



TEKNISKA HÖGSKOLAN

HÖGSKOLAN I JÖNKÖPING

**VATTENSKYDD MOT
VÄGFÖRORENINGAR**

Magdalena Dahlin

Sofie Jansson

EXAMENSARBETE 2009

Byggnadsteknik



TEKNISKA HÖGSKOLAN

HÖGSKOLAN I JÖNKÖPING

VATTENSKYDD MOT VÄGFÖRORENINGAR

WATER PROTECTION AGAINST ROADPOLLUTION

Magdalena Dahlin

Sofie Jansson

Detta examensarbete är utfört vid Tekniska Högskolan i Jönköping inom ämnesområdet Byggnadsteknik. Arbetet är ett led i den treåriga högskoleingenjörsutbildningen. Författarna svarar själva för framförda åsikter, slutsatser och resultat.

Handledare: Matti Envall (Vägverket SSÖt)
Mats Engberg (Jönköpings Tekniska Högskola)

Omfattning: 15 Högskolepoäng

Datum: 090602

Arkiveringsnummer:

Abstract

Along the public transport network a number of water protection areas have been constructed. The water protection areas have been built to ensure that water which is used as drinking water does not become contaminated by road pollution. This work has been done to verify that the protection functions correctly.

Today, information on how the water protection areas function is insufficient and controls has therefore been made of three water protection areas in the Jönköping region. The protection areas are located near Sävsjö, Eksjö and Aneby. The designs of the protection areas are different and there is a debate about the most appropriate choice for the separation of road pollution. A verification of the maintenance work has been made.

A comparison of the three protection methods concludes that the road water should be led through watertight pipes before it is transported into the sedimentation dam, in order to prevent sedimentation from taking place during the transport, which could lead to difficulties in locating where the sedimentation of the pollution takes place. The top layer in the dam can be designed with either a compact moraine layer or a layer of crushed rock. The choice will affect how quickly the sedimentation layer will build up. If a compact moraine layer is chosen it should include vegetation to bind the sediment and to lower the speed of the water. Some form of infiltration should be placed after the dam to take care of any remaining pollutants.

Since all water from a longer stretch of road is transported to one point, all the pollution from that stretch will be collected in a water protection area which is connected to the water supply. If the water is not treated correctly the protection area can become a negative source instead of positive. Better monitoring of how the water protection areas work is needed, to ensure that the water supply is not affected. Today the maintenance of the water protection areas is inadequate, which could lead to them not functioning correctly. Clearer instructions on how to maintain the water protection areas should therefore be developed.

When constructing a new water protection area, samples should be taken after a certain time to check that the protection works as intended.

Sammanfattning

Utmed det allmänna trafiknätet finns idag ett flertal anlagda vattenskyddsåtgärder. Vattenskydden har anlagts för att säkerställa att yt- och grundvattentäkter inte blir förorenade av vägdagvattnet. Arbetet har utförts för att kontrollera att skyddens funktion uppfylls.

Idag är informationen om hur skyddsåtgärderna fungerar bristfällig och kontroll har därför gjorts av tre vattenskydd i Jönköpingstrakten. Skydden ligger placerade i närheten av Sävsjö, Eksjö och Aneby. Utformningen av skydden är olika och en diskussion har förts kring lämpligaste valet för avskiljning av vägföroreningarna. En kontroll har gjorts av hur väl driften sköts och hur den kan påverka vattenskyddets reningsförmåga.

Jämförelsen av de tre skydden har resulterat i en slutsats att vägdagvattnet bör ledas genom täta ledningar fram till sedimentationsdammarna för att undvika att sedimentation av vägföroreningarna sker under transporten vilket försvårar lokaliseringen av förorenat sediment. Utformningen av dammarna kan ske antingen med ett kompakt moränlager alternativt makadamlager överst. Valet kommer påverka hastigheten av sedimentlagrets uppbyggnad. Väljs en damm med ett kompakt moränlager bör den förses med vegetation för att sediment ska bindas och för att sänka genomströmningshastigheten. Dammarna bör om möjligt placeras så att inga höga staket behöver byggas runt för att bibehålla säkerheten. Detta för att skydden ska bli en naturlig del i landskapsmiljön. Vattnet bör efter genomströmning av dammen infiltreras i marken som ett sista reningssteg.

