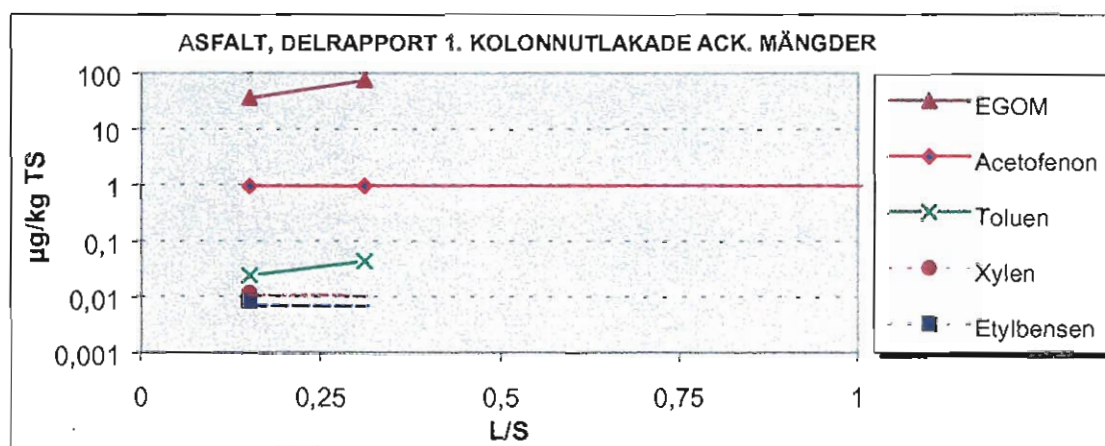


Diagram 10. Detekterbara utlakade ackumulerade mängder av organiska parametrar från Rv40-asfalten. Steckade linjer (xylen och etylbensen för L/S > 0,15) avser ackumulerade mängder där motsvarande halter låg under detektionsgräns.

bensinstationer (*NV Rapport 4889*) innehöll lakvattenhalterna mindre än 1% av de föreslagna riktvärdena. Diagram 10 redovisar de organiska parametrar som detekterats i lakvattnen från Rv40-asfalten, justerade m a p 0-prov (avsnitt 3.2.1).

3.2.6. Microtox-test på 0-prov, olje-grus, tjärasfalt och flygfältasfalt

Microtox är en screening metod för att erhålla indikationer på om ytterligare toxikologiska tester och/eller kemiska analyser bör genomföras. Metoden ger respons på både organiska och oorganiska ämnen och baseras på användandet av bakterier, som i friskt tillstånd avger ljus (de luminiscerar), vilka tillsätts till det vatten som skall undersökas. Bakterierna kallas *Photobacter phosphoreum* (även kallade *Vibrio fischeri*) och ju mer toxiskt ett vatten är för dessa bakterier desto fler av bakterierna slutar att avge ljus. Ljusstyrkan blir då ett mått på vattnets toxicitet för bakterierna. Även om ett vatten är toxiskt för dessa bakterier innebär det inte att man därav kan fastställa att vattnet är toxiskt för alla andra organismer i naturen.

Beteckningen EC är en förkortning av "Effekt-koncentration" och EC50 betyder den koncentration av det undersökta provet i en spädserie som ger 50% reduktion av ljuskoncentrationen. Ju större reduktion av ljuset desto högre toxicitet har provet för de använda bakterierna. Bakteriernas avgivna ljusintensitet mäts efter 5 och 15 minuter.

I *Förorenade områden, 1996*, görs nedanstående bedömning, Tabell 9, av respons från Microtox-test på grundvatten. Vad gäller lakvatten/ytvatten har inga bedömningsgrunder hittats genom litteratursökning.

Tabell 9. *Bedömning av toxicitet utifrån respons från Microtox-test på grundvatten (Förorenade områden, 1996).*

EC50; 15 min	Bedömning
70-90 %	Måttligt hög toxicitet
50-70 %	Hög toxicitet
<50 %	Mycket hög toxicitet

Initialt undersöktes det vatten som användes till lakningarna. Resultatet redovisas i Tabell 10 och i Diagram 11a/11b. Vid en jämförelse med Tabell 9 fås att detta vatten inte var toxiskt (>100 innebär att vattnet inte gav någon toxisk respons alls).

Tabell 10. *Microtox på 0-prov (enbart avjoniserat vatten).*

Blank				
Provnr	8560	8560	8560	8560
pH	4,0; pH justerat till 6,9	4,0; pH justerat till 6,9	4,0; pH justerat till 6,9	4,0; pH justerat till 6,9
EC	EC50; 5 min	EC50; 15 min	EC20; 5 min	EC20; 15 min
Respons, vol%	>100	>100	63,5	48,5

Två lakvatten från oljegruset, L/S 0,21 och L/S 0,47, utsattes för microtoxtest. Resultaten redovisas i Tabell 11 och i Diagram 11a/11b. Vid en jämförelse med Tabell 9 erhålls att båda lakvattnen från oljegruset innehade mycket hög toxicitet (vilket även understryks av det mycket låga EC20-15 minuter-värdet).

Tabell 11. Microtox på lakvatten från oljegrus.

Oljegrus								
Provnr	8574	8574	8574	8574	8575	8575	8575	8575
L/S; l/kg	0,21	0,21	0,21	0,21	0,47	0,47	0,47	0,47
pH	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
EC	EC50; 5 min	EC50; 15 min	EC20; 5 min	EC20; 15 min	EC50; 5 min	EC50; 15 min	EC20; 5 min	EC20; 15 min
Respons, vol%	34,9	30,3	9,3	8,1	37,3	33,6	10,3	9,0

Microtoxtester utfördes även på två lakvatten från tjärasfalt. Resultaten presenteras i Tabell 12 och Diagram 11a/11b. Vid en jämförelse med Tabell 9 fås att tjärasfaltens lakvatten vid L/S 0,20 och L/S 0,30 innehade en låg eller ringa toxicitet. Responsen av EC20, 15 minuter, ger emellertid att vattnet är signifikant mer toxiskt än 0-provet.

Tabell 12. Microtox på lakvatten från tjärasfalt.

Tjärasfalt								
Provnr	8578	8578	8578	8578	8579	8579	8579	8579
L/S; l/kg	0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30
pH	7,2	7,2	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3
EC	EC50; 5 min	EC50; 15 min	EC20; 5 min	EC20; 15 min	EC50; 5 min	EC50; 15 min	EC20; 5 min	EC20; 15 min
Respons, vol%	>100	98,5	38,5	30,0	>100	92,0	31,6	26,9

Resultat från Microtoxtester på två lakvatten från flygfältasfalt presenteras i Tabell 13 och i Diagram 11a/11b. Vid en jämförelse med Tabell 9 fås att flygfältasfaltens lakvat-

Tabell 13. Microtox på lakvatten från flygfältasfalt. Angivna responsresultat för prov 8610 är medelvärde av dubbelprov, där +/- värden anger variationen.

