

Spolvatten från trafiktunnlar i Stockholm



Spolning av Fredhällstunneln

Undersökning utförd av Stockholm Vatten AB

Innehållsförteckning

Förord	1
Sammanfattning	3
1. Bakgrund	5
2. Syfte	7
3. Beskrivning av tunnelarna	9
3.1. Eugeniattunneln	9
3.2. Fredhällstunneln	10
3.3. Klaratunneln	11
3.4. Söderledstunneln	12
4. Beskrivning av avsättningsmagasinet vid Eugeniattunneln	15
5. Provtagningsförfarande	17
5.1. Eugeniattunneln	18
5.2. Fredhällstunneln	19
5.3. Klaratunneln	20
5.4. Söderledstunneln	21
6. Resultat	23
6.1. Föroreningshalter	23
6.1.1. Eugeniattunneln	23
6.1.2. Fredhällstunneln	24
6.1.3. Klaratunneln	25
6.1.4. Söderledstunneln	26
6.1.5. Betydelsen av rening i sandfång	28
6.2. Föroreningsmängder från spolvatten	30
6.3. Jämförelser mellan tunnelarna, diskussion om skillnader i föroreningar	32
6.3.1. Olika provtagningsplatser	33
6.3.2. Halternas årstidsvariation	33
6.3.3. Inverkan av rengöringsmedel	33
6.3.4. Tid till föregående spolning	35
6.3.5. Olika spolvattenmängder, spolningsfrekvens och spolningsteknik	35
6.3.6. Olika väggmaterial	36
6.3.7. Olika trafikbelastning	37
6.3.8. Olika ventilation	37
6.4. Behandling av spolvatten	39
6.4.1. Avsättningsmagasinet vid Eugeniattunneln	39
6.4.2. Laboratorieförsök	39
6.4.3. Rening av spolvatten i Klaratunneln	41
6.5. Spolvattnets inverkan på recipient och reningsverk	42
6.5.1. Jämförelser med dagvatten och spillvatten	42
6.5.2. Inverkan på recipienter	42
6.5.3. Inverkan på reningsverk	43
7. Slutsatser	45
Bilageförteckning	1

Förord

Denna undersökning genomfördes åren 1992-1995. Andra undersökningar av spolvatten från vägtunnelar är sparsamma. När undersökningen var klar (men ej publicerad) fick resultaten stor betydelse för bedömningen av hur spolvatten ska hanteras. Nu har rapporten gjorts färdig och det har visat sig att man får vara försiktig när man drar slutsatser av undersökningen. Förutsättningarna vid provtagningarna har varit olika nästan varje gång. Ibland sopades vägbanan innan spolning av väggar, ibland inte. Ibland spolades väggarna bara en gång, ibland både 2 och flera gånger. Med dessa växlande förutsättningar valdes att manuell provtagning skulle utföras och enbart under den första spolningen för att få någorlunda jämförbara prover. En viss osäkerhet finns därför i de slutsatser som dras om spolvattnets mängd och kvalitet.

Undersökningen planerades och genomfördes ursprungligen av Jan Stenlycke, Bo Westergren och Monika Strand. Slutlig rapport har skrivits av Knut Bennerstedt efter ett koncept av Monika. Jan Stenlycke har kvalitetsgranskat rapporten.

Sammanfattning

Denna rapport om spolvatten från trafiktunnlar är en del i en undersökning av dagvatten från trafikerade ytor. För att undersöka föroreningsinnehåll i spolvatten från rengöring av trafiktunnlar togs prover vid spolning av Eugenia-, Fredhälls-, Klara- och Söderledstunneln. Proverna togs manuellt, dock inte alltid under hela spolningen.

Provtagningsplatserna varierade. I tre av tunnelarna togs proverna direkt i rännstenen, medan proverna i den fjärde togs i en pumpsump sedan spolvattnet runnit igenom ledningssystemet inklusive sandfång. Parallella provtagningar i rännsten och ledningssystem har gjorts i ett fåtal fall. Undersökningarna visar att spolvattnets föroreningshalter reduceras med upp till 90% från det vattnet lämnar rännstenen tills det kommer fram i pumpsump eller utlopp i recipient. Halter i spolvatten jämförs nedan med dagvatten från trafikleden Norra Länken och spillvatten.

Analysparametrar	Spolvatten		Dagvatten	Spillvatten (1994)	
	I rännsten	Efter sandfång		Orenat	Renat
Susp (mg/l)	5000	1000	248	230	10
Total P (mg/l)	2,8	1	0,4	4,9	0,38
Total N (mg/l)	17	8	2,3	33	22
Cd (µg/l)	10	1	0,5	0,3	<0,1
Cu (µg/l)	1800	200	99	58	<10
Pb (µg/l)	1500	100	61	8,8	<1
Zn (µg/l)	9000	900	399	115	31
Opolära alifatiska kolväten. (mg/l)	100	15	4,2	-	-
PAH total. (µg/l)	60	5-10	12 ?	0,3	

Trots den stora reduktionen av föroreningar i ledningssystem och sandfång är spolvattnets halter högre än Miljöförvaltningens riktvärden för bly, kadmium, koppar, krom, zink, OAK och PAH. Halterna är 2-4 gånger högre än trafikdagvatten från vägar med mer än 20000 fordon per dygn.

Faktorer som verkar ha störst betydelse för spolvattnets kvalitet är.

- Att det finns sandfångsbrunnar som sköts ordentligt.
- Väggarna av sprutad betong ger det mest förorenade spolvattnet
- Användning av tvättmedel ger ett mer förorenat spolvatten.

Mindre betydelse på spolvattnets kvalitet har vi i denna utredning funnit att trafikarbetet har vilket är lite märkligt. Även skillnader i spolningsintervall, mellan 1 och 5 månader, verkar ha liten betydelse för spolvattnets kvalitet.

De försök som gjorts i laboratorium visar att sedimentering har en hög reningseffekt på spolvatten, oftast 80-90% rening av suspenderat material och tungmetaller. MF:s riktvärden uppnåddes i 2/3 av försöken med vatten från Söderledens och Klaratunnelnarnas pumpstationer - med spolvatten som passerat sandfång.

Spolvattenmängderna per år är små om vi ser till totalbelastningen på sjöar och reningsverk. Föroreningshalterna i spolvatten är höga och det har visat sig relativt enkelt att rena spolvattnet, ofta ner till halter som underskrider Miljöförvaltningens riktvärden. Rening av spolvatten

med sedimentation med uppehållstiden 24 timmar bör vara tillfyllest innan spolvattnet leds vidare till reningsverk eller recipient.

1. Bakgrund

I Stockholm Stad finns ca 1430 km trafikerad vägyta, motsvarande 1335 ha, varav ca 120 km utgörs av trafikleder med mer än 20000 fordon per dygn. Trafikmängden inkluderar tung trafik och fordon med farligt gods. I detta ingår 6 stycken trafiktunnlar med en sammanlagd tunnellängd av 3,6 km (Zettergren, Gatu och fastighetskontoret, muntlig information).

Trafikdagvatten omfattar dels vatten från gator, vägar och parkeringar och dels vatten från trafiktunnlar. Trafikdagvatten från 25% (31 km) av den totala längden trafikleder går till reningsverk medan resten går till recipient. En del av trafiklederna ligger i tunnlar. Dessa rengörs ett antal gånger per år genom att väggar och vägbana spolras. Föroreningar från biltrafiken fastnar på väggar, tak och vägbana i tunneln. Samma processer som förorenar trafikdagvattnet förorenar även spolvattnet från tunnlar.

Spolvatten från Eugeniattunneln renas lokalt i ett avsättningsmagasin. Spolvatten från Klara- och Söderledstunnlarna avleds till Henriksdals reningsverk. Spolvatten från Fredhälls-, Karlbergs- och Blekholmstunneln avleds orenat till recipient. Undersökningen av spolvatten gjordes i Eugenia-, Fredhälls-, Klara- och Söderledstunneln vilka har en sammanlagd längd på 2,9 km tunnel vilket motsvarar 5,8 km total väglängd.

Intresset för dagvatten från trafikerade ytor och dess belastning på recipient ökade i samband med planeringen av ringleden i Dennispaketet. För närvarande är det bara Södra Länken som ska byggas vilken ingår i Stockholmsprojektet (maj 1998). I och med detta ökade även intresset för trafiktunnlarnas spolvatten och dess innehåll av föroreningar.

Med den planerade Södra Länken kommer man att lägga ca 7,6 km väg i tunnel. Det här genererar stora föroreningsmängder i samband med renhållning och spolning av trafik-tunnlarna och kräver ett kvalificerat reningssystem som kan ta hand om det förorenade spolvattnet. Ett avsättningsmagasin byggdes 1991 vid Eugeniattunneln i anslutning till Norra Länkens del Solnavägen-Norrtull. Magasinet tar emot trafikdagvatten, spolvatten och dränvatten.

2. Syfte

Syftet med undersökningen är att visa vilka föroreningsmängder spolvatten från trafiktunnlar innehåller för att ge ett underlag vid beslut om erforderlig reningsteknik för spolvatten från dels de befintliga tunnelarna i Stockholm och dels de tunnlar som kommer att byggas i framtiden. I undersökningen gjordes sedimenteringsförsök i laboratorium för att visa vilken reningseffekt som erhålles vid olika sedimenteringstid med och utan fällningskemikalie.



Bild 1. Karta över centrala Stockholm och tunnelarna

3. Beskrivning av tunnelarna

3.1. Eugeniattunneln

Eugeniattunneln ligger inom Norra Länkens trafikområde. Tunneln togs i drift i oktober - 91 och har två tunneltuber med två körfält i varje tub. Norrgående tunneltub är 215 m lång och södergående tunneltub 235 m lång. Båda har betongbesprutade bergväggar. Tunneltuberna har 4,7 meter fri höjd och 11 meter fri bredd (Ove Johansson, Vägverket, region Stockholm, muntlig information). Vägbeläggningen består av asfalt.

Den totala trafikmängden i båda riktningarna var 60000 fordon per vardagsdygn varav ca 10% tung trafik (>3,5 ton). Fordon med farligt gods uppskattades till ett hundratal per vardagsdygn. (Lagström, GFK)

Spolvattnet gick till Norra Länkens avsättningsmagasin och pumpades sedan vidare ut i Brunnsviken. Eugeniattunneln sopades varannan månad såvida vägbanan inte var frusen eller för blöt.

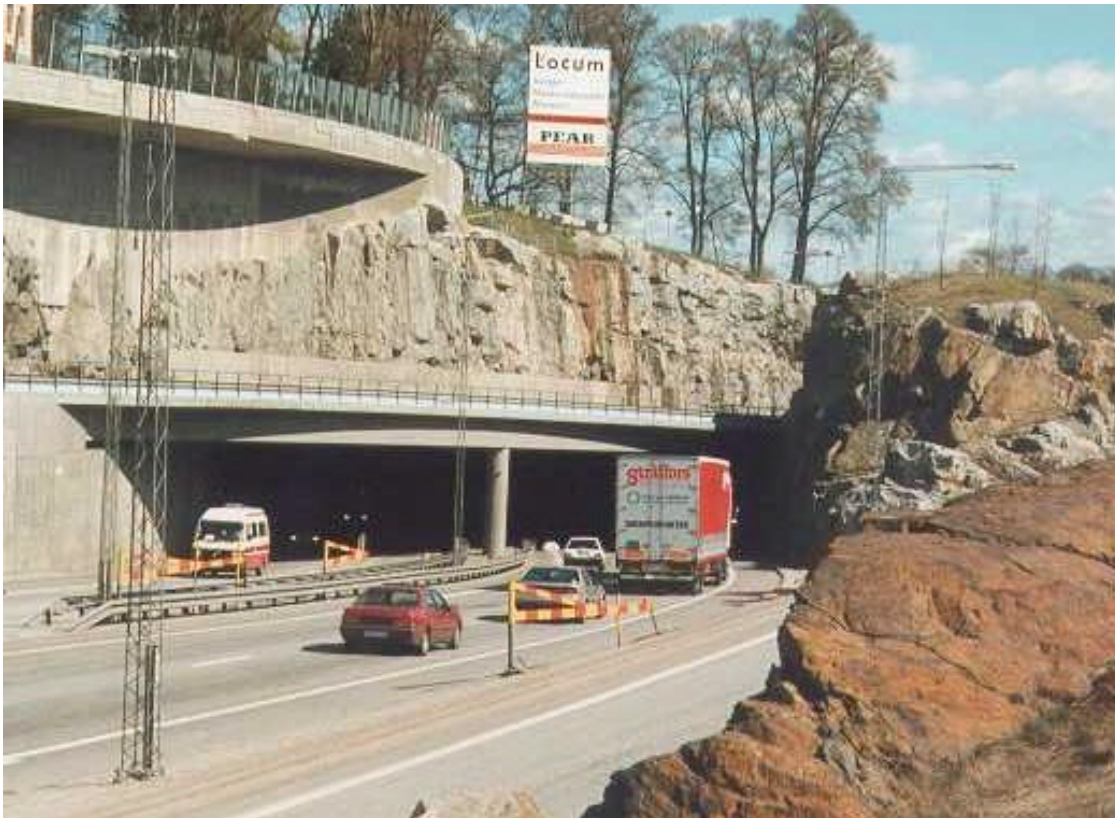


Bild 2. Eugeniattunneln

3.2. Fredhällstunneln

Fredhällstunneln ligger på Kungsholmen i anslutning till Essingeleden. Tunneln består av två tunneltuber med tre körfält i varje. Varje tunneltub är 209 m lång och har kakel/klinkerplattor som väggmaterial. Vardera tunneltub har 4,7 meter fri höjd och 13,4 meter fri bredd (Johansson, Vägverket, muntlig information). Vägbeläggningen består av asfalt.