Genom att vägföroreningarna från en längre vägsträcka samlas i en punkt som står i förbindelse med vattentäkten kan skydden bli en negativ källa i stället för positiv om vattnet inte renas som beräknat. Bättre uppföljning av vattenskydden funktion behövs för att förhindra att skydden påverkar vattentäkterna negativt vid eventuella fel i utformningen. Idag sköts driften bristfälligt på vissa platser vilket kan leda till att skydden inte fungerar som planerat. En tydligare instruktion för hur driftplanerna ska följas bör tas fram.

Vid uppförande av nya vattenskydd bör provtagning ske inom rimlig tid för att fastställa att det fungerar enligt beskrivning.

Nyckelord

Vattenskydd	vägdagvatten
sedimentationsdammar	vägföroreningar
driftplan	skyddsområde

Förord

Vi vill tacka

vår handledare **Matti Envall**, Vägverket, för att han har ställt upp, engagerat sig och hjälpt oss med vårt examensarbete.

Per Wackt och **Ulf Willstrand**, Vägverket, som har svarat på frågor angående drift och underhåll av vattenskydden.

Ingela Tärnåsen, Länsstyrelsen, som ställde upp med utlåning av provtagningsutrustning.

Matilda Dahlin, Alcontrol, som har ställt upp och svarat på frågor angående provtagning och provresultat.

Magdalena Dahlin

Sofie Jansson

Innehållsförteckning

I	Inledning	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	SYFTE OCH MÅL	1
1.3	GENOMFÖRANDE	1
1.4	AVGRÄNSNINGAR	2
2	Allmänt om vattenskydd.....	3
2.1	LAGAR OCH BESTÄMMELSER	3
2.2	VÄGFÖRORENINGAR	4
2.3	VATTENSKYDD.....	5
2.4	DRIFTPLAN	8
3	Undersökta vattenskydd	10
3.1	VATTENSKYDD SÄVSJÖ	10
3.2	VATTENSKYDD EKSJÖ	13
3.3	VATTENSKYDD ANEBY	15
4	Provtagning	19
4.1	VATTENPROVTAGNING	19
4.2	SEDIMENTPROVTAGNING	21
4.3	PROVTAGNINGRESULTAT	24
5	Uppföljning av driftplaner	26
5.1	SÄVSJÖ	26
5.2	EKSJÖ	26
5.3	ANEBY.....	26
6	Resultat	27
6.1	TRANSPORT AV VATTNET TILL DAMMARNAS	27
6.2	DAMMARNAS UTFORMNING	28
6.3	BARRIÄREFFEKTER I DAMMARNAS	30
6.4	DAMMARNAS PLACERING I VATTENSKYDDSSYSTEMET	30
6.5	ANPASSNING TILL OMGIVNINGEN	30
6.6	UTVÄRDERING AV VATTENSKYDDEN	31
7	Uppföljning och åtgärder	33
8	Referenser.....	34
9	Sökord	36
10	Bilagor.....	38

I Inledning

I.1 Bakgrund

Under en 10-årsperiod har Vägverket byggt ett flertal vattenskyddsåtgärder utmed Sveriges vägar. Det finns idag ca 400 vattenskyddsåtgärder utmed vägnätet. Skyddsåtgärderna består av olika typer av tätskikt, kantsten, räcken, brunnar, ledningar och dammar. Dessa har utförts för att skydda olika yt- och grundvattentäkter från negativ påverkan från förorenat vägdagvatten och från olyckor med farligt gods.