Flygfältasfalt								
Provnr	8610	8610	8610	8610	8611	8611	8611	8611
L/S; l/kg	0,32	0,32	0,32	0,32	0,58	0,58	0,58	0,58
pH	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2	7,2	7,2	7,2
EC	EC50; 5 min	EC50; 15 min	EC20; 5 min	EC20; 15 min	EC50; 5 min	EC50; 15 min	EC20; 5 min	EC20; 15 min
Respons, vol%	>100	>100	62,0 +/- 6,6	41,9 +/- 6,1	>100	>100	36,7	35,1

ten vid L/S 0,32 och L/S 0,58 inte uppvisade någon markant toxicitet på Microtox-organismerna vid EC50, 15 minuter. EC20, 15 minuter, ger emellertid att toxiciteten är högre i lakvattnet från flygfältasfalten, jämfört med 0-provet, men lägre än lakvatten från både tjärasfalt och oljegrus (Diagram 11b).

Vid jämförelse av de utlakade vattnens Microtoxrespons EC20, 15 minuter, med 0-provet fås att vattnets toxicitet ökar enligt följande: 0-prov < flygfältasfalten < tjärasfalten < oljegruset (Diagram 11b).

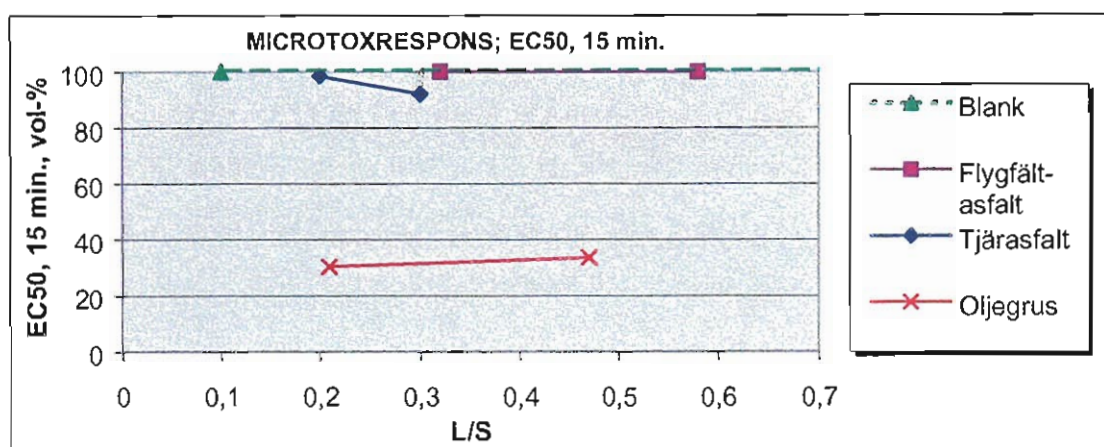


Diagram 11a. Respons från Microtox (EC50; 15 minuter) på lakvatten från de undersökta beläggningsmaterialen och 0-prov (blank).

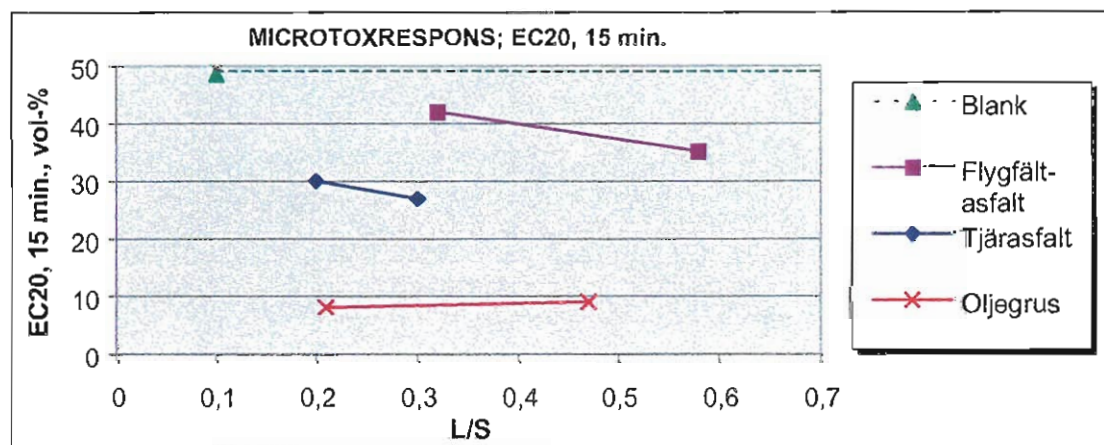


Diagram 11b. Respons från Microtox (EC20; 15 minuter) på lakvatten från de undersökta beläggningsmaterialen och 0-prov (blank).

4. SAMMANFATTANDE DISKUSSION - LAKTESTRESULTAT

4.1. Oorganiska ämnen

Den miljömässiga karakteriseringen av utlakning av oorganiska ämnen från de undersökta beläggningsmaterialen visar att tjärasfalten gav, generellt sett, betydligt högre utlakade mängder av de allra flesta av de undersökta metallerna, jämfört med oljegruset och flygfältasfalten. Den sistnämnda lakade, generellt sett, ut mindre ack. mängder än oljegruset, undantaget framför allt Zn och Co som låg i nivå med tjärasfalten. Från Rv40-asfalten utlakades ackumulerade mängder av metallerna som generellt sett låg mellan utlakade mängder från oljegruset och tjärasfalten. Undantaget var Hg vars ackumulerade utlakade mängder vid L/S 1 var mer än 20 ggr större från Rv40-asfalten än från ballast, tjärasfalt och oljegrus och mer än ca 5-20 ggr större än från flygfältasfalten (alla fyra under detektionsgräns).