Den totala trafikmängden i båda färdriktningarna var 120000 fordon per vardagsdygn. Av dessa var omkring 10% tung trafik (>3,5 ton). Fordon med farligt gods uppskattades till ett hundratal per dygn. (Lagström, GFK)

Spolvattnet rann via rännstensbrunn direkt ut i Mälaren. Tunneln sopades varannan månad såvida vägbanan inte var frusen eller för blöt.



Bild 3. Fredhällstunneln

3.3. Klaratunneln

Klaratunneln ligger på Norrmalm och har två tunneltuber. Mellan Vattugatan och Sveavägen är det två körfält i varje tunneltub. Mellan avfarten till Sveavägen och Mäster Samuelsgatan är det ett körfält i vardera tunneltub. Varje tunneltub är 880 m lång, inklusive av- och påfarter. Väggmaterialet består av perstorpsskivor. (Zettergren, Gatu och fastighetskontoret, muntlig information) Det finns trottoarkanter av betong på båda sidor i tunneln. Vägbeläggningen är av asfalt.

Den totala trafikmängden i båda färdriktningar var ca 43000 fordon per vardagsdygn på sträckan mellan Vattugatan och av-/påfarten till Sveavägen och ca 18000 fordon per vardagsdygn mellan av-/påfarten till Sveavägen och Mäster Samuelsgatan. 1-5% av fordonen var tung trafik (>3,5 ton). Fordon med farligt gods uppskattades vara färre än 100 fordon per vardagsdygn. (Lagström, GFK, muntlig information).

Spolvattnet gick via en pumpstation till spillvattennätet och Henriksdals reningsverk. Tunneln sopades i samband med spolning.



Bild 4. Klaratunneln

3.4. Söderledstunneln

Söderledstunneln går genom Södermalm och har två tunneltuber med två körfält i vardera tub. Varje tunneltub är 1550 m lång (Zettergren, GFK, muntlig information) med väggar av betongelement. I ena änden av tunneln är det betongbesprutad bergvägg. Vägbeläggningen består av asfalt.

Den totala trafikmängden i båda färdriktningarna var ca 105000 fordon per vardagsdygn på sträckan mellan Hornsgatan och Medborgarplatsen. Mellan Medborgarplatsen och Skanstull var trafikmängden ca 80000 fordon per vardagsdygn i båda riktningar. Tung trafik utgjorde ca 3-4% av trafikmängden och antal fordon med farligt gods antogs vara färre än 100 fordon per vardagsdygn.(Lagström, GFK, muntlig information).

Vattenproverna togs i en pumpstation för dagvatten vid den norrgående tunnelns yttersida i närheten av Blekingegatan. Pumpstationen tog emot spolvatten från de 400 m tunnel närmast Skanstull och pumpar vattnet till spillvattennätet till Henriksdals reningsverk. Spolvattnet från resten av tunneln rann med självfall till spillvattennätet. Tunneln sopades i samband med spolning.



Bild 5. Söderledstunneln

	Eugenia-tunneln	Fredhälls-tunneln	Klara-Tunneln	Söderleds-tunneln
Total längd, (meter)	215+235	2x209	2x880	2x1550
Väggmaterial	Betong-sprutade bergväggar	kakel-/klinkerplattor	perstorps-skivor	Betongelement
Total trafikmängd (fordon/var-dagsdygn)	60000	120000	43000 respektive 18000	105000 respektive 80000
varav tung trafik	10 %	10 %	1-5 %	3-4 %
Fordon med farligt gods (fordon/var-dagsdygn)	ett hundratal	ett hundratal	< 100	< 100
Recipient	Brunnsviken	Mälaren	Henriksdals reningsverk	Henriksdals reningsverk
Antal spolningar per år	2	2	9	9
Spolvatten, väggar, per gång (m³)	60	10	20	50
Spolvatten, väggar, per år (m³)	120	20	180	450
Spolvatten, vägbana per gång (m³)	9	8,5	35	62

Tabell 3.1. Data om tunnelarna

4. Beskrivning av avsättningsmagasinet vid Eugeniattunneln

Brunnsviken är den naturliga mottagaren av dagvatten från hela trafikområdet vid Norra Länken. Avsättningsmagasinet byggdes för att skydda Brunnsviken som är en högt prioriterad och skyddsvärd sjö.

Magasinet är beläget i berg i anslutning till trafikområdet. Spolvatten och dagvatten passerar magasinet där föroreningar sedimenterar före utsläpp till Brunnsviken. Det finns även möjligheter att tillsätta kemikalier för att fånga upp lösta och flytande föroreningar om det skulle visa sig nödvändigt. Tillrinning till avsättningsmagasinet sker dels med självfall via två inloppsledningarna och dels via en tryckledning från pumpstationen som samlar vatten från Eugeniattunneln som ligger lägre än magasinet högsta bräddningsnivå.

Magasinetens volym är 2000 m³. Högsta fyllnadshöjd före bräddning är 8 m. Flödet till magasinet har beräknats kunna uppgå till 700 l/s. Magasinet är delat i två delar genom ett längsgående skibord. De grövsta föroreningarna hamnar i den första delen där vatten från självfallsledningarna leds in. Vattnet passerar över skibordet och via den andra delen till tre pumpar. Det finns även ett skibord mellan magasinet andra del och pumpsumpen. Om magasinet ska tömmas helt används hävertledningar. Tryckledningen från pumpstationen, som samlar vatten från Eugeniattunneln, mynnar i magasinet andra del. (SVAB 1993) En utförligare beskrivning av anläggningen finns i separat rapport¹.

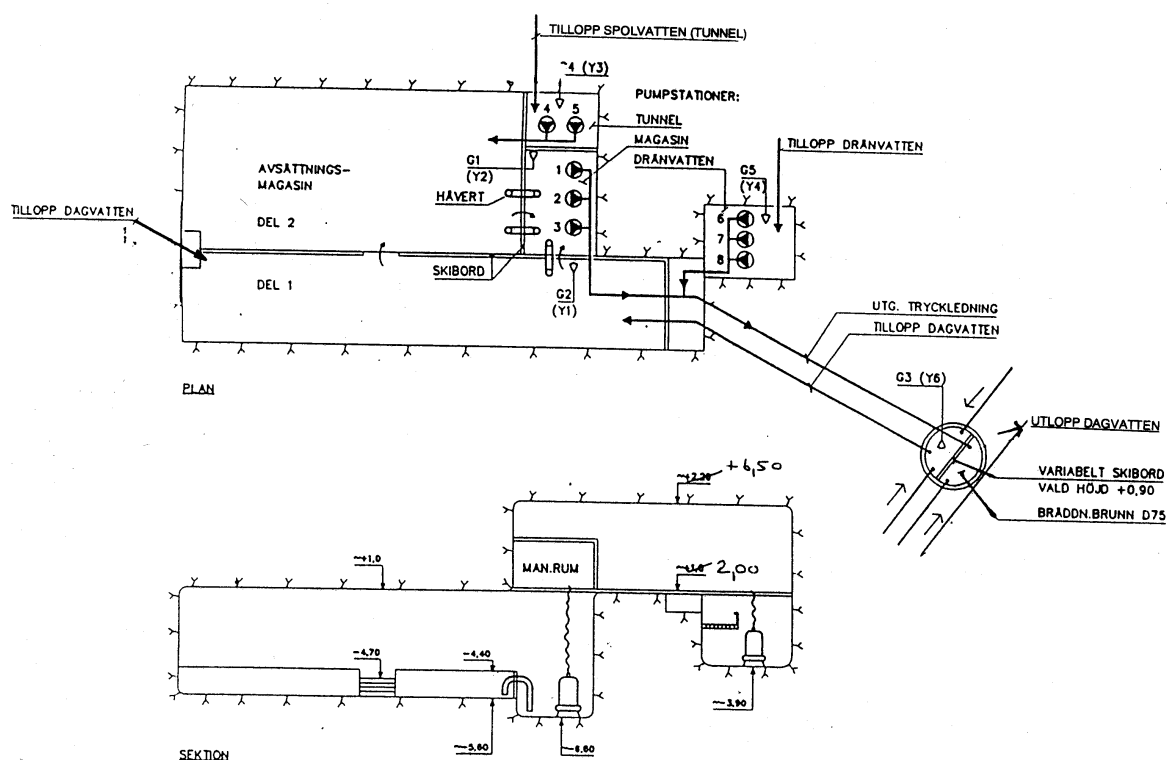


Bild 6. Avsättningsmagasinet vid Norra Länken

¹ Dagvatten till Norra Länkens avsättningsmagasin. Rapport 14/01, Stockholm Vatten AB

5. Provtagningsförfarande

Om inget annat nämns under respektive tunnel gäller följande fakta. Spolbilen var försedd med ett vertikalt rörformat högtrycksaggregat monterat framtill på bilen. Spolaggregatet rengjorde väggarna upp till en höjd av 3,5 meter. Tunnelarna spolades med dricksvatten med eller utan föregående behandling av kemiskt rengöringsmedel. Förutsättningarna vid provtagningarna har varit olika nästan varje gång. Ibland sopades vägbanan innan spolning av väggar, ibland inte. Ibland spolades väggarna bara en gång, ibland både 2 och flera gånger. Med dessa växlande förutsättningar valdes att manuell provtagning skulle utföras och enbart under den första spolningen för att få någorlunda jämförbara prover. En viss osäkerhet finns därför i de slutsatser som dras om spolvattnets mängd och kvalitet eftersom spolvattnet säkert var som smutsigast vid den första spolningen.

Proverna togs direkt från vägbanan i **Eugeniattunneln, Klaratunneln och Fredhällstunneln**. Proverna togs i en lågt liggande punkt på vägbanan med hjälp av en vit plastskopa. Vid provtagningen fördes skopan i spolvattensströmmen, uppströms rännstensbrunnen, precis innan vattnet rann ner. Skopan skrapades inte i vägbanan. Den manuella provtagningen pågick under hela första spolningen med vatten. Vattenproverna fylldes i tio-liters plastdunkar, utom de prover som skulle analyseras med avseende på olja, PAH, PCB och dioxin, dessa fylldes i 1-liters glasflaskor. Tunneltaken spolades inte. Alla tunnlar i Stockholm spolades av Stockholm Entreprenad City Byrån. Det var ingen nederbörd under någon av spolningarna.

Proverna från **Söderledstunneln** togs i pumpstationen vid Blekingegatan, vilken tog emot vatten från de båda tunneltuberna 400 m närmast norr om Skanstull. Vattnet som rann ner i pumpstationen förde med sig föroreningar från båda tunneltuberna. Proverna togs från det inkommande röret i pumpstationen, alltså sedan spolvattnet passerat en rännstensbrunn med sandfång. Ett 1-liters och ett 2-liters mått fylldes med vatten samtidigt som tiden att fylla måttet togs för att få fram flödet. Vattnet hölls över i plastdunkar och glasflaskor. Provet var ett blandprov med största delen vatten från norrgående yttervägg. Alla analyser gjordes på blandprov från båda tunnelarna, utom totalt extraherbara alifatiska kolväten och opolära alifatiska kolväten som delades upp i norr- respektive södergående tunnel. Proverna togs en gång direkt på vägbanan (21/7 1992), precis som för de övriga tunnelarna.

Även i **Fredhällstunnelns** togs ett prov (3/10 1995) på spolvatten som passerat rännstensbrunn med sandfång. Proverna togs från ett utloppsrör som mynnar under Fredhällsbron.

Eugeniattunneln	Fredhällstunneln	Klaratunneln	Söderledstunneln
6 okt. -92	5 okt. -93	13 mars -92	24 mars -92
5 maj -93	6 okt. -93	31 aug. -93	26 maj -92
6 maj -93	3 okt. -94	7 okt. -93	21 juli -92
5 okt. -93	4 okt. -94	29 sep. -94	26 nov. -92
6 okt. -93	3 okt. -95		23 mars -93
3 okt. -94			9 sep. -93
4 okt. -94			25 okt. -94

Tabell 5.1. Provtagningsdatum i de olika tunnelarna.

Vid en korrekt rengöring av trafiktunnlarna sopas vägbanans rännstenar varefter väggarna spolas. Efter ett dygn sopas vägbanan en gång till och till sist spolas vägbanan. Rännstensbrunnarna skall rensas med jämna mellanrum. (Hellberg, Trakt 5) Vid spolning av vägbanan åtgår ca 0,02 m³ dricksvatten per meter tunnel. I vilken omfattning vägbanan har sopats i anslutning till spolningarna är okänt.

5.1. Eugeniatunneln

Eugeniatunneln spolades 2 gånger per år, vid månadskiftet april/maj och oktober/november. Antal spolningar per gång berodde på hur smutsiga väggarna var. Eugeniatunneln har betongsprutade bergväggar vilket ger en större area för föroreningarna att fastna på jämfört med en slät vägg. Detta medförde svårigheter att få väggarna rena och därför spolades väggarna upprepade gånger tills de ansågs vara rena. Normal vattenåtgång uppskattades till 30 m³ per tunneltub. Man spolade under två nätter, en tunneltub per natt. Spolvattnet gick till Norra Länkens avsättningsmagasin och pumpades sedan vidare ut i Brunnsviken. Eugeniatunneln sopades varannan månad såvida vägbanan inte var frusen eller för blöt.