Uppföljning och utvärdering om skyddsåtgärderna har gett önskat resultat är i flera fall bristfällig.

I.2 Syfte och mål

Syfte är att utvärdera samt funktionsbeskriva olika typer av vattenskydd, samt ta fram riktlinjer för framtida planering och projektering av vattenskyddsåtgärder. Funktionsbeskrivningen ska täcka hela processen från projektering till drift och underhåll.

Målet är att ta reda på frågorna:

- Har vattenskyddsåtgärderna fungerat som önskat? Om inte, hur kan man åtgärda de problem som finns.
- Har driftplanerna följts? Om inte, kan det ha påverkat skyddets funktion?
- Har vattenskydden utformats korrekt för att ge önskat resultat?

I.3 Genomförande

För att få en uppföljning på om vattenskyddsåtgärderna har gett önskat resultat kommer ett antal vattenskydd att granskas ingående. Bedömningen görs i huvudsak utifrån hur bra vattnet renas från vägföroreningarna under genomflödet av sedimentationsdammen. Kontroll kommer ske av hur väl driftplanerna för de olika skydden har följts och om det kan ha påverkat dammarnas funktion och reningseffekt.

Prover kommer att tas på vatten och sediment i sedimentationsdammarna. Analys med avseende på kända vägföroreningar kommer sedan att göras på laboratorium.

I.4 Avgränsningar

Undersökning kommer att utföras på tre vattenskydd som Vägverket har utfört. Skydden har valts efter geografisk placering och ligger inom Jönköpings närområde; Sävsjö, Eksjö och Aneby.

Kontrollen av vattenskydden kommer främst att ägnas åt undersökning av sedimentationsdammarnas funktion. Prover kommer att tas på vatten och sediment från dammarna. Proverna kommer att analyseras med avseende på de kända vägföroreningarna; metaller (bly, koppar, kadmium, zink), polycykliska aromatiska kolväten (PAH), klorid och olja. Utifrån resultatet av provtagningen kommer en bedömning att göras av hur väl vattenskyddsåtgärden fungerar.

2 Allmänt om vattenskydd

2.1 Lagar och bestämmelser

2.1.1 Miljöbalken

Det är länsstyrelse eller kommun som tar fram bestämmelserna om hur yt- och grundvattentäkter ska skyddas. Bakomliggande lagar för detta finns i Miljöbalken 7 kap, vattenskyddsområden.

21 § Ett mark- eller vattenområde får av länsstyrelsen eller kommunen förklaras som vattenskyddsområde till skydd för en grund- eller ytvattentillgång som utnyttjas eller kan antas komma att utnyttjas för vattentäkt.

22 § För ett vattenskyddsområde skall länsstyrelsen eller kommunen meddela sådana föreskrifter om inskränkningar i rätten att förfoga över fastigheter inom området som behövs för att tillgodose syftet med området. Om det behövs, får länsstyrelsen eller kommunen föreskriva att skyltar eller stängsel skall sättas upp och att annans mark får tas i anspråk för detta. Föreskrifterna skall gälla omedelbart, även om de överklagas.

Länsstyrelsen eller kommunen får meddela dispens från föreskrifter som den har meddelat för ett vattenskyddsområde, om det finns särskilda skäl.

En länsstyrelse får överlåta åt den eller de kommunala nämnder som skall fullgöra kommunens uppgifter inom miljö- och hälsoskyddsområdet att på ansökan av den som berörs av ett beslut enligt första stycket medge undantag från beslutet. Vidare får bestämmas att anmälningar om en verksamhet eller åtgärd inom ett vattenskyddsområde skall göras hos den kommunala nämnden. Lag (2002:175). [7]

2.1.2 Naturvårdsverkets allmänna råd om vattenskyddsområden

Naturvårdsverket har kompletterat miljöbalkens lagar med ytterligare text för att ge en större förståelse.