Vid en jämförelse av de högsta erhållna lakvattenhalterna av tungmetaller och spårmetaller från varje enskild kolonnlakning, med riktvärden och gränsvärden för råvatten från ytvattentäkter enligt Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten (*SLV FS 1993:35*), erhålls

- för oljegruset: inget av de undersökta ämnena är förhöjda. Mn ligger i nivå med riktvärdet.
- för tjärasfalten: Al och Cr är båda förhöjda ca 2 ggr riktvärdet. Därtill är As och Cd båda förhöjda ca 2 ggr gränsvärdet. Ni i nivå med gränsvärdet. Mn i nivå med riktvärdet.
- för Rv40-asfalten: Hg ligger i nivå med gränsvärdet, Cd upp till gränsvärdesnivå, Ni något under gränsvärdet, Al i nivå med riktvärde.
- för flygfältasfalten: inget av de undersökta ämnena är förhöjda.
- för ballast: Al ligger ca 4 ggr över riktvärdet.

Vid ovanstående jämförelse har i första hand gränsvärdet för varje enskilt ämne använts. I de fall enbart riktvärde föreligger har motsvarande värde använts.

Erhållna lakvattenhalter bör i första hand jämföras med resultat från lakningar av naturliga referensmaterial. Tyvärr har endast ett fåtal lakningar av sådana material utförts. SGI har utfört lakningar av bl a naturligt avsatta moräner från södra Sverige. De är genomförda med en äldre metod, men bör ändå kunna utnyttjas för en jämförande bedömning av beläggningsmaterialens utlakningsegenskaper. Av de utlakade ackumulerade mängder som detekterats i lakvatten från beläggningsmaterialen av As, Cd, Cr, Cu och Pb ligger samtliga inom eller under det intervall som de undersökta moränerna uppvisade vid L/S 1,0 (extrapolerade värden).

Med beaktande av att referensvärden för Mn och Ni inte föreligger för alla de undersökta naturliga moränerna, fås att de undersökta beläggningsmaterialens ackumulerade utlakade mängder av analyserade tungmetaller och spårmetaller, obeaktat Mn och Ni, ligger inom det intervall som de undersökta naturmaterialen lakar ut.

SGI har därtill tidigare utfört referenslakning av naturgrus (CEN-lakning) och i föreliggande projekt kolonnlakning av ballast (stenkross). Resultat från denna CEN-lakning bör

kunna jämföras med kolonnlakningarna varvid fås att ballasten uppvisade ackumulerade utlakade mängder som låg i nivå med, eller under, utlakade ackumulerade mängder för naturgruset. Emellertid utlakades från naturgruset, generellt sett, betydligt lägre halter av ett flertal grundämnen, i förhållande till de naturligt avsatta moränerna.

Oljegruset var det enda av beläggingsmaterialen som innehöll den undersökta ballasten. Vid en jämförelse med ballastens ackumulerade utlakade mängder vid L/S 2 fås att främst Mn och Zn var markant förhöjda från oljegruset. Om man hypotetiskt antar att det ballastmaterial som ingick i oljegruset hade liknande egenskaper som de ballastmaterial som ingick i de övriga beläggingsmaterialen, och om en relevant jämförelse därav skulle kunna göras mellan de övriga beläggingsmaterialen och den undersökta ballasten, fås att Zn, Ni, As, Cr, Cd, Mn och Pb var markant förhöjda från tjärasfalten, Hg, Cd och Ni markant förhöjda från Rv40-asfalten och Zn markant förhöjd från flygfältasfalten.

I alla de undersökta fallen har beläggingsmaterialen och ballasten höjt pH i utgående lakvatten, från att ha varit pH4 i ingående vatten. Detta tyder på att materialen har en buffrande förmåga på vatten med lågt pH, t ex surt regn. Eftersom metaller ofta lakas ut i större mängder vid lågt pH i förhållande till neutralt pH, kan denna buffrande förmåga reducera surt regns påverkan på metallutlakningen.

Ackumulerade utlakade mängder av klorid var störst för tjärasfalten och Rv40-asfalten, båda ca 20 mg/kg TS vid L/S 1,0. Rv40-asfalten lakade ut högst koncentration, ca 68 mg/l (L/S 0,11), vilket innebär att gränsvärdet för dricksvatten, 100 mg/l (SLV FS 1993:35), inte överskreds i något av lakvattnen. Jämfört med ballast vid L/S 1, lakades ca 2-3 ggr mer ackumulerad mängd Cl ut från oljegruset och över 11-12 ggr mer från både tjärasfalt och asfalt från Rv40. Däremellan låg flygfältasfalten, över 3-4 ggr mer Cl lakades ut i förhållande till ballast. De maximalt uppmätta kloridhalterna från de undersökta beläggingsmaterialen ligger inom det intervall som tidigare uppmätts från olika beläggingsmaterial (Torsenius, 1996).

Ovanstående sammanfattas i Tabell 14, nedan.

Tabell 14. Sammanfattande tabell för beläggingsmaterialens oorganiska utlakningar.

Parameter 1/	Oljegrus	Tjärasfalt	Flygfältasfalt	Rv40-asfalt
Tungmetaller, Spårmetaller	Inom intervall för naturmtrl (obeaktat Mn, Ni)	Inom intervall för naturmtrl (obeaktat Mn, Ni)	Inom intervall för naturmtrl (obeaktat Mn, Ni)	Inom intervall för naturmtrl (obeaktat Mn, Ni)
Råvatten: Riv: Mn: 0,3 mg/l Gv: Ni: 0,050 mg/l	Mn: max 0,38 mg/l Ni: max 0,002 mg/l	Mn: max 0,36 mg/l Ni: max 0,05 mg/l 2/	Mn: max 0,03 mg/l Ni: max 0,003 mg/l	Mn: max 0,03 mg/l Ni: max 0,04 mg/l 2/
Klorid. Gv dr.v: 100mg/l	Max 6 mg/l	Max 28 mg/l	Max 7 mg/l	Max 68 mg/l

1/ Riv: Riktvärde, Gv: Gränsvärde, dr.v.: dricksvatten

2/ Utlakade maxhalter av en eller flera metaller (utöver Ni och/eller Mn) ligger i nivå med, eller är förhöjd/-a i förh. till, gränsvärde/riktvärde för råvatten från ytvattentäkter

4.2. Organiska ämnen

Den miljömässiga karakteriseringen av beläggingsmaterialens utlakade organiska ämnen och parametrar visar att oljegruset lakar ut organiska ämnen, i form av samlingsparametern EGOM, i anmärkningsvärt höga halter och mängder. Jämförs utlakade EGOM-halter från oljegruset med Storkprojektets analyserade EGOM-värden i industrivatten från 9 undersökta kemiindustrier i Sverige 1989-91 till recipient (NV rapport 4103), ligger EGOM i lakvattnet från oljegruset vid L/S 0,2 över det högsta värdet från dessa industrier. Därtill visar utförda screeningtester med Microtox att lakvattnet från oljegruset är mycket toxiskt för testorganismerna. Övriga beläggingsmaterial uppvisar mycket lägre toxicitet: flygfältasfalten < tjärasfalten < oljegruset.