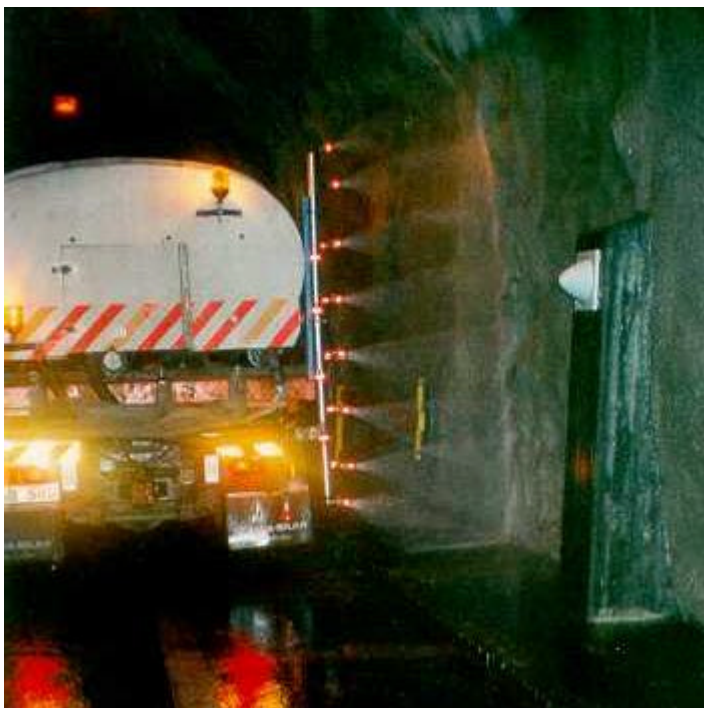


Bild 7. Spolning av Eugeniatunneln

Proverna togs när vattnet nådde den lägst belägna rännstensbrunnen. I normala fall rinner spolvattnet in i pumpstationen för tunnelvatten som hör till avsättningsmagasinet. Anledningen till att proverna inte togs i inloppet till pumpstationen var att det upptäcktes under spolningen den 5-6 oktober 1992 att inloppsledningen var proppad och att en ledning som skulle vara proppad inte var det. Spolvattnet rann därför ner i pumpstationen för dräneringsvatten. Vid spolningen 5-6 maj 1993 hade proppen avlägsnats men då upptäcktes ett stort inläckage av dränvatten på grund av otäta skarvar. Den 5-6 oktober 1993 var det fortfarande inläckage av dränvatten till pumpstationen.

Halva vattendunken fylldes med vatten från ytterväggen och halva med vatten från innerväggen. Rengöringsmedel användes inte i Eugeniatunneln.

- Vid spolningen den **6 oktober 1992** användes ett vertikalt högtrycksaggregat monterat bak på spolbilen. Vattenåtgången vid spolningen var 25 m³ i södergående tunnel och 30 m³ i norrgående. Spolbilshastigheten var ca 3 km/h (se bild 7).

- Vid spolningarna den **5 och 6 maj 1993** användes en utrustning av norsk modell. Spolaggregatet hade fyra roterande armar med varsitt sprutmunstycke som sprutade vatten med högt tryck, max 105 l/min (samma som omslagsbilden). Väggarne spolades fyra gånger och därefter spolades vägbanan. Vattenåtgången per tunneltub var 25-30 m³ för väggarna och 9 m³ för vägbanan. Spolhöjden var ca 4 meter. Utrustningen gav ett mycket bra rengöringsresultat helt utan kemiska rengöringsmedel. Provet från den 5 maj är från spolningen av södergående tunnel och provet från den 6 maj från norrgående.
- Den **5 och 6 oktober 1993** spolades väggarna fyra gånger. Vattenåtgången per tunneltub var totalt ca 10 m³. Den 5 oktober spolades södergående tunneltub och den 6 oktober spolades norrgående. Prov togs vid båda tillfällena.

Vid de tre ovannämnda spoltillfällena användes tre olika spolutrustningar. För att jämföra dessa var det viktigt att proverna togs på samma ställe.

- Den **3 och 4 oktober 1994** spolades först övre delen av de två väggarna, därefter spolades undre delen. Den 3 oktober spolades södergående tunneltub och den 4 oktober spolades norrgående. Prover togs från vardera tunneltuben.

5.2. Fredhällstunneln

Fredhällstunneln spolades 2 gånger per år, samtidigt som Eugeniattunneln, vid månads-skiftet april/maj och oktober/november. Tunneln sopades varannan månad såvida vägbanan inte var frusen eller för blöt. Spolvattnet rann via rännstensbrunn direkt ut i Mälaren. Vid spolningarna av Fredhällstunneln vättes först nedre delen av väggarna med ett kemiskt rengöringsmedel och därefter spolades dessa två gånger med vatten. Efter det höjdes spolaggregatet för att rengöra övre delen av väggarna genom samma procedur. Ungefär 10 m³ vatten användes totalt för spolning av tunneln. Proverna, som bestod av ett blandprov från ytter- och innervägg, togs efter den första spolningen med vatten.

- Vid spolningarna den **5 och 6 oktober 1993** rengjordes väggarna med tvättmedlet *Microgel M* (se bilaga 2). Ca 25 liter Microgel M per tunneltub användes, dvs totalt ca 50 liter. En del Microgel M späddes med nio delar vatten. Vid spolning av södergående tunnel den 5 oktober vätte man den övre halvan av tunnelväggen först. Här fungerade vätningen inte så bra. I norrgående tunnel, som spolades den 6 oktober, vätte man den nedre delen först och då fungerade vätningen bättre. Prover togs båda datumen.
- Den **3 och 4 oktober 1994** rengjordes väggarna med *Carclin Supertvätt* (se bilaga 2) som är ett fordonsrengöringsmedel. Södergående tunneltub spolades den 3 oktober och norrgående spolades den 4 oktober. Prover togs vid båda spoltillfällena.
- Vid spolningen den **3 oktober 1995** togs prov på vatten från tunnelns utloppsrör som mynnar under Fredhällsbron. Det rann ett grundflöde på 0,1 liter per sekund innan spolningen. Proverna togs då norrgående tunneltub spolades. Vattnet i recipienten vid utloppsröret blev mycket grumligt av spolvattnet. Rengöringsmedel användes vilket visade sig genom att utloppsvattnet skummade. Vilket rengöringsmedel som användes är okänt.

(Bilden på omslaget är från en spolning av Fredhällstunneln).

5.3. Klaratunneln

Klaratunneln spolades ca 9 gånger per år. Första spolningen på året ägde rum i mars. Då användes ett kemiskt rengöringsmedel och dricksvatten. Efter det spolades tunneln med enbart dricksvatten en gång i månaden fram till och med november eller så länge det var högre temperatur än +1 grad. Spolvattnet gick via en pumpstation till spillvattennätet och Henriksdals reningsverk. Tunneln sopades i samband med spolning.

Vid spolning av Klaratunneln användes 5 m³ dricksvatten till spolning av stolpar och markytor, därefter användes 20 m³ dricksvatten till spolning av väggarna i de båda tunneltuberna. Väggarna spolades två gånger med vatten och proverna togs efter första spolningen. Provtagningsplatsen var vid en lågt liggande rännstensbrunn ca 50 meter in i tunneln, ungefär vid första kurvan från tunnelmynningen vid Vattugatan. Halva femlitersdunken fylldes med vatten från den ena tunneltuben och halva från den andra tunneltuben.

- Vid spolningen den **13 mars 1992** sopades först alla rännstenar med sopmaskiner och större gångytor spolades med högtryck. Därefter duschades tunnelväggarna med det biologiskt nedbrytbara rengöringsmedlet *Rapsody* som skulle verka en stund. Efter det spolades väggarna med dricksvatten under högtryck. Resultatet var inte tillfredställande då smutsen satt löst men inte ville rinna av. Därför spolades väggarna ytterligare en gång vilket inte heller gav ett godkänt resultat. Avslutningsvis spolades vägbanan.
- Vid spolningarna den **31 augusti 1993**, **7 oktober 1993** och **29 september 1994** användes enbart dricksvatten under högt tryck. Först spolades stolpar och större markytor som inte ingår i vägbanan. Därefter spolades väggarna två gånger, först tunneln österut och sedan tunneln västerut.



(En mindre ombyggnad av pumpstationen som pumpar spolvattnet till spillvattennätet gjordes 1997. Nya undersökningar gjordes 1997 och 1999. Dessa undersökningar finns redovisade i separata rapporter och biläggs i denna utredning, bilagorna 8 och 9)

Bild 8. Spolning av Klaratunneln

5.4. Söderledstunneln

Söderledstunneln spolades ca 9 gånger per år. Första spolningen på året var i mars då man använde ett kemiskt rengöringsmedel. Därefter spolades tunneln med dricksvatten en gång i månaden fram till november eller så länge det var högre temperatur än +1 grad. Vattenproverna togs i en pumpstation för dagvatten vid den norrgående tunnelns yttersida i närheten av Blekingegatan, en provtagning (21/7 1992) dessutom direkt från rännstenen. Pumpstationen tog emot spolvatten från de 400 m tunnel närmast Skanstull. Spolvattnet från resten av tunneln rann direkt till spillvattennätet där det leddes vidare till Henriksdals reningsverk. Vägarna spolades en gång med dricksvatten.

Tunneln skall sopas i samband med spolning.

Till pumpstationen rann ett kontinuerligt grundflöde på 0,05-0,1 liter per sekund. Analys av grundflödet gav låga föroreningshalter.

- Vid spolningen den **24 mars 1992** användes en tioprocentig lösning av *Tuffshampo* (se bilaga 2) som är ett alkaliskt avfettningsmedel. Vägarna duschades med Tuffshampo och spolades av omedelbart av under högt tryck, för att schampot inte skulle torka in. Det tog 5 till 10 minuter innan spolvattnet rann in i pumpstationen. Därefter rann ett grundflöde på 0,5-1 l/s under 20 till 30 minuter in i pumpstationen. För analys av obehandlat vatten och sedimentationsförsök fylldes 10 stycken tio-liters plastdunkar till Stockholm Vattens (SVAB's) laboratorium. För analys av PAH, dioxin och PCB levererades 4 stycken fem-liters glasflaskor till Akvatisk Kemisk Ekotoxikologi, Zoologiska institutionen på Stockholms Universitetet. Till Milab togs 2 stycken en-liters glasflaskor för analys av totalt extraherbara alifatiska kolväten och opolära alifatiska kolväten. Vägbanan hade inte sopats före spolningen.
- Den **26 maj 1992** användes enbart dricksvatten. Prover togs under ca 15 minuter. Laboratoriet på SVAB fick 4 stycken tio-liters plastdunkar med spolvatten för analys av obehandlat vatten och sedimentationsförsök. För analys av PAH, dioxin och PCB sändes 4 stycken fem-liters glasflaskor till Universitetet. Milab fick 1 liter för analys av totalt extraherbara alifatiska kolväten och opolära alifatiska kolväten. Vägbanan hade inte sopats före spolningen.
- Vid spolningen den **21 juli 1992** togs prover både i pumpsump och från vägbanan:

Hälften av vattnet från **vägbanan** togs i ytterfilens rännsten och vägbanan, mellan Centralbrons södra fäste och uppfarten vid Medborgarplatsen, då mellanväggen spolades. En fjärdedel av vattnet togs på olika platser under mellanväggsspolningen. Resten togs i södergående tunnel då ytterväggen spolades. Proverna togs med två öskar som skrapades jäms med asfalten. Skrapning var nödvändig för att få upp något eftersom vattnet fastnade på de ojämna betongväggarna och i smutsen på vägbanan. Från vägbanan samlades 4 stycken tio-liters prov i plastdunkar för analys av obehandlat vatten och sedimentationsförsök. Universitetet fick 4 stycken fem-liters prov i glasflaskor för analys av PAH, dioxin och PCB. VVL fick 1 liter i glasflaska för analys av totalt extraherbara alifatiska kolväten och opolära alifatiska kolväten.

Efter mellanväggsspolningen togs prover i **pumpstationen**. Spolvattnet började rinna in i pumpstationen då ytterväggen i norrgående tunnel spolades. Prover togs under ca

10 minuter. I pumpstationen samlades 41 liter vatten upp. Laboratoriet på SVAB fick 40 liter och VVL fick 1 liter. Samma provtagningskärl och analyser som till provet från vägbanan användes.

Laboratoriet på SVAB gjorde sedimentationsförsök på vattnet från pumsumpen samma dag (21/7) och med vattnet från vägbanan dagen efter (22/7). Vägbanan sopades inte före spolningen.

- Tunneln spolades även den **26 november 1992**.
- Vid spolningen den **23 mars 1993** var grundflödet 0,06 l/s och det högsta flödet under spolningen var 0,33 l/s.
- Vid spolningen den **9 september 1993** var grundflödet ca 0,07 l/s. Spolvattenflödet var som högst 0,13 l/s då spolbilen körde förbi pumsumpen. För analys av behandlat vatten och sedimentationsförsök togs 5 stycken tio-liters prov i dunkar till SVAB's laboratorium. Universitetet fick en fem-liters dunk för analys av PAH, dioxin och PCB. Milab fick en en-liters dunk för analys av totalt extraherbara alifatiska kolväten och opolära alifatiska kolväten. Vägbanan sopades 7-8/9.
- Vid spolningen den **25 oktober 1994** spolades först ytterväggarna i de två tunneltuberna och därefter innerväggarna på grund av att högtrycksaggregatet måste flyttas. Grundflödet var 0,08 l/s och det högsta flödet under spolningen var 0,2 l/s.