21 § Länsstyrelse och kommun bör verka för att vattenskyddsområden skapas för åtminstone samtliga allmänna vattentäkter och större enskilda egna eller gemensamma vattentäkter. Även grund- och ytvattentillgångar, som kan antas komma att utnyttjas för vattentäkt, bör skyddas. Ett vattenskyddsområde bör omfatta vattentäktens tillrinningsområde, såvida inte beslutsunderlaget visar att skyddssyftet kan uppnås genom fastställande av ett mindre område som vattenskyddsområde.

Vid avgränsningen av ett vattenskyddsområde för yt- eller grundvattentäkt bör särskilt övervägas om befintliga verksamheter eller anläggningar, som kan ha betydelse för att uppnå syftet med vattenskyddsområdet, behöver ligga inom skyddsområdet för att på så sätt omfattas av föreskrifterna för vattenskyddsområdet.

Ett vattenskyddsområde bör också kunna omfatta en grus- och sandförekomst som har betydelse för vattenförsörjningen och som genom sin förmåga att rena eller härbärgera vatten kan användas för konstgjord grundvattenbildning genom infiltration av ytvatten. Ett område för återinfiltration av grundvatten bör också kunna omfattas.

22 § Föreskrifter för vattenskyddsområden bör utformas så att de säkerställer ett tillräckligt skydd på både kort och lång sikt, dvs. i ett flergenerationsperspektiv. De bör anpassas efter lokala förhållanden och efter skyddsbehovet. [8]

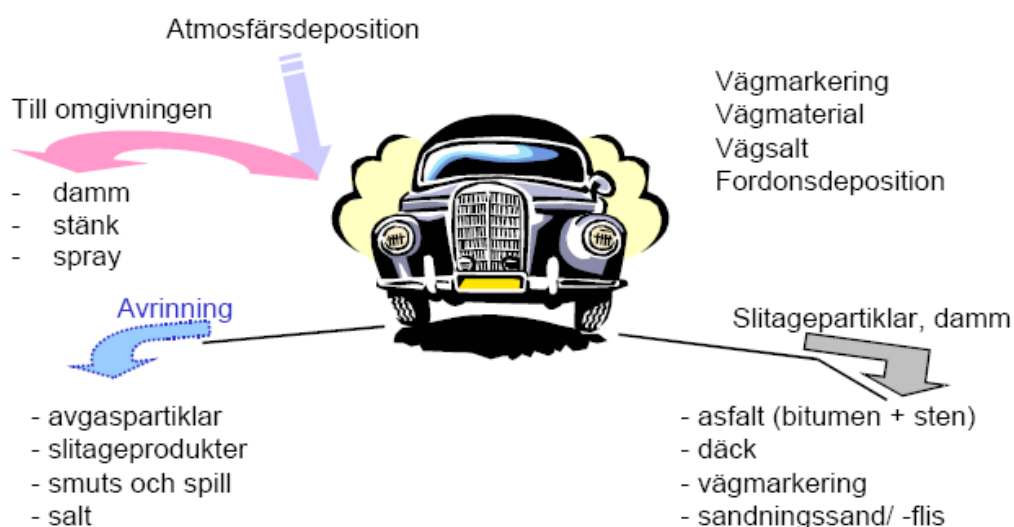
2.1.3 Europaparlamentets och rådets direktiv

Anvisningar för hur täkter ska behandlas finns också i Europaparlamentets och rådets direktiv om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område artikel 8.

3. Medlemsstaterna skall säkerställa erforderligt skydd för de identifierade vattenförekomsterna i syfte att undvika försämring av deras kvalitet för att minska den nivå av vattenrening som krävs för framställning av dricksvatten. Medlemsstaterna får upprätta säkerhetszoner för dessa vattenförekomster. [14]

2.2 Vägföroreningar

Föroreningarna från vägen kommer främst från avgaser, smörjolja, korrosion, vägbana, katalysatorer, däck och bromsbelägg, se figur 1.