Oljegruset lakade vid L/S 0,3 ut ca 70 ggr mer ackumulerade mängder av EGOM än tjärasfalten, över 60 ggr mer än flygfältasfalten och ca 130 ggr mer EGOM än RV40-asfalten. Jämförs maximalt utlakade halter från beläggingsmaterialen (Tabell 15) med 1994-1995 års försöksinventering av grundvatten (*Förorenade områden, 1996*) innehar lakvatten från RV40-asfalten stor föroreningspåverkan, från tjärasfalten och flygfältasfalten mycket stor föroreningspåverkan. Utifrån denna synvinkel, som dock bör betraktas som konservativ eftersom jämförelse görs med grundvatten, innehar lakvattnet från oljegruset extrema EGOM-värden.

Naftalen lakades ut från oljegruset med ca en tiopotens högre mängd vid lågt L/S, jämfört med RV40-asfalten (Delrapport 1). Tjärasfalten lakade ut naftalen med nettomängder under detektionsgräns. Tjärasfalten och oljegruset lakade ut fluoren och pyren, dock i låga halter. Därtill lakade flygfältasfalten ut fluoren, emellertid även här i låga halter. Fluoren var den enda PAH som lakades ut i detekterbara nettomängder från flygfältasfalten. Vad gäller acenaftylen lakades mest ut från oljegruset. Även fluoranten detekterades i lakvattnet från detta oljegrus.

De här nämnda PAHerna är några av de PAH-er av de 16 analyserade som ingår i vad som betecknas som "övriga PAH-er", dvs de ingår ej under beteckningen cancerogena PAH-er. Dessa övriga PAH-er uppvisade en maximal summahalt (max från oljegruset) som motsvarade mindre än 1/10-del av det föreslagna riktvärdet för summan av dessa PAH-er i grundvatten vid förorenade bensinstationer (*NV Rapport 4889*). Ingen av de undersökta beläggingsmaterialen lakade ut detekterbara mängder av de cancerogena PAH-er som ingår i de analyserade 16 PAH-erna.

De beräknade ackumulerade mängder av acetofenon som lakat ut från flygfältasfalten vid L/S 2 är ca 3-4 ggr större än från både tjärasfalten och RV40-asfalten och ca 8 ggr större än oljegruset. Maximalt utlakad halt av acetofenon detekterades i lakvattnet från RV40-asfalten (lägsta L/S); ca det dubbla i förhållande till flygfältasfalten och ca 7-8 ggr högre jämfört med maxhalter från oljegrus och tjärasfalt (lakvattenhalterna från RV40-asfalten avklingade emellertid snabbare i jämfört med i lakvattnen från de övriga beläggingsmaterialen).

Enligt delrapport 1 kan acetofenon hypotetiskt komma från färgmarkeringarna i vägbeläggningen. Sökning i internationella databaser har inte givit något resultat vad gäller aktuella gränsvärden av acetofenon i grund-/ytvatten. Enligt *ECDIN databas* angav Sovjetunionen (USSR) på sin tid maximalt acceptabel koncentration av acetofenon i ytvatten

för fiske till 0,04 mg/l. Maximalt utlakad halt av acetofenon från Rv40-asfalten var ca 1/6-del av detta värde.

Endast Rv40-asfalten lakade ut toluen, etylbensen och xylen i detekterbara halter. Detektionsgränsen för dessa ämnen i lakvattnen från denna asfalt var emellertid betydligt lägre än för dessa ämnen i de övriga lakvattnen. Jämförs maximalt erhållna halter, inklusive detektionsgränshalter, i alla analyserade lakvattnen från alla de undersökta beläggingsmaterialen med föreslagna riktvärden för grundvatten vid bensinstationer (*NV Rapport 4889*) innehöll alla lakvattnen mindre än 10% av de föreslagna riktvärdena.

Fenol har inte detekterats i något av lakvattnen.

Ovanstående sammanfattas i Tabell 15, nedan.

Tabell 15. Sammanfattande tabell för beläggingsmaterialens organiska utlakningar.

Parameter 1/	Oljegrus	Tjärasfalt	Flygfältasfalt	Rv40-asfalt
Σ cancerogena PAH. Riv: 0,2 µg/l	<0,19 µg/l	<0,08 µg/l	<0,07 µg/l	< 0,2 µg/l
Σ övr. PAH. Riv: 10 µg/l	< 0,88 µg/l	< 0,24 µg/l	<0,1 µg/l	< 0,12 µg/l
Bensen. Riv: 10 µg/l	<1 µg/l	<1 µg/l	<1 µg/l	< 0,05 µg/l
Toluen. Riv: 60 µg/l	<6 µg/l	<6 µg/l	<6 µg/l	Max 0,16 µg/l
Etylbensen. Riv: 20 µg/l	<2 µg/l	<2 µg/l	<2 µg/l	Max 0,055 µg/l
Xylen. Riv: 200 µg/l	<20 µg/l	<20 µg/l	<20 µg/l	Max 0,077 µg/l
Acetofenon	Max 0,76 µg/l	Max 0,97 µg/l	Max 3,7 µg/l	Max 6,4 µg/l
Fenol. Gv dr.v.: 5 µg/l	< 5 µg/l	< 5 µg/l	< 5 µg/l	-
EGOM	Max 38 mg/l	Max 0,49 mg/l	Max 0,49 mg/l	Max 0,25 mg/l
Microtox, EC50; 15 min 70-90%: Måttligt hög tox. 50-70%: Hög tox. <50%: Mycket hög tox.	Min: 30,3 % Mycket hög toxicitet	Min: 92,0 % Låg/ringa toxicitet	>100% Låg/ringa toxicitet	-

1/ Riv: Riktvärde, Gv: Gränsvärde, tox: toxicitet, dr.v.: dricksvatten

4.3. Sammanfattande diskussion

Sammantaget visar undersökningen för alla de undersökta beläggingsmaterialen att de utlakade ackumulerade mängderna av tungmetallerna och spårmetallerna, obeaktat Mn och Ni, ligger inom det utlakningsintervall som undersökta naturmaterial uppvisar. Maximala Mn-halter från oljegrus och tjärasfalt ligger i nivå med riktvärdet i råvatten från ytvattentäkter. Maxhalter av Ni från tjärasfalt och Rv40-asfalt ligger i nivå med gränsvärdet för Ni i råvatten från ytvattentäkter.

Maximalt utlakade halter av klorid från alla de undersökta beläggingsmaterialen ligger under gränsvärdet för dricksvatten.