6. Resultat

6.1. Föroreningshalter

6.1.1. Eugeniätunneln

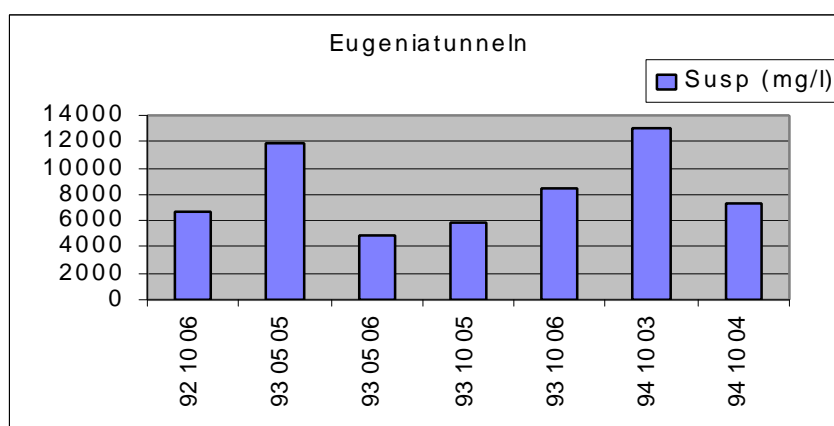
Se även bilagorna 2 och 3.

PAH-analyser från två tillfällen redovisas i bilaga 3.2.

<i>Analysparametrar</i>	<i>Medel</i>	<i>Median</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Susp (mg/l)	8286	7300	4900	13000
Total-P (mg/l)	3,6	4,1	0,8	7,1
Total N (mg/l)	21	28	3	34
BOD ₇ (mg/l)	190	190	120	260
COD _{Cr} (mg/l)	5800	6000	2100	9300
Kadmium Cd (µg/l)	9,6	10,3	4,1	13
Krom Cr (µg/l)	330	320	190	480
Koppar Cu (µg/l)	2055	2000	790	2900
Kvicksilver Hg (µg/l)	1,0	0,8	0,3	2
Mangan Mn (µg/l)	2886	2900	1800	3800
Bly Pb (µg/l)	2000	2300	900	2500
Zink Zn (µg/l)	19800	18000	7800	31000
Olja OAK (mg/l)	50	38	20	110
PAH tot (µg/l)	66	66	53	78
PCB tot (ng/l)	799	799	722	875
Dioxin part (pg TEQ/l)	280	280	93	467

Tabell 6.1. Sammanställning av medel-, median-, min- och maxvärden för analysresultaten från Eugeniätunnelns spolvatten. Proverna togs under perioden 921006-941004, direkt från vägbanan. Enbart dricksvatten användes vid spolningarna.

Sammanställningen ovan är baserad på analysresultat från sju provtagningstillfällen, utom PAH, PCB och dioxin som togs vid två tillfällen. Det användes inget rengöringsmedel vid något tillfälle. Spridningen i föroreningshalterna är relativt stor.



Figur 6.1. Suspenderade ämnen i prover från Eugeniätunnelns spolvatten, direkt från vägbanan.

6.1.2. Fredhällstunneln

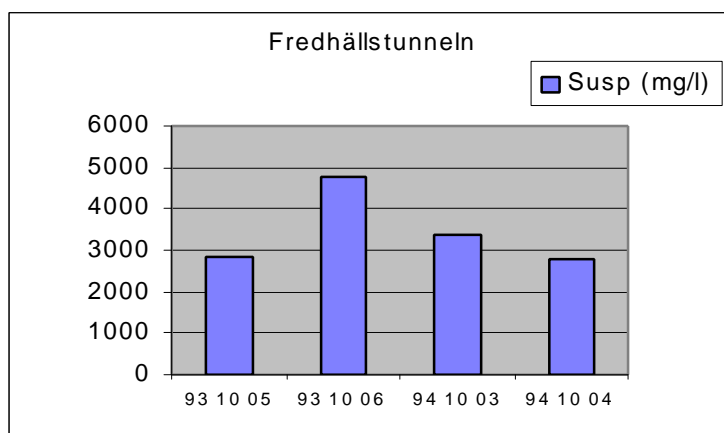
Se även bilagorna 2 och 4.

Sammanställningen i tabell 6.2 är baserad på resultat från fyra provtagningstillfällen. Det användes två olika rengöringsmedel vid spolningarna. Det gjordes inga analyser av BOD₇, bly, PAH, PCB och dioxin.

De resultat som erhöles vid provtagningen den 3 oktober 1995 är inte inkluderad i tabellen eftersom provet togs vid utloppsröret under Fredhällsbron. Inget prov togs i vägbanan vid detta tillfälle. Analysresultaten från utloppsröret är betydligt lägre än de som togs i vägbanan -93 och -94. Om halterna i vägbanan 1995 var lika med medianhalterna i tabellen ovan har föroreningshalterna reducerats kraftigt, i många fall ca 90%, då spolvattnet passerar rännstensbrunnar och ledningssystemet.

<i>Analysparametrar</i>	<i>Medel</i>	<i>Median</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Susp (mg/l)	3454	3111	2800	4792
Total-P (mg/l)	1,1	1,0	0,3	2,0
Total-N (mg/l)	17	17	16	17
COD_{Cr} (mg/l)	5137	4324	2900	9000
Kadmium Cd (µg/l)	10,1	10,1	9,2	11
Krom Cr (µg/l)	185	185	180	190
Koppar Cu (µg/l)	1625	1650	1300	1900
Kvicksilver Hg (µg/l)	0,5	0,4	0,3	0,8
Mangan Mn (µg/l)	1575	1550	1400	1800
Zink Zn (µg/l)	7475	7350	5400	9800
Olja OAK (mg/l)	347	112	65	1100

Tabell 6.2. Sammanställning av medel-, median-, min- och maxvärden för analysresultaten från Fredhällstunnelns spolvatten. Proverna togs under perioden 931005-941004, direkt från vägbanan. Kemiskt rengöringsmedel användes vid samtliga spolningar.



Figur 6.2. Suspenderade ämnen i prover från Fredhällstunnelns spolvatten, direkt från vägbanan.

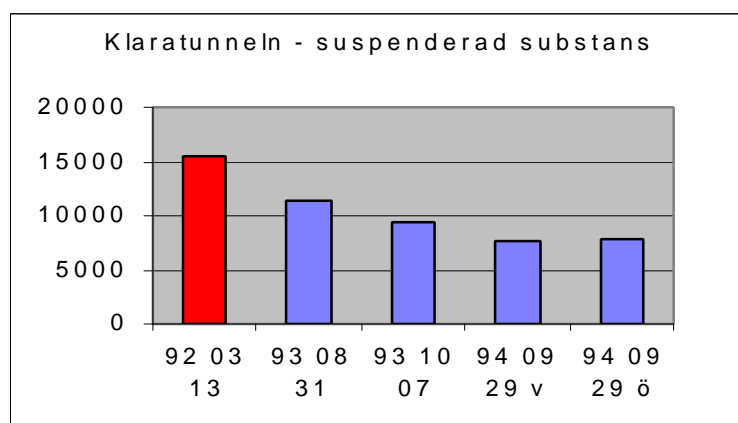
6.1.3. Klaratunneln

Se även bilagorna 2 och 5.

Analysparametrar	Spolningar med endast dricksvatten				Spolning med rengörings-medel
	Medel	Median	Min	Max	
Susp (mg/l)	9100	8650	7700	11400	15500
Total-P (mg/l)	4,3	4,3	3,2	5,4	7,9
Total-N, (mg/l)	15	14	2	30	13
BOD ₇ (mg/l)	Endast ett	analysvärde	finns	= 120	-
COD _{Cr} (mg/l)	3385	3370	2800	4000	8000
Kadmium Cd (µg/l)	17	18,5	9	22	41
Krom Cr (µg/l)	205	205	160	250	970
Koppar Cu (µg/l)	3225	3450	2200	3800	3300
Kvicksilver Hg (µg/l)	0,75	0,45	0,1	2	-
Mangan Mn (µg/l)	2050	2200	1100	2700	-
Bly Pb (µg/l)	Endast ett	analysvärde	finns	= 4200	-
Zink Zn (µg/l)	21575	11000	6300	58000	11000
Olja OAK (mg/l)	101	99	57	150	-

Tabell 6.3. Sammanställning av medel-, median-, min- och maxvärden för analysresultaten från Klaratunnelns spolvatten. Proverna togs under perioden 930831-940929. Medel, median, min och maxvärdena är baserade på prover från spolning med enbart dricksvatten. Den högra kolumnen visar resultat från en spolning med rengöringsmedlet Rapsody 920313.

Sammanställningen av Klaratunnelns analysresultat ovan är baserad på fem provtagningstillfällen, där två av dem är prover tagna i östlig och västlig tunnelriktning samma dag. Rengöringsmedel användes vid ett tillfälle i maj -92. Det gjordes inga analyser på PAH, PCB och dioxin.



Figur 6.3. Suspenderade ämnen i prover från Klaratunnelns spolvatten, direkt från vägbanan. Tvättmedel användes 920313.

1996/1997 byggdes Klaratunnelns pumpsump om till en enklare form av avsättningsmagasin. Syftet vara att utreda om det är ett lämpligt sätt att rena spolvatten innan det pumpas vidare. I undersökningar 1997 och 1999 togs bland annat prov på spolvattnet dels från vägbanan och dels då det runnit in i pumpstationen. Analysresultaten visar att

halterna från vägbanan var i samma storleksordning som resultaten i tabellen ovan. Halterna i det vatten som togs i pumpstationen var betydligt lägre, se kapitel 6.1.5 och bilagorna 8 och 9.

6.1.4. Söderledstunneln

Se även bilagorna 2 och 6.

PAH-analyser från två tillfällen redovisas i bilaga 6:3

Uppmätta halter i en pumpsump varifrån spolvattnet pumpas över till spillvattennätet redovisas i tabell 6.4

Analysparametrar	Spolningar med endast dricksvatten				Spolning med rengöringsmedel, 920324
	Medel	Median	Min	Max	
Susp (mg/l)	158	185	36	275	850
Total-P ₇ (mg/l)	1,1	0,6	0,4	3,1	3,6
Total-N, (mg/l)	11	9	9	14	19
COD _{Cr} (mg/l)	190	160	87	336	960
Kadmium Cd (µg/l)	0,8	0,7	0,4	1,2	2,0
Krom Cr (µg/l)	11	11	2	20	87
Koppar Cu (µg/l)	83	70	33	180	330
Kviksilver Hg (µg/l)	-	-	-	-	-
Mangan Mn (µg/l)	352	320	130	600	-
Bly Pb (µg/l)	30	23	7	81	480
Zink Zn (µg/l)	263	246	30	540	1440
Olja OAK (mg/l)	1	1	0,2	2	21
PAH tot (µg/l)	2,2	1 värde	-	-	13
PCB tot (ng/l)	7	1 värde	-	-	456
Dioxin tot (pg TEQ/l)	3	1 värde	-	-	145

Tabell 6.4. Sammanställning av uppmätta medel-, median-, min- och maxvärden för analysresultaten från spolning av Söderledstunneln. Proverna togs i pumpsump under perioden 920526-941004. Den högra kolumnen visar analysresultat från en spolning, 920324, med rengöringsmedlet Tuffschampo. OBS!! I proverna ingår ett bakgrundsflöde.

Till pumpsumpen rinner ett bakgrundsflöde på ca 0,1 l/sek. Detta utgör omkring 1/3 av totalflödet under provtagningen. Prover togs även på bakgrundsflödet. Halterna i bakgrundsflödet var omkring 10% av spolvattnets halter. För att få värden på spolvattnets halter har föroreningshalterna i proverna som togs från inloppet i pumpstationen fördelats mellan grundflödet och spolvattnet i proportion till flödena. Totalt extraerbara alifatiska kolväten, opolära alifatiska kolväten, PAH, PCB och dioxin har inte räknats om. Omräkningen av halterna med hänsyn till grundflödet har en viss felmarginal. Dels på grund av osäkerhet i flödesuppskattningen och dels på grund av att flödet inte uppskattades vid alla provtagningstillfällen.

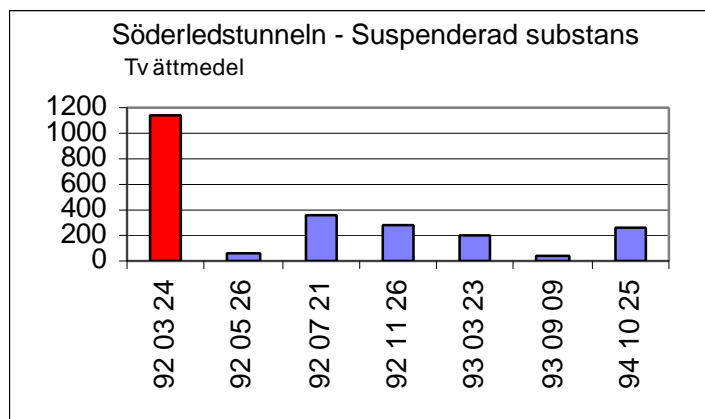
Sammanställningen över Söderledstunnelns analysresultat baseras på sju provtagningstillfällen. Rengöringsmedel användes vid ett tillfälle, i mars -92. Vid övriga tillfällen användes endast vatten som spolmedel.