Figur 1. Källor och spridning av vägföroreningar [19]

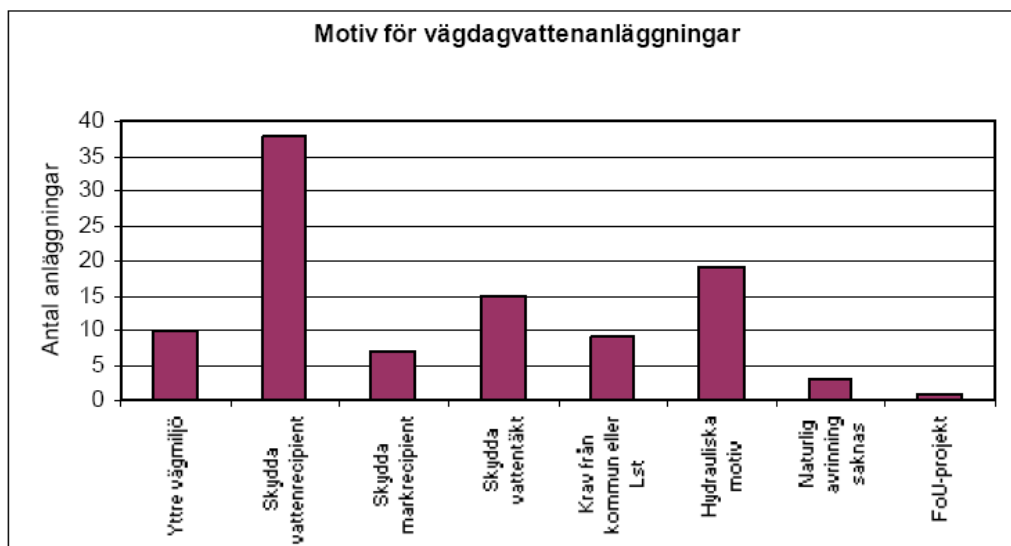
I stoftet som bildas genom slitage av vägbeläggning och däck ingår ett flertal farliga ämnen, bl.a. zink (Zn), kadmium (Cd) och bly (Pb). Det finns också spår av de miljöfarliga ämnena kolväten, PAH, i vägbeläggningen samt i vägbeläggningens bindemedel, bitumen. PAH-föroreningar frigörs också vid slitage av gummidäck. Nötningen av bromsbelägg leder till utsläpp av främst koppar (Cu), Zn och Pb. Från vägstolpar, skyltar och räcken frigörs främst metallen Zn. Även vägsaltet, natriumklorid (NaCl), som sprids på vägarna för att förhindra halka kan påverka omgivningen negativt. [5]

På grund av att föroreningarna binds olika, kommer det att behövas olika typer av reningsprocesser. Kolvätena är oftast bundna till partiklar medan metallerna kan vara partikelbundna alternativt lösa beroende på vilken metall det är. Olja har lägre densitet än vatten och lägger sig därför som ett skikt på vattenytan. [10]

Vägföroreningarna påverkar naturen och människan på olika sätt. Höga halter av Zn är giftigt för vattenlevande organismer och växter. Cd orsakar störningar i naturen i form av störd fortplantning och hämmad tillväxt. Det påverkar även människans njurar. Pb kan leda till benskörhet, skador på nervsystemet och kan ge fosterskador. Höga halter av Cu är farligt för vattenlevande organismer men påverkar endast människan i mycket höga halter. Människan påverkas inte av vägsaltet, men en ökad halt natrium, Na, och klorid, Cl, kan ge sämre vattenkvalitet. De kan bland annat bidra till att ledningarna angrips i högre grad, förhöjd hårdhet, metall- och saltsmak. Flera av PAH- ämnena är cancerogena. Oljan påverkar sjöbottens levande organismer och kan förstöra vattentäkten helt. [3][6][9]