Vad gäller 16PAH och BTEX ligger maximalt utlakade halter av dessa parametrar från alla beläggingsmaterialen under motsvarande riktvärden i grundvatten vid förorenade bensinstationer. Fenol ligger i alla lakvattnen under detektionsgräns. Maximalt utlakade

halter av acetofenon ligger under ett tidigare angivet utländskt gränsvärde i yt-fiskevatten.

Tjärasfaltens, flygfältasfaltens och Rv40-asfaltens maximalt utlakade EGOM-halter är mindre än 1/10-del, mindre än en 1/10-del, respektive mindre än 1/20-del av medelvärdet i lakvatten från 9 kemiindustrier till recipient. Flygfältasfaltens lakvatten gav ringa toxisk respons och tjärasfaltens lakvatten gav låg toxisk respons från Microtox-testerna.

Vidare visar undersökningen att oljegruset lakar ut höga EGOM-halter och att dessa lakvatten är mycket toxiska för Microtox-testorganismer. Tjärasfaltens lakade ut betydligt större mängder av de flesta metallerna, i förhållande till övriga undersökta beläggingsmaterial. Ändå uppvisade tjärasfaltens relativt låg toxicitet i Microtox-testerna. Troligtvis är det främst oljegrusets lakvattens organiska innehåll, indikerat via EGOM, som är toxiskt. En mycket liten del av detekterat EGOM består av de specifikt analyserade PAH-erna, acetofenon, BTEX och fenol. En mycket stor del av innehållet i EGOM från oljegruset är därför okänt.

Som nämnts tidigare kan L/S-skalan omvandlas till en tidskala om kännedom föreligger avseende bl a upplagets utformning, nederbörds mängd över upplaget/tidsenhet och andel av nederbörd som perkolerar genom upplaget. Om man antar att L/S 0,3 motsvaras av 1 år och att det organiska materialet som lakar ut inte bryts ned (vid konservativt betraktelsesätt) varken i beläggingsmaterialet eller i lakvattnet under denna tid, har lakvattnet från oljegruset fortfarande en mycket hög toxicitet efter ca 2 år. Även om denna bedömning baseras på att lakvattnet likställs med grundvatten (vad gäller Microtoxresultaten), vilket även det kan göra bedömningen konservativ, är de erhållna Microtoxvärdena ändå så höga att de, tillsammans med de höga utlakade EGOM-halterna, ger anledning att i första hand gå vidare med undersökningar av lakvatten från oljegrus. Sådana undersökningar bör inkludera analys av lakvatten med GC/MS-screening test (dvs kvalitativ bestämning av det organiska innehållet, kopplat till semi-kvantitativ bestämning av så många av de kvalitativt bestämda ämnena som möjligt), nedbrytbarhetsstudie och toxicitetstester på vattnen, både före och efter nedbrytbarhetsstudien. Toxicitetsstudierna bör omfatta minst tre olika organismtyper (exempel Microtox, Mutatox, Daphnia, Zebrafisk (ägg/yngel), alger, Pimephales promelas).

5. VALIDERING AV KONTROLLPROGRAM

5.1. Bakgrund

I den informationsskrift om mellanlagring av asfaltmassor för återvinning (Svenska Kommunförbundet, 1998) som utarbetades inom delprojekt 1, anges hur miljökontroll av en upplagsplats med avseende på markförorening bör göras. För att pröva och testa relevansen hos detta kontrollprogram har provtagningar utförts vid ett befintligt mellanlager.

Enligt det föreslagna kontrollprogrammet bör miljökontroll göras före, under och efter mellanlagringstiden. Vid mellanlagring på temporär plats tas jordprover före och efter mellanlagring. Vid mellanlagring på permanent plats bör dessutom avrinnande vatten

från den största högen (eller annan hög som anses innehålla det mest förorenade materialet) provtas två gånger per år.

Minst ett samlingsprov av jord bör tas i läget för varje större upplagshög. Varje samlingsprov bör bestå av fem enskilda delprov som slås ihop till ett samlingsprov. Delproven ska utgöras av jord från ytan och ner till 10 cm:s djup. Såväl jordprov som vattenprov analyseras med avseende på natrium och klorid, tungmetaller samt opolära alifatiska och aromatiska kolväten.

5.2. Syfte

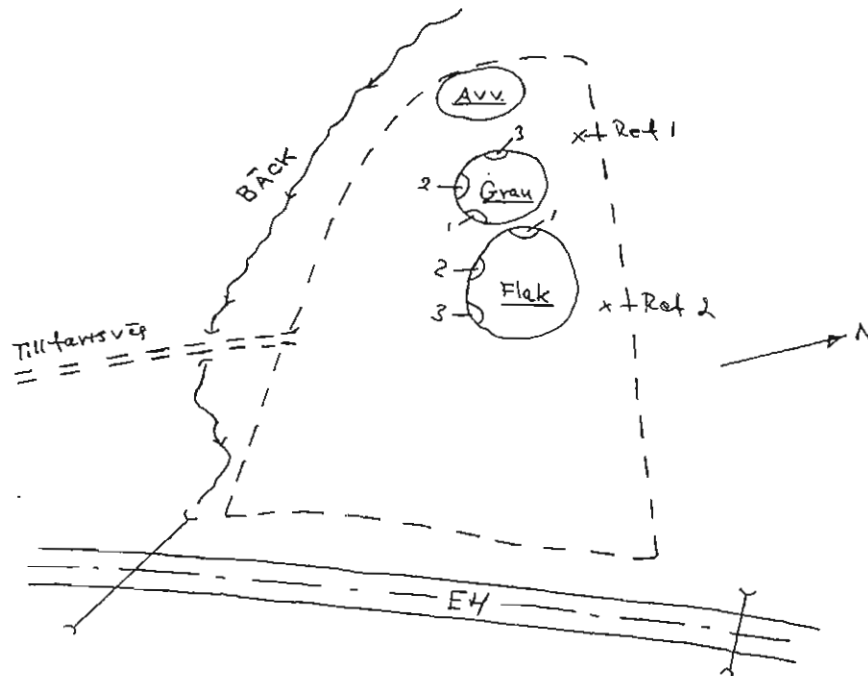
Att validera föreslaget miljökontrollprogram genom provtagningar vid befintligt mellanlager.

5.3. Lokalbeskrivning – mellanlager vid Överskog

För validering av kontrollprogrammet valdes en befintlig upplagsplats vid Överskog i Hämösands kommun. Upplagsplatsen har använts för ballastproduktion i samband med Höga Kusten-projektet men har därefter även använts som mellanlagringsplats för ca 25.000 ton uppbruten asfalt. Asfaltmassorna kommer i huvudsak från gamla E4:an mellan Överskog och Mörtsal som byggts om till lokalväg. Massorna har återvunnits och använts på lokalvägar inom området.