Analysresultaten från Söderledstunneln kan inte jämföras med de tre andra tunnelarnas resultat. Söderledstunnelns prover togs i pumpsump medan proverna i de andra tunnelarna togs på vägbanan.

I tabell 6.4 visas framräknade halter på spolvattnet där en korrigering av de mätta halterna har gjorts på grund av den stora andelen bakgrundsflöde.

Analysparametrar	Spolningar med endast dricksvatten				Spolning med rengöringsmedel 920324
	Medel	Median	Min	Max	
Susp (mg/l)	198	229	35	358	1134
Total-P ₇ (mg/l)	1,4	0,8	0,5	4,1	4,8
Total-N ₇ (mg/l)	13	11	10	18	24
COD _{Cr} (mg/l)	243	183	117	442	1285
Kadmium Cd (µg/l)	0,9	0,9	0,4	1,5	2,6
Krom Cr (µg/l)	14	13	3	27	117
Koppar Cu (µg/l)	108	90	43	238	441
Bly Pb (µg/l)	39	29	7	107	646
Zink Zn (µg/l)	342	303	33	721	1936

Tabell 6.5. Sammanställning av beräknade medel-, median-, min- och maxvärden för analysresultaten från spolning av Söderledstunneln. Proverna togs i pumpsump under perioden 920526-941004. Den högra kolumnen visar analysresultat från en spolning, 920324, med rengöringsmedlet Tuffschampo. OBS!! Analysresultaten är omräknade med hänsyn till grundflödet.



Figur 6.4. Suspenderade ämnen i prover från Söderledstunnelns spolvatten, i pumpsumpen. Värdena korrigerade med hänsyn till bakgrundsflödet. Tvättmedel användes 920324.

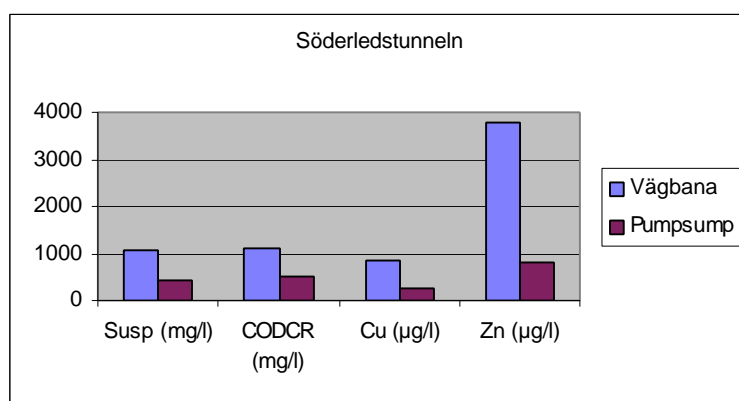
Den 21 juli 1992 togs prov både i pumpsump och direkt från vägbanan. Halterna i det spolvatten som togs i pumpstationen hade reducerats mellan 60 – 80 % jämfört med halterna i det vatten som togs direkt från vägbanan. Det troliga är att en stor del av föroreningarna hamnar i ledningssystemet med sina separata sandfång på vägen till pumpstationen.

6.1.5. Betydelsen av rening i sandfång

Det är stora skillnader på föroreningsinnehållet i spolvattnet direkt på vägbanan jämfört med innehållet sedan spolvattnet passerat ledningssystemet med sina sandfång. Spolvattnet ska alltid rinna genom ett sandfång innan det avleds vidare till reningsverk eller direkt till recipient. För att bedöma spolvattnets effekter på recipienter och reningsverk är det föroreningsinnehållet i detta vatten som är det väsentliga. En särskild utvärdering görs i det följande av de fåtaliga (3 stycken) prover som tagits efter sandfång. Proverna är:

1. Söderleden 920721, prover finns både från vägbanan och efter sandfång, figur 6.5.
2. Fredhällstunneln 951003, dock utan prov från vägbanan. Jämförelser görs med tidigare medianhalter
3. Klaratunneln 970416, prover finns från både vägbanan och pumpsump, se bilaga 8.

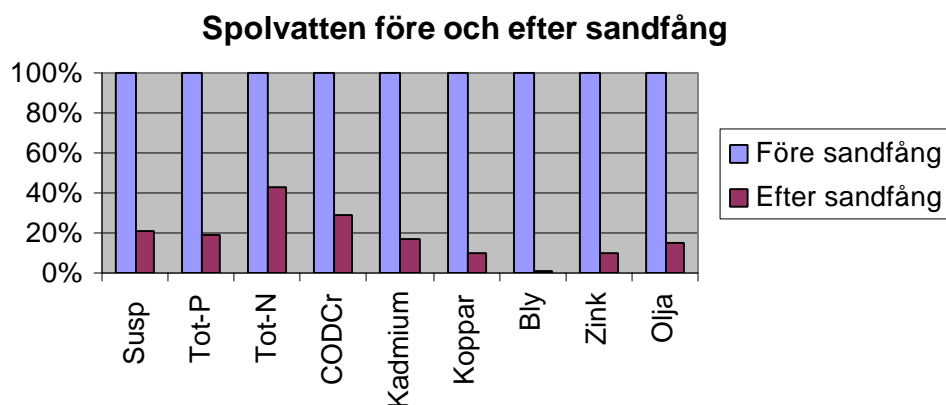
Analysvärdena redovisas i tabell 6.6 och den genomsnittliga reduktionen av föroreningarna i spolvattnet i figur 6.7.



Figur 6.5. Den 21 juli 1992 togs prov både i pumpsump och i vägbanan på Söderleden.

	Fredhällstunneln		Klaratunneln			Söderledstunneln	
	Median, denna undersökning	95 10 03	Median, denna undersökning	97 04 16	97 04 16	92 07 21	92 07 21
	Rännsten	utloppet	Rännsten	Rännsten	Sump	Rännsten	Sump, justerat
Susp (mg/l)	3111	?	8650	8600	300	1080	422
Total-fosfor (mg/l)	1,0	0,35	4,3	6,6	0,33	(1,5)	(4,7)
Total-kväve (mg/l)	17	5	14	14	8		
COD _{Cr} (mg/l)	4324	470	3370			1090	507
Cd (mg/l)	10,1	0,9	18,5	7,4	1,7	10	1,7
Cu (mg/l)	1650	160	3450	4400	200	830	270
Pb (mg/l)	-	100	-	3200	18	900	
Zn (mg/l)	7350	770	11000	16000	890	3800	821
Olja (OAK) (mg/l)	112		98,5	20	3	15	(ca 1)

Tabell 6.6. Föroreningshalter i spolvatten före och efter sandfång i rännstensbrunn.



Figur 6.6. Effekten av att spolvattnet passerar ett sandfång. Genomsnitt för en undersökning i vardera tunneln Klara, Söderleden och Fredhäll

Skillnader i uppmätta halter från de olika tunnelarna sedan vattnet har passerat sandfång är betydligt mindre än de skillnader som uppmättes i vattnet direkt från vägbanan.

Även om det bara har gjorts ett fåtal undersökningar av sandfångets betydelse för spolvattnet så är samstämmigheten i dessa undersökningar så stor att vi vågar dra slutsatsen att det sker en reduktion av de flesta föroreningarna med 80 till 90% i sandfånget. Detta är överraskande mycket mot bakgrund av vad man vet om sandfångets inverkan på dagvatten. Uppehållstiden i sandfånget är säkert avgörande och den är för spolvattnet längre än vad som är normalt för dagvatten.

Med den goda funktion som sandfången har med mycket suspenderat material som sedimenterar i brunnen, är det mycket viktigt att sandfången rensas regelbundet

6.2. Föroreningsmängder från spolvatten

Spolningen av tunnlar omfattade både väggar och vägbana. Provtagningen skedde inte under hela spolningstiden utan oftast bara vid spolning av väggarna. Vid dessa tillfällen fick väggarna ibland spolats flera gånger (se kapitel 5) men prover togs bara vid en av spolningarna. Om vi antar att proverna som tagits är representativa för hela provtagningsförloppet erhålls de totala föroreningsmängderna (från väggar+vägbana) från spolvattnet enligt tabellerna 6.7 - 6.9. (Föroreningsmängderna beräknade på detta sätt är sannolikt något överskattade).

De föroreningsmängder som rinner av direkt i rännstenen redovisas i tabellerna 6.7-6.8. I tabell 6.9 redovisas de beräknade föroreningsmängderna som lämnar tunnlar sedan vattnet passerat ledningsnätet med sandfång.

<i>Parametrar</i>	<i>Spolvatten Eugenia-Tunneln per gång</i>	<i>Spolvatten Fredhälls-Tunneln per gång</i>	<i>Spolvatten Klara-Tunneln per gång</i>	<i>Spolvatten Söderledstunneln per gång</i>
Spolvattenmängd (m ³ /gång)	69	18,5	55	112
Antal spolningar per år	2	2	9	9
Suspenderade ämnen (kg)	504	58	476	121
Total-fosfor (kg)	0,28	0,02	0,24	0,2
Total-kväve (kg)	1,9	0,3	0,8	--
Kadmium (gram)	0,7	0,2	1,0	1,1
Koppar (gram)	138	31	190	93
Bly (gram)	159	--	231	101
Zink (gram)	1242	136	605	426
Opolära alif. kolv. (kg)	3	2	5	2

Tabell 6.7 Föroreningsmängder från spolning av väggar och vägbana. Prover tagna i rännstenen från de fyra tunnlar. Söderledstunnelns mängder är baserade på endast en provtagning.

<i>Parametrar</i>	<i>Spolvatten Eugenia-tunneln per år</i>	<i>Spolvatten Fredhälls-tunneln per år</i>	<i>Spolvatten Klara-tunneln per år</i>	<i>Spolvatten Söderledstunneln per år</i>
Spolvattenmängd (m ³ /år)	138	37	495	1008
Suspenderade ämnen (kg)	1007	115	4282	1089
Total-fosfor (kg)	0,6	0,04	2	2
Total-kväve (kg)	4	1	7	
Kadmium (gram)	1,4	0,4	9	10
Koppar (gram)	276	61	1708	837
Bly (gram)	317		2079	907
Zink (gram)	2484	272	5445	3830
Opolära alif. kolv. (kg)	5	4	49	

Tabell 6.8. Föroreningsmängder per år från spolning av väggar och vägbana i avrinning i rännstenen från de fyra tunnlar. Söderledstunnelns mängder är baserade på endast en provtagning.

Värdena i tabell 6.9 från Söderledstunneln grundar sig på mätningar enbart medan värdena från övriga tunnlar är beräknade varvid en uppskattning av reningseffekten i sandfången har gjorts, se 6.1.5.

<i>Parametrar</i>	<i>Spolvatten Eugenia- Tunneln per år</i>	<i>Spolvatten Fredhälls- tunneln per år</i>	<i>Spolvatten Klara- tunneln per år</i>	<i>Spolvatten Söderleds- tunneln per år</i>
Suspenderade ämnen (kg)	201	23	856	231
Total-fosfor (kg)	0,11	0,01	0,43	0,76
Total-kväve (kg)	1,9	0,3	3,4	
Kadmium (gram)	0,3	0,1	1,8	0,9
Koppar (gram)	28	6	171	91
Bly (gram)	16		104	29
Zink (gram)	248	27	545	305
Opolära alif. kolv. (kg)	1	1	44	1