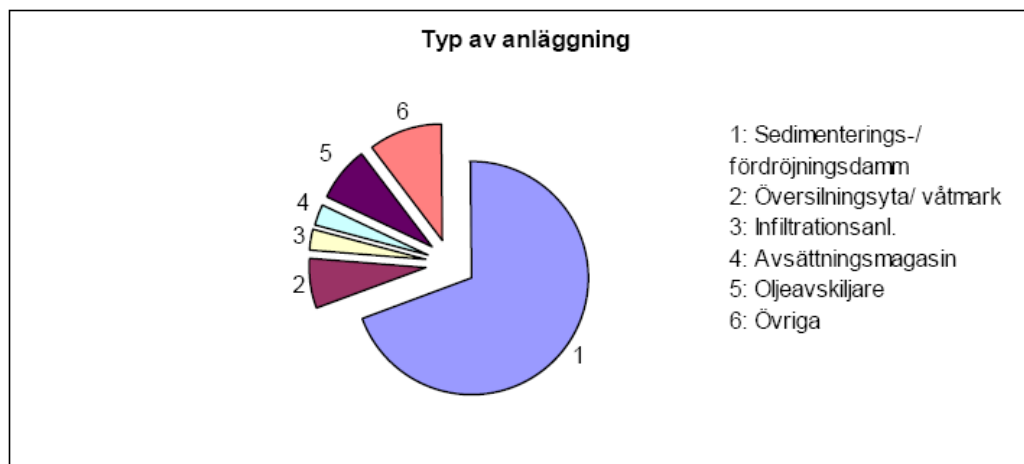
2.3 Vattenskydd

Det finns ett flertal olika motiv som ligger bakom anläggning av vattenskydd. Olika anledningar och fördelning till varför vattenskydd byggs ges i figur 2.



Figur 2. Motiv för anläggning av vägdragvattendammar i Sverige [18]

Olika typer av metoder används idag för att hindra föroreningar från våra vägar att via vägdagvattnet hamna i våra täkter, se figur 3. Det ska även hindra läckage vid olyckor med farligt gods från att hamna i våra yt- och grundvattentäkter. Skyddsåtgärd väljs med avseende på att avledning av vägdagvattnet inte ska leda till översvämningar, skadliga grundvattensänkningar, skador på dränering eller skador på vattentäkter eller annan känslig miljö. [5]



Figur 3. Andelen av olika typer av anläggningar för behandling av vägdagvatten längs det allmänna vägnät i Sverige [18]

2.3.1 Sedimentationsdamm

Sedimentation är den enskilda processen som bidrar mest till avskiljandet av fasta bundna föroreningar. I sedimentationsdammen renas vägdagvattnet framför allt genom sedimentation som sker på grund av att hastigheten på vattenflödet sänks.

Sedimentationsdammarna kan antingen utföras som torr eller våt damm. En våt damm är alltid vattenfylld dock med skiftande vattendjup beroende på mängden inkommande vatten. Den torra dammen töms mellan avrinningstillfällena.

Effektiviteten hos dammen påverkas av hydrologin, hydrauliken och reningsprocessen. Ett korrekt vattendjup i dammen är viktigt för att förhindra att bottenmaterial slammas upp eller eroderas bort. Bottendjupet får inte bli större än att nedbrytningsförhållandena är aeroba, syrerika. Aeroba förhållanden behövs för att tungmetaller ska bindas i bottensedimenten. Skulle anaeroba, syrefattiga, förhållanden gälla skulle metallerna frigöras genom kemiska processer. För att lugna ner strömningen i vattnet vid botten är det önskvärt med viss mängd rotfasta växter som underlättar sedimentationen. Sedimentationen påverkas av partiklarnas storlek, densitet och form. [10][15]

Dammen utformas oftast för att en fördröjning på cirka ett dygn ska uppnås. Uppehållstiden väljs för att få en rimlig tid för att hinna förhindra skada på tåkten vid olycka med farligt gods.