Upplagsplatsen vid Överskog, som är belägen vid Oringen ca 6 km söder om Höga Kusten bron, ligger på en ostsluttning och begränsas i öster av nya E4:an och i söder och väster av en bäck i en mindre dalgång (figur 1). De ursprungliga jordarterna utgörs av sand med varierande mäktighet på morän eller berg. Markytan vid upplagsplatsen har avjämnats genom utfyllning med ballastmaterial (sandigt grus). Den avjämnade upplagsytan har en svag lutning ned mot nya E4:an.

Vid provtagningarna, som utfördes i början på maj 1998, fanns två större upplagshögar med dels uppbrutna massor (flak), dels asfaltgranulat (figur 1 samt foto 1 och 2). De uppbrutna massorna bestod av 20-40 cm tjocka flak innehållande ett stort antal lager av olika typ och ålder. På undersidan av flaken fanns en indränkt makadam (foto 3) som på vissa platser i upplaget luktade starkt av tjära, t ex vid provgrop 1 i upplagshögen med uppbrutna massor (figur 1). I den västra delen av upplagsplatsen fanns också en yta som tidigare använts för lagring av asfalt (figur 1). På denna yta, som betecknas "Avvecklad upplagsplats" togs prov i två punkter på samma sätt som under upplagshögarna. Det har dock inte varit möjligt att fastställa under hur lång tid och vilken typ av massor som lagrats här.



Figur 1. Skiss över upplagsplatsen vid Överskog.



Foto 1. Upplagsplatsen vid Överskog i maj 1998. I förgrunden till höger upplags-
hög med uppbrutna asfaltmassor (flak), i bakgrunden upplagshög med
asfaltgranulat.



Foto 2. *Upplagshög med uppbrutna massor (flak)*



Foto 3. *Undersidan av de uppbrutna asfaltflaken bestod av indränkt makadam som på vissa ställen avgav en stark lukt av tjära.*

5.4. Provtagning

Under varje upplagshög togs prover i tre punkter genom att upplagsmaterialet med hjälp av en traktorgrävare schaktades bort så att den underliggande ytan (ballastmaterial) kunde friläggas (foto 4). I ytan togs sedan fem delprov på nivån 0-10 cm som sedan slogs ihop till ett samlingsprov med nivåbeteckningen "0 cm". Därefter togs ytterligare fem delprov på nivån 10-20 cm som slogs ihop till ett samlingsprov med nivåbeteckningen "10 cm".



Foto 4. Provtagning under upplagshög med asfaltgranulat.

I skogsmarken strax norr om upplagshögarna togs referensprov i två punkter (figur 1). Efter det att vegetationstäckets banats av togs dessa prov på samma sätt som de andra markproven, dvs. fem delprov på nivån 0-10 cm som sedan slogs ihop till ett samlingsprov.

Vid upplagsplatsen fanns inga fasta installationer för att samla upp avrinnande dagvatten. Vid provtagningstillfället i början på maj var det dock en hel del smältvatten som rann från upplagshögarna. Genom att göra en grop i ytan var det möjligt att ta ett prov på det avrinnande vattnet från högen med uppbruten massa (foto 5). Detta prov (betecknat "Lakvatten") utgör naturligtvis inte något egentligt prov på lakvattnet från upplaget eftersom det är påverkat av det underliggande ballastmaterialet och också kan vara påverkat av olika föroreningar från fordon och lastmaskiner. För att få någon form av referensvärde togs också ett prov i bäcken strax väster om upplagsplatsen (betecknat "Bäck").



Foto 5. Grop för provtagning på "lakvatten" från upplagshög med uppbruten asfalt massa.

5.5. Analyser

Samtliga prov, både jord och vatten, har analyserats med avseende på innehåll av tungmetaller (ICP-analys, typ M-2) samt opolära alifater och totalt extraherbara aromater. Analyserna har utförts av svensk Grundämnesanalys AB (SGAB) i Luleå.

5.6. Resultat och kommentarer

Samtliga analysresultat redovisas i separat bilaga. I följande avsnitt redovisas ett urval av analysresultat som bedöms vara representativa för förhållandena på upplagsplatsen. I varje tabell redovisas också riktvärden eller bakgrundshalter.

5.6.1. Halter av oorganiska ämnen i markprov

Halter av oorganiska ämnen i markprov redovisas i fyra tabeller (tabell 16.1-16.4).

Tabell 16.1. *Analysresultat – Markprov under upplag av asfaltgranulat*

Markprovtagning, mellanupplag vid Överskog							Riktvärden	
Provtagning under upplag av asfaltgranulat							enligt	
Halter av oorganiska ämnen (mg/kg)							SNV 4638	
Ämne\Nivå	Provgrop 1		Provgrop 2		Provgrop 3		(mg/kg)	
	0 cm	10 cm	0 cm	10 cm	0 cm	10 cm	KM*	MKM*
As	<10,1	<9,98	<10,0	<9,9	<9,93	<9,99	15	40
Cd	<1,01	<0,998	<1,00	<0,99	<0,993	2,09	0,4	12
Co	2,29	6,32	<1,00	4,09	6,03	4,26	30	250
Cr	17,2	35,4	7,05	12,1	24,5	14,8	120	250
Cu	12,3	25,5	<0,501	3,58	18,5	9,64	100	200
Ni	9,83	21,1	<2,00	6,99	16,2	7,5	35	200
Pb	<6,04	9,71	<6,01	<5,94	9,22	10,2	80	300
Zn	59,4	70,9	16,6	28,4	62,8	30,1	350	700

*KM=känslig markanvändning; MKM=mindre känslig markanvändning

Tabell 16.2. Analysresultat – Markprov under upplag av uppbruten asfalt.

Markprovtagning, mellanupplag vid Överskog							Riktvärden	
Provtagning under upplag av uppbruten asfalt							enligt	
Halter av oorganiska ämnen (mg/kg)							SNV 4638	
	Provgrop 1		Provgrop 2		Provgrop 3		(mg/kg)	
Ämne\Nivå	0 cm	10 cm	0 cm	10 cm	0 cm	10 cm	KM*	MKM*
As	<9,96	13,8	<9,9	<9,95	<10,5	<9,92	15	40
Cd	<0,996	<0,998	<0,99	<0,995	<1,05	<0,992	0,4	12
Co	9,08	9,21	2,89	3	5,56	4,51	30	250
Cr	44	53,5	15,8	15,2	17,6	15,5	120	250
Cu	25,3	24,9	13,1	13,8	18,3	14,7	100	200
Ni	25,8	30,2	8,64	8,31	12,3	10	35	200
Pb	9,07	6,75	11,1	<5,97	7,61	11,2	80	300
Zn	65,2	64,4	52,8	52,4	63,3	58,9	350	700

* KM=känslig markanvändning; MKM=mindre känslig markanvändning

Tabell 16.3. Analysresultat – Markprov på avvecklad upplagsplats.