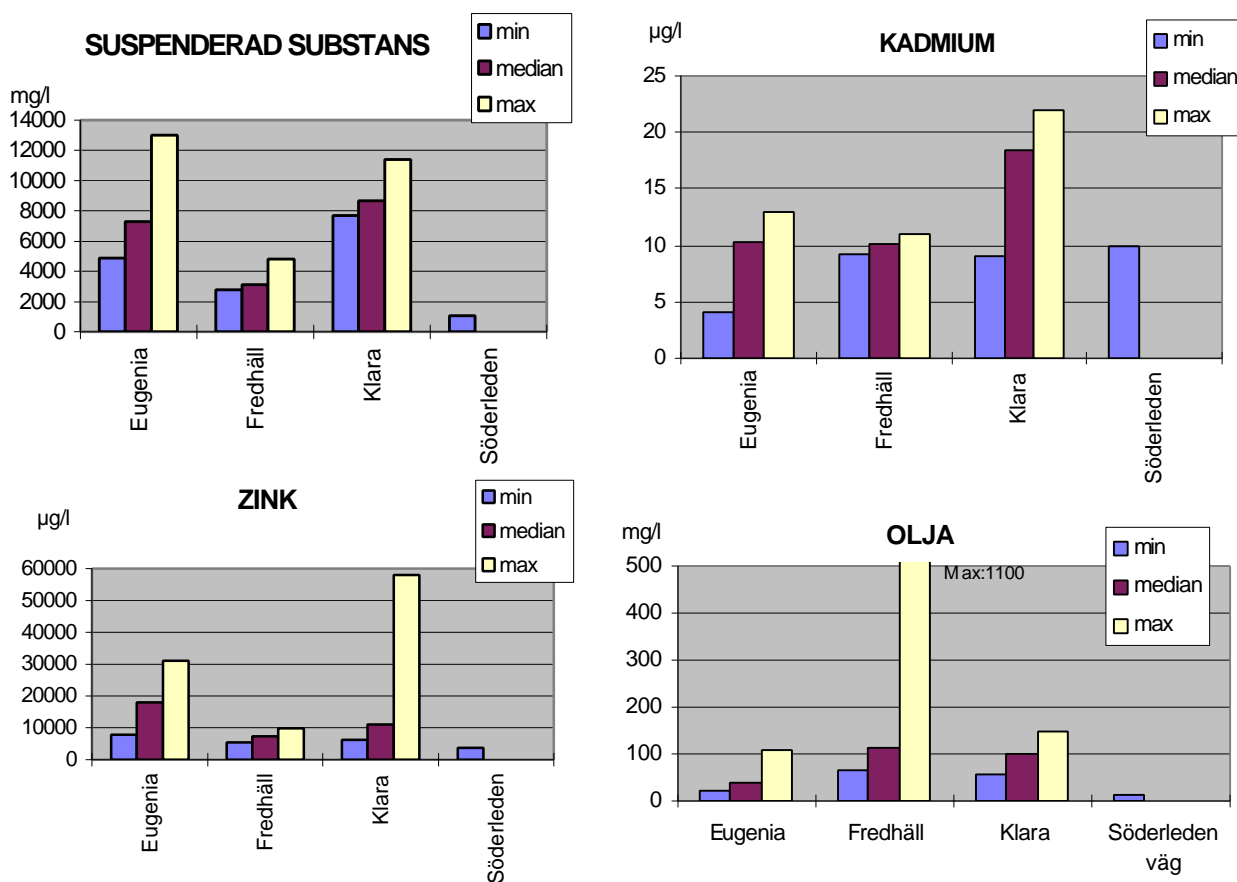
Tabell 6.9. Föroreningsmängder per år i avrinning från sandfång från de fyra tunnlarna. Söderleds-tunnelns mängder är baserade på provtagningar medan övriga värden är beräknade.

6.3. Jämförelser mellan tunnelarna, diskussion om skillnader i föroreningar

Provtagningarna av spolvattnet har visat på mycket varierande halter och mängder. De högsta halterna har oftast uppmätts i Eugenia- och Klaratunnelarna. Det enda provet från Söderledens vägbana uppvisar de lägsta halterna.

Analysparametrar	Eugenia-tunneln	Fredhälls-tunneln	Klara-tunneln	Söderleds-tunneln
Susp (mg/l)	7300	3111	8650	1080
Total-fosfor (mg/l)	4,1	1	4,3	1,5
Total-kväve (mg/l)	28	17	14	
COD _{Cr} (mg/l)	6000	4324	3370	1090
Kadmium Cd (µg/l)	10,3	10,1	18,5	10
Krom Cr (µg/l)	320	185	205	84
Koppar Cu (µg/l)	2000	1650	3450	830
Bly Pb (µg/l)	2300	-	-	900
Zink Zn (µg/l)	18000	7350	11000	3800
Olja OAK (mg/l)	38	112	99	15

Tabell 6.10. Jämförelse av tunnelarnas medianhalter. Provtagning från vägbanan. Från Söderledstunneln finns bara 1 provtagning med vatten direkt från vägbanan



Figur 6.7. Min-, median- och maxhalter för suspenderade ämnen, kadmium zink och olja. Prover tagna på vägbanan.

Variationen i föroreningshalterna kan bero på flera olika faktorer :

- provtagningsplatsen
- årstidsvariation
- användning av rengöringsmedel
- tid till föregående provtagning
- spolvattenmängder, spolfrekvens och spolteknik
- väggmaterial
- trafikbelastning
- tunnelarnas ventilation

6.3.1. Olika provtagningsplatser

I kapitel 6.1.5 visades de stora skillnader i föroreningskoncentrationer i spolvatten som finns före och efter det att spolvattnet runnit igenom ledningsnätet med sina sandfång. Trots det lilla antalet prov som tagits så är samstämmigheten i dessa undersökningar så stor att vi vågar dra slutsatsen att det sker en reduktion med 80 till 90% av föroreningarna i ledningsnätet och sandfången.

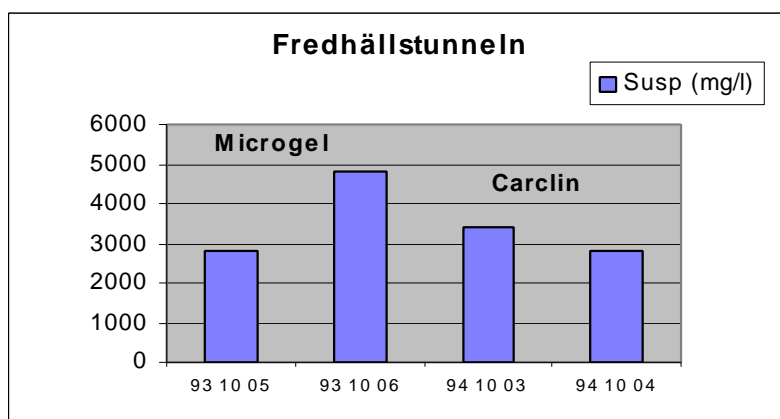
I tunnelarna passerar spolvattnet alltid genom brunnar med sandfång innan det avleds till reningsverk eller recipient. När vi senare diskuterar spolvattnets inverkan på reningsverk och recipienter är det alltså sådant spolvatten som ska utvärderas.

6.3.2. Halternas årstidsvariation

Dagvatten innehåller i allmänhet de högsta föroreningshalterna under vintern. Användning av dubbdäck och saltning av väggar kan vara förklaring på denna årstidsvariation. Det skulle kunna vara tänkbart att samma årstidsvariation fanns i föroreningarna i spolvattnet. Antalet provtagningsstillfällen och avsaknaden av vinterprovtagningar medger dock inte sådana jämförelser för spolvattnet.

6.3.3. Inverkan av rengöringsmedel

Vid spolning av Klara-, Fredhälls- och Söderledstunneln har olika spolmedel använts. Vid spolningarna i Eugeniattunneln användes inget kemiskt rengöringsmedel.

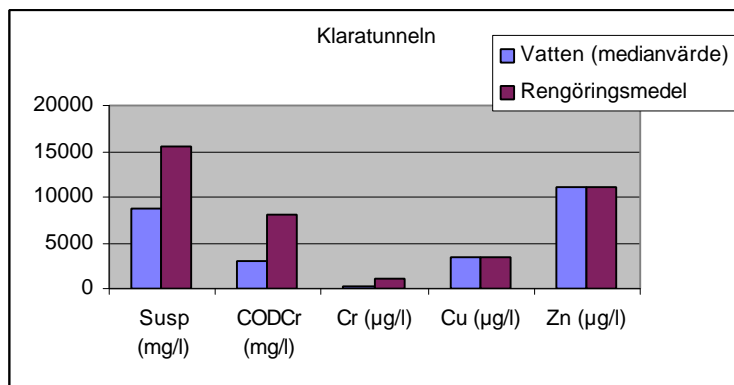


Fredhällstunneln har spolats med två olika rengöringsmedel, Microgel M och Carlin supertvätt. Inga slutsatser kan dras om vilket rengöringsmedel som är mest effektivt, se figur 6.8.

Figur 6.8 Vid spolningarna den 5 och 6 oktober 1993 användes rengöringsmedlet Microgel M. Den 3 och 4 oktober 1994 spolades tunneln med Carlin

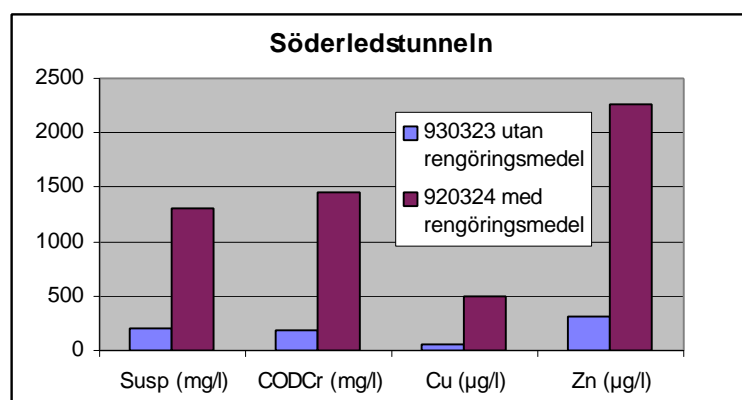
Vid spolning av Klaratunneln och Söderledstunneln har rengöringsmedel använts vid ett tillfälle i respektive tunnel.

Rengöringsmedlet Rapsody användes vid den första spolningen av **Klaratunneln** efter vintern. Spolningarna med enbart vatten gjordes på hösten. Föroreningshalterna var högre vid spolningen med rengöringsmedel, från 1,8 gånger högre än medianvärdet för spolningarna med vatten för suspenderad substans till 5 gånger högre för krom. Koppar och zinkhalten var lika hög med och utan Rapsody. Se figur 6.9. Se även bilaga 4 där halterna vid de olika spolningarna redovisas.



Figur 6.9. Visar skillnaden mellan medianhalten för spolningarna med endast dricksvatten och en spolning med rengöringsmedel.

Vid spolning av **Söderledstunneln** användes rengöringsmedlet Tuffschampo vid första spolningen efter vintern 1992. En jämförelse med motsvarande spolning 1993 utan rengöringsmedel visade att föroreningshalterna var mellan sju och nio gånger högre för suspenderad substans, COD, koppar och zink och cirka fyra gånger högre för krom då rengöringsmedel användes. Medianhalterna för spolningarna med enbart vatten för dessa ämnen var ungefär som spolningen den 23 mars 1993. Rengöringsmedel hade en väsentlig effekt på rengöringsresultatet i Söderledstunneln.



Figur 6.10. Halter i spolning med endast dricksvatten och en spolning med rengöringsmedel.

Eftersom rengöringsmedel bara har använts vid ett tillfälle i Klaratunneln respektive Söderledstunneln är underlaget litet för att kunna dra generella slutsatser. Mycket tyder ändå på att rengöringsmedel ger ett bättre rengöringsresultat.

6.3.4. Tid till föregående spolning

Antalet spolningar per år var för Eugenia- och Fredhällstunneln 2 medan de andra tunnarna spolades 9 gånger. Tiden mellan 2 spolningar varierade följaktligen mellan 1 och 6 månader. Med ökad tid mellan spolningarna bör mer föroreningar ackumuleras i tunneln. Halterna från Eugeniattunneln är också de högsta. Men halterna i Klaratunneln (1 månad mellan spolningar) var oftast högre än värdena från Fredhällstunneln (6 månader mellan spolningarna).

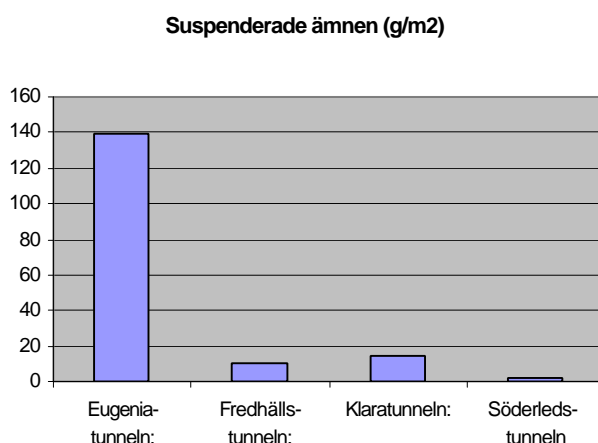
Vi kan göra en jämförelse med betydelsen av torrperioder för föroreningsinnehållet i dagvatten. Halterna ökar i allmänhet när torrperioden ökar men effekten avstannar när torrperioden blir mer än flera veckor. Vi håller det därför för osannolikt att skillnaden i tid mellan spolningar i dessa fall, 1 respektive 6 månader, har haft så stor inverkan på variationerna i föroreningshalter i spolvattnet.

6.3.5. Olika spolvattenmängder, spolningsfrekvens och spolningsteknik

Eftersom olika mycket spolvatten använts vid spolning i de olika tunnarna räknades föroreningsmängden per kvadratmeter tunnelvägg ut. För samtliga parametrar var föroreningsmängden mycket större i Eugeniattunneln jämfört med Fredhäll- och Klaratunneln. Söderledstunnelns mängder per kvadratmeter vägg är minst en tiopotens mindre än i de övriga tunnarna.

Parametrar	Eugenia-tunneln	Fredhälls-tunneln	Klara-Tunneln	Söderleds-tunneln
Spolvattenmängd (l/m ²)	19	3	2	2
Susp (g/m ²)	139	11	14	2
Total-fosfor (g/ m ²)	0,078	0,004	0,007	0,003
Cd (mg/m ²)	0,20	0,03	0,03	0,02
Cu (mg/m ²)	38	6	6	2
Zn (mg/m ²)	343	25	18	9
Olja, OAK (g/m ²)	0,7	0,4	0,2	0,03

Tabell 6.11. Beräkning av föroreningsmängd per kvadratmeter tunnelvägg och spolningstillfälle. Prover tagna i rännstenen.



Figur 6.11 Jämförelse av mängd suspenderad substans per m² tunnel för de fyra tunnarna.

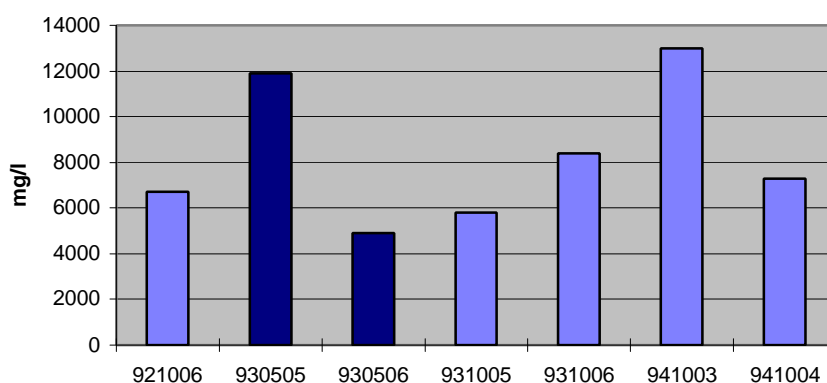
Det har gått åt 5-10 gånger så mycket vatten att spola rent Eugeniattunneln jämfört med de andra tunnarna. Halterna i Eugeniattunneln var också de högsta och då blir naturligt-

vis också föroreningsmängderna högst, oftast mer än 10 gånger högre än de andra tunn- larnas mängder räknat per m² vägg.

Vid de dokumenterade spolningarna har tre olika spolustrutningar använts i **Eugenia- tunneln**. Den variant som användes vid flest tillfällen var ett vertikalt rörformat högtrycksaggregat monterat framtill på spolbilen. Vid ett tillfälle monterades ett likartat aggregat baktill på spolbilen. Detta gav ingen märkbar skillnad från rengöringssynpunkt.

Vid spolningarna i Eugeniattunneln den 5 och 6 maj 1993 användes ett aggregat som utgjordes av fyra roterande armar försedda med varsitt sprutmunstycke som sprutade ut vatten med högt tryck. Inget tvättmedel användes i samband med dessa spolningar. Spolustrutningen gav inte någon större skillnad i halter jämfört med den ordinarie ut- rustningen. Vattenmängden var ungefär samma som vid normal spolning.

Suspenderad substans - Eugeniattunneln



Figur 6.12. Halt av suspenderad substans vid de olika spolningarna i Eugeniattunneln. De mörka staplarna är från spolningarna med en utrustning med fyra roterande armar försedda med var sitt sprutmunstycke.

Spolustrutningen användes även vid spolning av Fredhällstunneln samma datum. Tyvärr togs inga spolvattenprover från Fredhällstunneln den gången. Rengöringsresultatet i Fredhällstunneln var synligt mycket bättre än med den ordinarie utrustningen. (enligt Jan Stenlycke, SV).

6.3.6. Olika väggmaterial

Eugeniattunneln har betongsprutade bergväggar som ger en stor yta för föroreningarna att fastna på. Tunneln är relativt kort och är krökt i en båge. Eugeniattunneln hade den största föroreningsmängden per kvadratmeter vägg. Det behövdes mer vatten för att få väggarna rena jämfört med de andra tunnarna.

Fredhällstunnelns väggar är klädda med kakel/klinkerplattor som bör vara lätta att rengöra. Väggarna tvättades med kemiska rengöringsmedel. Fredhällstunneln är en relativt kort och rak tunnel. Den norra delen av tunneln ligger i backe. Föroreningsmängden per kvadratmeter vägg var ungefär lika med den i Klaratunneln se figur 6.11.

Klaratunnelns väggar är klädda med perstorpsplattor som bör var lätta att rengöra. Tunneln slingrar sig ungefär som ett S.

Söderledstunnelns väggar består av betongelement. Betong ger en relativt stor yta för föroreningarna att fastna på. Dock inte lika stor som betongsprutad bergvägg som finns i Eugeniattunneln. Tunneln är rak och är den längsta av de undersökta tunnelarna. Föroreningarna från Söderledstunnelns väggar var lägst av de undersökta tunnelarna. (Men det gjordes bara en jämförbar provtagning i Söderledstunneln).

6.3.7. Olika trafikbelastning

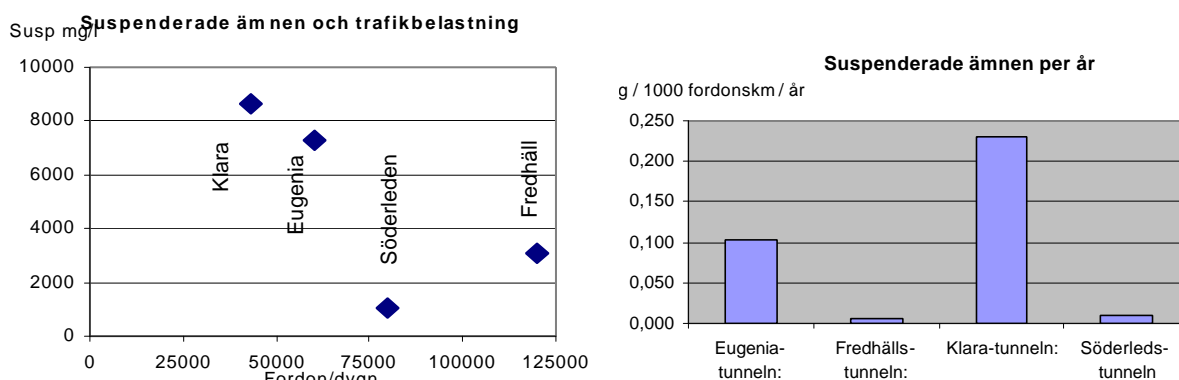
Eugeniattunneln har näst lägst trafikmängd per dygn (60000), vilket är hälften av Fredhällstunnelns trafikmängd, samt näst störst mängd tung trafik (6000).

Fredhällstunneln har den största trafikmängden per dygn (120000) samt den största mängden tung trafik per dygn (12000).

Klaratunneln har den minsta trafikmängden fordon per dygn (43000/18000) samt den minsta mängden tung trafik per dygn (ca 180-2150). Provtagningen gjordes i den stäcka i tunneln som har 43000 fordon per dygn.

Söderledstunneln har den näst största trafikmängden per dygn. Provtagningen gjordes i den del av tunneln närmast Skanstull vilken har 80000 fordon per dygn. Andelen tung trafik var näst lägst (ca 3000).

I figur 6.13 redovisas sambandet mellan trafikbelastning och föroreningar i spolvattnet.



Figur 6.13. Suspenderade ämnen i spolvattnet i relation till trafikarbetet.

Något direkt samband mellan föroreningar i spolvatten och trafikbelastning har inte gått att finna. Räknat på trafikarbete erhålls de största föroreningarna från tunnelarna med minst trafik, Eugenia och Klaratunnelarna.

6.3.8. Olika ventilation

Eugenia- och **Fredhällstunneln** har inget mekaniskt ventilationssystem. Ventilation sker genom självdrag. (Dick Gahnberg, Vägverket Region Stockholm, muntlig information)

Klaratunneln är tvärventilerad, vilket var relativt tekniskt avancerat då den byggdes. Det betyder att fläktar blåser in luft i intag i betongsockeln i väggens nedre del och blåser ut luften diagonalt tunnelsektionen i utsläpp ovan väggskivan. Fram till årsskiftet

97/98 styrdes fläktarna av koloxidmätning. Därefter styrs ventilationen hela dygnet av kvävedioxidhalten per timme enligt Miljöförvaltningens norm. (Ronny Klingmo, GFK)

Söderledstunneln är längdventilerad, vilket är ett traditionellt ventilationssystem. När bilarna kör in i tunneln med minst 30 km/h har de en självpumpande effekt, vilket betyder att de tar med sig luft in i tunneln. I södergående riktning släpps luften ut innan tunnelmynningen vid Johanneshovsbron via ventilationsskorsten. I norrgående riktning finns ventilationsskorsten vid Göta Ark vid Medborgarplatsen. Ca 50 meter innan mynningen vid Centralbron finns en öppning i väggen mellan norr- och södergående riktning. Där slussas luften över till den södergående tunneln och späds ut med luften som kommer in med bilarna från Centralbron. Vid köbildning används hjälpfläktar i taket. Fläktarna styrs av koloxidhalten i tunneln som mäts momentant. Under rusningstrafik tidsstyrs fläktarna, men det är ändå koloxidhalten som styr vid höga halter. (Ronny Klingmo, GFK).

De föroreningsmängder som alstras inne i tunnlar bör stå i proportion till biltrafiken men något sådant samband har inte gått att finna i spolvattnet. Förutom att hamna i spolvattnet kan föroreningarna antingen läggas fast och ackumuleras inne i tunnlar eller också genom ventilationen föras ut i omgivningen. Om det mesta av de resterade föroreningarna ventileras bort skulle det betyda att den bästa ventilationen finns i Söderleds- och Fredhällstunneln medan den sämsta finns i Klara- och Eugeniastunneln.

Från dagvattenundersökningar från trafikleder vet vi att en del av de föroreningsmängder som genereras av biltrafiken inte hamnar i dagvattnet från vägbanan utan sprids ut i omgivningarna. Beräkningar från Essingeleden visar att så mycket som 90% av genererade föroreningar sprids².

² Rening av vägdagvatten med lamellavskiljare. Rapport 46/98, Stockholm Vatten AB
STOCKHOLM VATTEN AB

6.4. Behandling av spolvatten

Miljöförvaltningen har tagit fram riktvärden för renat spol- och dagvatten från trafikyor vid nyproduktion. De sattes som ett första steg mot att våra sjöar och vattendrag inte ska belastas med mer föroreningar än vad de tål i ett långsiktigt perspektiv. De togs fram mot bakgrund av ekotoxikologiska data, sedimentanalyser som gjorts i Stockholms sjöar, mätvärden för trafikdagvatten och spolvatten samt reningseffekter för dessa med olika reningsmetoder. Nedan jämförs spolvatten med dessa riktvärden.

6.4.1. Avsättningsmagasinet vid Eugeniattunneln

I detta avsättningsmagasin renas spolvattnet tillsammans med dag- och dränvatten. En särskild utvärdering har gjorts och redovisas i en separat rapport³.

6.4.2. Laboratorieförsök

Se även bilaga 7.

Sedimenteringsförsök utan fällningskemikalier har gjorts på spolvattenprover från samtliga tunnelar. Från Eugenia- och Söderledstunnelarna togs 5 prover, från Fredhällstunneln 2 prover och från Klaratunneln 1 prov. Sedimenteringsförsök med fällningskemikalier har gjorts på spolvatten från Eugenia-, Klara- och Söderledstunneln. Spolvattenprover levererades till laboratoriet direkt efter provtagningen och placerades i kylrum i väntan på analys. Fällningsförsök utfördes redan samma dag som provet levererades. Vid fällningsförsöken användes satser om 8 liter. Fällningskemikalier tillsattes. Provet rördes om i 1 minut varefter det fick sedimentera i 1, 4 och 24 timmar. Prov på ca 1 liter togs ut från den övre delen av kärlet och analyserades. Spolvatten från Söderledstunneln analyserades även efter sedimentering i 2, 3, och 48 timmar.

Resultatet av försöken redovisas nedan och i bilaga 7. Jämförelser görs med Miljöförvaltningens riktvärden.