Markprovtagning, mellanupplag vid Överskog					Riktvärden	
Provtagning på avvecklad upplagsplats					enligt	
Halter av oorganiska ämnen (mg/kg)					SNV 4638	
	Provpunkt 1		Provpunkt 2		(mg/kg)	
Ämne\Nivå	0 cm	10 cm	0 cm	10 cm	KM*	MKM*
As	<10,1	<10,0	<10,0	<9,87	15	40
Cd	<1,01	<1,00	<1,00	<0,987	0,4	12
Co	1,69	3,54	4,8	3,17	30	250
Cr	13,9	12,9	19,4	10,5	120	250
Cu	11,5	9,04	11,4	5,58	100	200
Ni	8,58	10,2	11,4	7,65	35	200
Pb	<6,05	13	12,2	<5,92	80	300
Zn	43,1	29,4	39,2	24,8	350	700

* KM=känslig markanvändning; MKM=mindre känslig markanvändning

Tabell 16.4. Analysresultat – Markprov från referenspunkter.

Markprovtagning, mellanupplag vid Överskog Provtagning vid referenspunkter (skogsmark) Halter av oorganiska ämnen (mg/kg)			Riktvärden enligt SNV 4638 (mg/kg)	
Ämne	Provpunkt 1	Provpunkt 2	KM*	MKM*
As	<10,0	9,84	15	40
Cd	<1,00	<0,984	0,4	12
Co	<1,00	<0,984	30	250
Cr	14,8	<1,97	120	250
Cu	1,13	<0,492	100	200
Ni	4,65	<1,97	35	200
Pb	7,85	<5,91	80	300
Zn	24	4,88	350	700

*KM=känslig markanvändning; MKM=mindre känslig markanvändning

Kommentarer:

Av tabellerna 16.1-16.4 framgår att halterna av oorganiska ämnen i markproven genomgående är mycket låga. Inte i något fall överstiger halterna de generella riktvärdena för områden med känslig markanvändning (Naturvårdsverket, 1997). Halterna under upplagshögarna är dock något förhöjda jämfört med halterna vid referenspunkterna (tabell 16.4). Likaså framgår det att halterna under upplagshögen med uppbruten asfalt är något högre än under upplagshögen med asfaltgranulat. Noterbart är också att det inte finns någon tydlig skillnad mellan halterna i ytan och på 10 cm:s nivå. Detta tyder på att de uppmätta halterna snarare avspeglar de naturliga halterna i ballastmaterialet än är någon effekt av lakning från asfaltmassorna.

5.6.2. Halter av organiska samlingsparametrar i markprov

Halter av organiska ämnen i markprov redovisas i följande fyra tabeller (tabell 17.1-17.4).

Tabell 17.1. Analysresultat – Markprov under upplag av asfaltgranulat.

Markprovtagning, mellanupplag vid Överskog							Riktvärden	
Provtagning under upplag av asfaltgranulat							enligt	
Halter av organiska ämnen (mg/kg)							VV 1998:008*	
Ämnesgrupp\Nivå	Provgrop 1		Provgrop 2		Provgrop 3		(mg/kg)	
	0 cm	10 cm	0 cm	10 cm	0 cm	10 cm	KM	MKM
Tot. extraherbara alifater	120	130	21	80	400	19	-	-
Opolära alifater	64	66	5	35	200	10	200	1200
Tot. extraherbara aromater	12	8	2	7	35	1	100	300

* Avser riktvärden vid uppläggning av dikesmassor inom markklasserna KM resp. MKM (KM=känslig markanvändning; MKM=mindre känslig markanvändning)

Tabell 17.2. Analysresultat – Markprov under upplag av uppbruten asfalt.

Markprovtagning, mellanupplag vid Överskog							Riktvärden	
Provtagning under upplag av uppbruten asfalt							enligt	
Halter av organiska ämnen (mg/kg)							VV 1998:008*	
Ämnesgrupp\Nivå	Provgrop 1		Provgrop 2		Provgrop 3		(mg/kg)	
	0 cm	10 cm	0 cm	10 cm	0 cm	10 cm	KM	MKM
Tot. extraherbara alifater	1600	30	210	32	340	3	-	-
Opolära alifater	770	24	110	22	200	2	200	1200
Tot. extraherbara aromater	<0,2	2	20	2	43	1	100	300

* Avser riktvärden vid uppläggning av dikesmassor inom markklasserna KM resp. MKM (KM=känslig markanvändning; MKM=mindre känslig markanvändning)

Tabell 17.3. Analysresultat – Markprov från avvecklad upplagsplats.

Markprovtagning, mellanupplag vid Överskog					Riktvärden	
Provtagning på avvecklad upplagsplats					enligt	
Halter av organiska ämnen (mg/kg)					VV 1998:008*	
Ämnesgrupp\Nivå	Provgrop 1		Provgrop 2		(mg/kg)	
	0 cm	10 cm	0 cm	10 cm	KM	MKM
Tot. extraherbara alifater	4300	24	1800	15	-	-
Opolära alifater	1800	14	820	9	200	1200
Tot. extraherbara aromater	210	<0,2	3	1	100	300

* Avser riktvärden vid uppläggning av dikesmassor inom markklasserna KM resp. MKM (KM=känslig markanvändning; MKM=mindre känslig markanvändning)

Tabell 17.4. Analysresultat – Markprov från referenspunkter.

Markprovtagning, mellanupplag vid Överskog			Riktvärden enligt	
Provtagning vid referenspunkter (skogsmark)			VV 1998:008*	
Halter av organiska ämnen (mg/kg)			(mg/kg)	
Ämnesgrupp	Provgrop 1	Provgrop 2	KM	MKM
Tot. extraherbara alifater	28	23	-	-
Opolära alifater	2	0,1	200	1200
Tot. extraherbara aromater	1	<0,2	100	300

* Avser riktvärden vid uppläggning av dikesmassor inom markklasserna KM resp. MKM (KM=känslig markanvändning; MKM=mindre känslig markanvändning)

Kommentarer:

Under upplaget med asfaltgranulat är halterna av organiska samlingsparametrar låga och överstiger inte i något fall de riktvärden som föreslås i en VV-rapport (Vägverket, 1998) för att användas vid uppläggning av dikesmassor inom områden med känslig markanvändning.