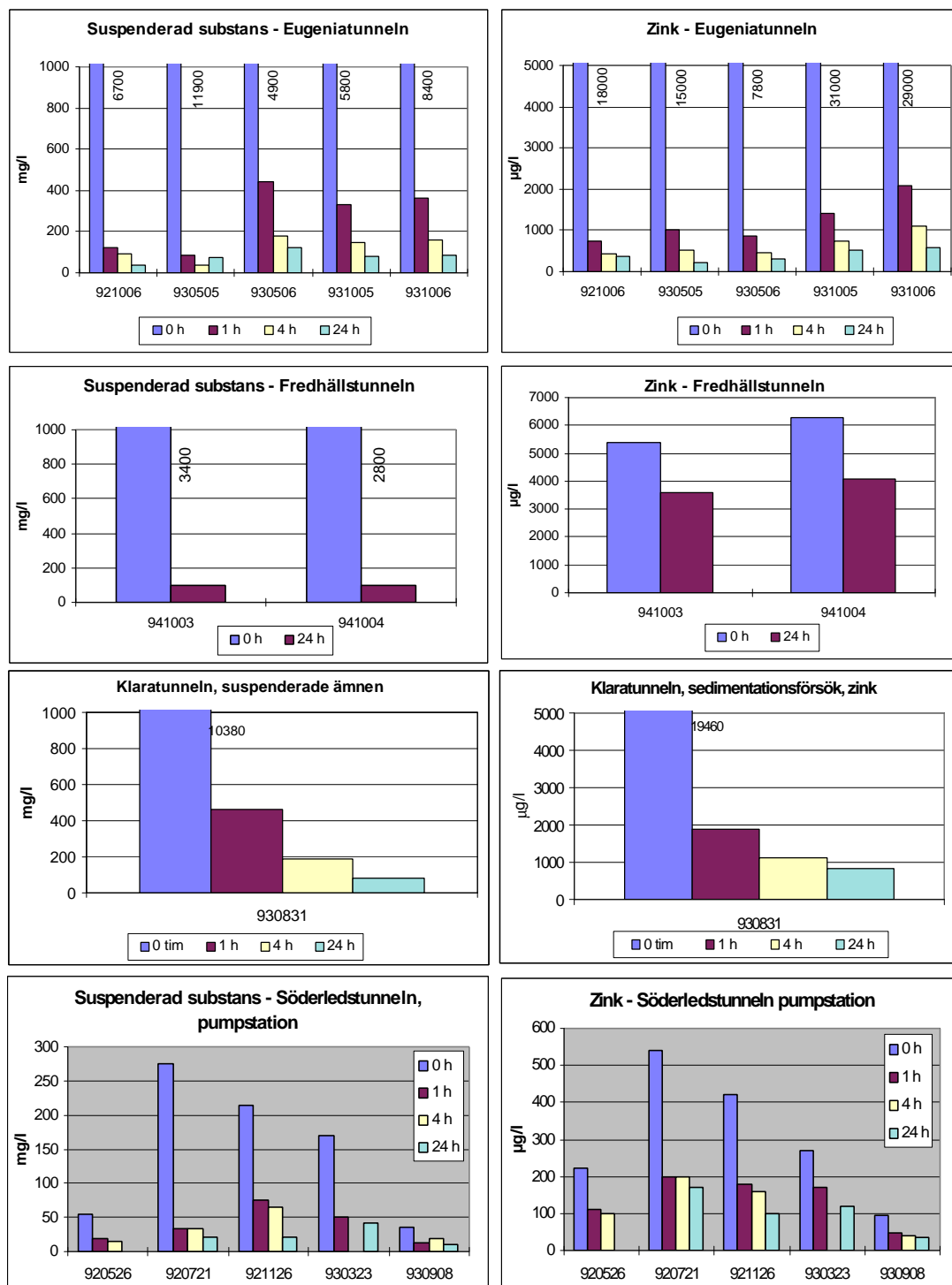
Parametrar	Eugenia			Fredhäll		Klara			Söderleden			Rikt- värden
	0 tim	1 tim	24 t	0 tim	24 tim	0 tim	1 tim	24 tim	0 tim	1 h	24 h	
Susp (mg/l)	8300	270	70	3100	100	10380	500	80	160	38	38	
Tvt-P (mg/l)	4	1,1	0,6	-	-	6	1,4	0,5	1,1	0,4	0,6	
Cd (µg/l)	10	0,8	0,4	-	-	22	4	1,5	0,8	0,4	0,4	0,2
Cr (µg/l)	300	50	30	-	-	460	50	10	11	3	2	50
Cu (µg/l)	2000	300	200	1800	800	3200	600	400	80	38	32	50
Pb (µg/l)	2000	170	40	-	-	2100	600	160	30	12	5	50
Zn (µg/l)	19800	1200	390	5900	3800	19500		19400	260	140	110	100

Tabell 6.13. Halter i spolvatten, sedimenteringsförsök, medelvärden

Laboratorieförsöken med "normalt" spolvatten från Söderleden (sedan det passerat sandfång) visade att en kontrollerad sedimentering ger ett renat spolvatten som i allmänhet underskrider Miljöförvaltningens riktvärden.

³ Dagvatten till Norra Länkens avsättningsmagasin.

³ Råd enligt miljöskyddslagen och begäran om upplysningar för dagvatten från trafikleder och trafikplatser med utsläpp till recipienter samt råd för spolvatten till reningsverk, Miljöförvaltningen 950622



Figur 6.14. Sedimentering av spolvatten i lab-miljö, försök utan fällningsmedel. **OBS! Halterna i ordnat spolvatten visas ej skalenligt..**

De något mindre intressanta försöken med spolvatten taget direkt i rännstenen visade på en kraftig reduktion redan efter en timmes sedimentering. Detta överensstämmer med den funna goda avskiljningen i sandfången i tunnelarnas ledningssystem. Men trots en reduktion av föroreningarna på mer än 90 % är halterna fortfarande högre än Miljöförvaltningens riktvärden. Längre sedimenteringstid än 1 timme ökade reduktionen marginellt. Tillsats av olika fällningsmedel förändrade inte reduktionen särskilt mycket heller.

I försöken med vatten från Söderledstunnelns pumpstation uppnåddes riktvärdena i 60% av försöken.

6.4.3. Rening av spolvatten i Klaratunneln

En ombyggnad av pumpsumpen för Klaratunnelns spolvatten gjordes 1997. Pumparna höjdes 20 cm över pumpsumpens botten och en skärm sattes runt pumparna. Pumpsumpen fungerar därefter som en sedimenteringsbassäng. Analyser av spolvatten före och efter sedimentering gjordes 1997 och 1999, rapporterna biläggs, bilagorna 8 och 9.

De flesta analyserna visar att Miljöförvaltningens riktvärden kan underskridas genom att rena spolvatten med sedimentering. Det är endast zink som inte reduceras tillräckligt mycket.

	970417	990925	Riktvärden
Kadmium (Cd) µg/l	1,3	0,2	< 0,2
Krom (Cr) µg/l	2	< 10	< 50
Koppar (Cu) µg/l	46	59	< 50
Bly (Pb) µg/l	< 1	< 20	< 50
Zink (Zn) µg/l	5200	160	< 100
Olja (OAK) mg/l	0,3	0,7	< 5

Tabell 6.14. Renat spolvatten från Klaratunnelns pumpsump. Halter jämförda med Miljöförvaltningens riktvärden.

6.5. Spolvattnets inverkan på recipient och reningsverk

6.5.1. Jämförelser med dagvatten och spillvatten

Nedan jämförs spolvatten med dagvatten från inloppet till avsättningsmagasinet vid Norra Länken (provtagning 1994-1995) samt spillvatten som kommer in till Henriksdals avloppsreningsverk.(1994). Halterna i spolvattnet är de som uppmäts i rännsten samt beräknats efter sandfång.

Analysparametrar	Spolvatten		Dagvatten	Spillvatten (1994)	
	I rännsten	Efter sandfång		Orenat	Renat
Susp (mg/l)	5000	1000	248	230	10
Total P (mg/l)	2,8	1	0,4	4,9	0,38
Total N (mg/l)	17	8	2,3	33	22
Cd (µg/l)	10	1	0,5	0,3	<0,1
Cu (µg/l)	1800	200	99	58	<10
Pb (µg/l)	1500	100	61	8,8	<1
Zn (µg/l)	9000	900	399	115	31
Opolära alifatiska kolväten. (mg/l)	100	15	4,2	-	-
PAH total. (µg/l)	60	5-10	12 ?	0,3	

Tabell 6.15. Jämförelse mellan spol- och dag- och spillvatten.(Spolvatten i rännsten har satts lika med medianvärden från tabell 6.10. Värdena för spolvatten efter sandfång är mycket osäkra).

För en rättvisande jämförelse av spolvattnet med dag- och spillvatten måste halterna efter sandfång användas (dagvattenprover tagna i ledningssystemet efter sandfång). Vi kan då konstatera att halterna av näringsämnen och tungmetaller är ungefär dubbelt så höga i spolvattnet jämfört med dagvattnet från Norra Länken.

6.5.2 Inverkan på recipienter

Beräkningar har gjorts av föroreningsbelastningen till Brunnsviken. En uppdelning har gjorts i spol- och dagvatten till avsättningsmagasinet, utsläpp från magasinet samt övriga utsläpp.

Den totala föroreningsmängd som spolvattnet bidrar med per år kan anses vara liten.

Analysparametrar	Spolvatten Eugenia-Tunneln, till rening	Dag och dränvatten Eugeniattunneln, till rening	Spol-, dag- och dränvatten till Brunnsviken, efter rening	Övrigt dag- och dränvatten till Brunnsviken
Suspenderade ämnen (kg)	200	10000	3600	10000
Total-fosfor (kg)	0,1	14	6	30
Kadmium, Cd (kg)	0,0003	0,02	0,01	0,1
Koppar, Cu (kg)	0,03	4,2	1,6	7
Zink, Zn (kg)	0,25	16	7	16
Olja, opolära alifat. kolv. (kg)	1	120	30	150

Tabell 6.16. Föroreningsmängder med spol- och dagvatten till Brunnsviken

6.5.3. Inverkan på reningsverk

Varje år avleds ca 1500 m³ spolvatten från Klara- och Söderledstunneln till Henriksdals reningsverk. Det totala bidraget per år är mycket litet, mindre än 0,01% men de höga föroreningshalterna i spolvattnet ger en punktbelastning på reningsverket i samband med spolningstillfället. År 1994 kom 1% av blytillförseln från spolvatten under det dygn som spolningen skedde.

<i>Analysparametrar</i>	<i>Total föroreningsmängd från Klara- och Söderledstunneln</i>	<i>Total föroreningsmängd in till Henriksdal</i>	<i>Klara- och Söderledstunnelnarnas andel i procent %</i>
Cd (kg/dygn)	0,0003	0,07	0,4
Cu (kg/dygn)	0,03	15	0,2
Pb (kg/dygn)	0,02	2,2	0,7
Zn (kg/dygn)	0,1	29	0,3

Tabell 6.17. Spolvattenföroreningarnas andel av belastningen på Henriksdals reningsverk under ett dygn då spolning äger rum. Spolvattnets föroreningsmängder är efter sandfång.

Spolvattnet innehåller flerfaldigt högre halter tungmetaller än vanligt spillvatten. Eftersom det är förhållandevis enkelt att rena spolvatten genom sedimentering bör detta naturligtvis göras innan spolvattnet avleds till reningsverken.



Figur 6.15. Spolvatten från Eugeniattunneln

Att spolvatten tidvis kan var mycket förorenat framgår tydligt av vidstående figur!

7. Slutsatser

Om undersökningens upplägging

Renspolningen av vägbanan och väggar gjordes med 2 eller flera spolningar, i varje fall i Eugenia- och Klaratunnlarna. Den manuella provtagningen har i dessa fall inte omfattat hela spolningsförloppet utan bara den första, sannolikt mer förorenade spolningen. De föroreningsmängder från spolvatten som har beräknats har härigenom överskattats. För att få ett rättvisande resultat av en sådan här undersökning måste provtagning ske under hela spolningen.

Än större betydelse har valet av provtagningsplats haft. Provtagningar har skett dels direkt i rännstenen (3 tunnlar), dels i ledningssystemet efter att vattnet passerat rännstensbrunnar med sandfång (1 tunnel). Sandfång i dagvattensystem har en mycket begränsad reningseffekt på suspenderat material men i denna undersökning av spolvatten synes effekten vara mycket stor, 80-90% reduktion av suspenderat material, fosfor och tungmetaller. Parallella undersökningar med provtagningar på båda ställena samtidigt har emellertid inte gjorts i så stor utsträckning att de funna resultaten kännetecknas av stor exakthet. Men att sandfången har stor betydelse står klart och därför är det mycket viktigt att sandfången rensas regelbundet.

Föroreningshalter i spolvatten

De mycket höga föroreningshalterna som erhöles vid provtagning från vägbanan reduceras alltså med 80-90% då spolvattnet passerar rännstensbrunnar och ledningssystem. Trots detta ligger halterna högre än Miljöförvaltningens riktvärden för bly, kadmium, koppar, krom, zink, OAK och PAH. Halterna är 2-4 gånger högre än trafikdagvatten från vägar med mer än 20000 fordon per dygn.

Skillnader mellan spolvatten från olika tunnlar

Det var skillnader i föroreningshalter i spolvattnet från olika tunnlar. Men säkerheten i denna iakttagelse begränsas av att tunnlar med de högsta halterna, Eugenia- och Klaratunneln också verkar vara de som var svårast att rengöra och fick spolas 2 till 4 gånger medan provtagningen bara skedde under den första spolningen.

Faktorer som verkar ha störst betydelse för spolvattnets kvalitet är.

- Att det finns sandfång i ledningsnätet.
- Väggar av sprutad betong ger det mest förorenade spolvattnet
- Användning av tvättmedel ger ett mer förorenat spolvatten.

Mindre betydelse på spolvattnets kvalitet har vi i denna utredning funnit att trafikarbetet har vilket är lite märkligt. Även skillnader i spolningsintervall, mellan 1 och 5 månader, verkar ha liten betydelse för spolvattnets kvalitet.

Behandling av spolvatten

De sedimenteringsförsök som gjorts i laboratorium visar en hög effektivitet, oftast 80-90% rening av suspenderat material och tungmetaller. MF:s riktvärden uppnåddes i 2/3 av försöken med vatten från Söderledens och Klaratunnlarnas pumpstationer (alltså med spolvatten som passerat sandfång).

Spolvattenmängderna per år är små om vi ser till totalbelastningen på sjöar och reningsverk. Föroreningshalterna i spolvatten är höga och det har visat sig relativt enkelt att rena spolvatt-

net, ofta ner till halter som underskrider Miljöförvaltningens riktvärden. Rening av spolvatten med sedimentation med uppehållstiden 24 timmar bör vara tillfyllest innan spolvattnet leds vidare till reningsverk eller recipient.

Bilageförteckning

	Bilaga nr
Analysmetoder	1
Partikelstorlek	2
Analys av spolvatten, Eugeniattunneln	3.1
PAH-analys från Eugeniattunneln	3.2
Analys av spolvatten, Fredhällstunneln	4
Analys av spolvatten, Klaratunneln	5
Analys av spolvatten, Söderledstunneln	6.1
Obehandlat spolvatten med hänsyn till grundflödet	6.2
PAH-analys från Söderledstunneln	6.3
Sedimenteringsförsök i laboratorium	7
Klaratunneln 1997	8
Klaratunneln 1999	9