Under upplaget med uppbruten asfalt är halterna något högre än under asfaltgranulatet. I alla tre provpunkterna är också ytproven tydligt förhöjda jämfört med proven från 10 cm:s nivå. Noterbart är även att halterna av aromater, som skulle kunna indikera före-

komst av tjära, genomgående är mycket låga. Det gäller även provpunkt 1 där en tydlig lukt av tjära kunde märkas i samband med provtagningen.

Vid den avvecklade upplagsplatsen är halterna av organiska samlingsparametrar kraftigt förhöjda i de ytliga proven, jämfört med 10 cm:s nivå. Halterna överstiger också de riktvärden som föreslås i nämnda VV-rapport (Vägverket, 1998) för att användas vid uppläggning av dikesmassor inom områden med mindre känslig markanvändning. Detta beror sannolikt på att upplagsplatsen var dåligt rensad och att ytproven därför innehöll en hel del rester av asfaltmaterial.

Noterbart är också de mycket låga halter av organiska samlingsparametrar som uppmättes vid referenspunkterna (tabell 17.4).

5.6.3. Metallhalter i vattenprov

I tabell 18 redovisas halter av vissa metaller i vattenprov från upplagsplatsen Överskog.

Tabell 18. *Analysresultat – Vattenprov från upplagsplatsen Överskog.*

Provtagning, mellanupplag vid Överskog				
Metaller i vatten (µg/l)				
Parameter	"Lakvatten"	Bäck	Bakgrundshalter (SNV)	Dricksvattenhalter (SLV)
Al	3660	441	40-300	<500 t*
As	4,13	0,303	0,1-0,4	<10 h*
Cd	0,181	0,0375	0,005-0,12	<1 h*
Cr	7,19	0,51	0,1-0,4	<50 h*
Cu	17,5	1,1	0,3-1,0	<50 t*
Ni	8,71	0,71	<0,9-1,2	-
Pb	26	0,465	0,3-1,1	<10 h*
Zn	54,2	7,93	4-25	<300 et*

* Anmärkning ur: e=estetisk; t=teknisk; h=hälsomässig synpunkt

Kommentarer:

Metallhalterna i det "lakvattenprov" som togs vid upplagshögen med uppbruten asfalt är tydligt förhöjda jämfört med provet från bäcken. Bortsett från aluminium och bly är dock halterna förhållandevis låga. Noterbart är också att aluminium är något förhöjt i bäckvattnet vilket indikerar förhöjd aluminiumhalt i det lokala ballastmaterialet. Det mest anmärkningsvärda är den höga blyhalt som uppmättes i "lakvattenprovet". Såvitt känt finns det ingen naturlig förklaring till detta utan det mest sannolika är att den förhöjda blyhalten beror på någon form av förorening. Inom upplagsplatser förekommer en relativt omfattande trafik med olika transport- och lastfordon och det är inte helt ovanligt att det uppkommer läckage/föroreningar av olika slag. Ett exempel på detta noterades i samband

med provtagningen då en lastbilstrailer fick ett brott på en hydraulslang varvid en hel del hydraulolja läckte ut inom upplagsplatsen.

5.6.4. Halter av organiska samlingsparametrar i vattenprov

I tabell 19 redovisas organiska halter i vattenprov från upplagsplatsen Överskog.

Tabell 19. *Analysresultat – Vattenprov från upplagsplatsen Överskog.*

Provtagning, mellanupplag vid Överskog			Riktvärden enligt SNV 4889*
Organiskt innehåll i vatten (µg/l)			
Ämnesgrupp	"Lakvatten"	Bäck	(µg/l)
Tot. extraherbara alifater	670	<100	-
Opolära alifater	180	<100	100
Tot. extraherbara aromater	<200	<200	100

* Förslag till riktvärden för förorenade bensinstationer (grundvatten)

Kommentarer:

Av tabell 19 framgår att de organiska halterna i "lakvattnet" är något förhöjda. Förhöjningarna är dock relativt måttliga och när det gäller totalt extraherbara alifater kan det eventuellt till del bero på förekomst av humus.

5.7. Slutsatser

Markproven uppvisar genomgående låga halter av oorganiska ämnen. Halterna av organiska samlingsparametrar är däremot tydligt förhöjda. Förhöjningen är begränsad till ytskiktet av underliggande mark (ca 10 cm) men sannolikt måste ytskiktet tas om hand och transporteras till deponi.

Lakvattnet uppvisar förhöjda halter både vad gäller vissa metaller och organiska samlingsparametrar. Sannolikt beror dock de förhöjda metallhalterna (framförallt bly) på någon form av förorening inom upplagsplatsen. De organiska halterna av totalt extraherbara ämnen kan eventuellt till del vara orsakade av humuspåverkan i vattnet.

De provtagningar, som har utförts i enlighet med det miljökontrollprogram som föreslagits i informationsfoldern, bedöms ge en god uppfattning om spridningen av olika ämnen inom upplagsplatsen. Kontrollprogrammet bedöms också ha en rimlig omfattning vad gäller provtagningsförfarande och antal prov.

6. REFERENSER

- ECDIN databas. <http://ecdin.etomep.net/>
Förorenade områden. Vägledning för översiktliga inventeringar och riskklassningar. NV, SGU, ITM, IMM. 1996, preliminär version.
- NV rapport 4103, 1992. Utsläpp av stabila organiska ämnen från kemiindustrin. Naturvårdsverket.
- NV Rapport 4311. Vägledning för miljötekniska markundersökningar. Del II: Fältarbete. 1994.
- NV Rapport 4638. Generella riktvärden för förorenad mark. Naturvårdsverket, 1997.
- NV Rapport 4889. Förslag till riktvärden för förorenade bensinstationer. Naturvårdsverket, SPI.
- SLV FS 1993:35. Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten. Livsmedelsverket. ISSN 0346-119X.
- Sv. Kommunförbundet. Vägen tillbaka. Mellanlagring av asfaltmassor för återvinning. 1998
- Torsenius, J., 1996. Fräsasfaltens lakningsegenskaper och miljöpåverkan vid lagring. Examensarbete, CTH. Publ. B434.
- Utlakning från uppbruten asfalt - delrapport 1. SGI Varia 468, 1988.
- VV Publ. 1998:008. Vägdikesmassor. Vägverket, 1998.