2.3.2 Översilningsyta

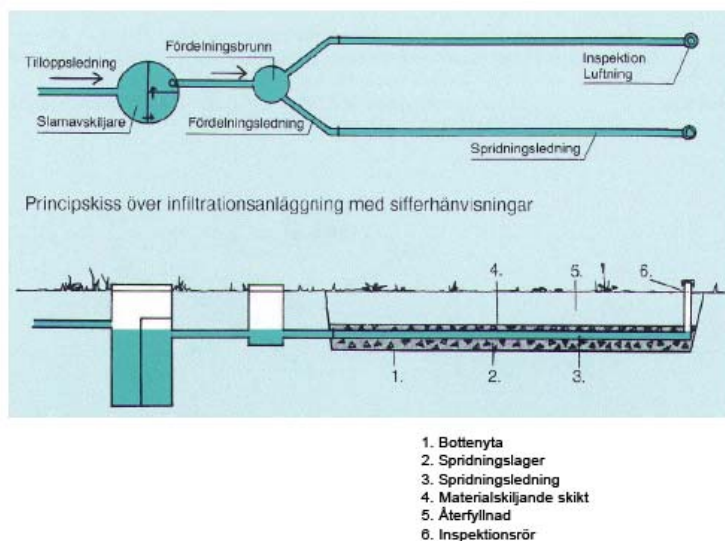
Översilningsyta består av en vegetationsklädd yta av tätväxande gräs, se figur 4. Ytan är till för att samla upp föroreningar och fördröja avrinningen. Vattnet filtreras in i marken via översilningsytan. Under markinfiltrationen fastnar de partikelbundna föroreningarna, tungmetaller och PAH, i jordens porer.[15]



Figur 4. Översilningsyta vid Aneby [16]

2.3.3 Infiltrationsanläggning

Infiltrationsanläggning kan användas som sista steg innan vattnet släpps ut i tåkten. Vattnet renas genom att de transporteras genom den befintliga marken. Vid infiltrationen binds partiklar och föroreningar till jorden. Vid kompakta jordarter, lera, får markbädd anläggas för att skapa en god infiltration. [15]



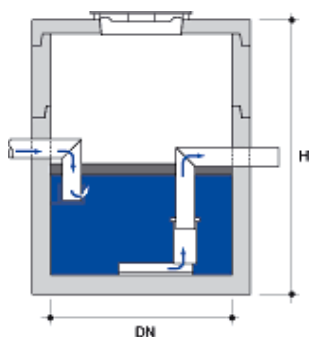
Figur 5. Principskiss över infiltrationsanläggning [21]

2.3.4 Avsättningsmagasin

Vid nederbörd samlas vägdagvattnet i ett magasin där det uppehålls i ett visst antal timmar innan det pumpas ut. Partiklar och föroreningarna sedimenterar i bassängen. [1]

2.3.5 Oljeavskiljare

Normalt sett är oljemängden i vägdagvattnet så pass låg att sedimentationsdammen är tillräcklig för att ta hand om oljeföroreningen. För att förhindra påverkan vid större oljeläckage kan oljeavskiljare placeras vid dammens inlopp. Oljeavskiljaren fungerar genom att oljan/bensinen har lägre densitet än vattnet och på så vis lägger sig på vattenytan och därifrån kan avskiljas. [15]



Figur 6. Oljeavskiljare [22]

2.4 Driftplan

Enligt Vägverket ska alla öppna vägdagvattenanläggningar ha en driftplan. Det kan även finnas krav på kontrollprogram. Driftplanen ska innehålla beskrivning av anläggningen, tidsintervall för drift och underhåll samt inspektionsprotokoll, skötselanvisningar för tekniska detaljer (ex. oljeavskiljare och pumpar) och dokumentation av utförda inspektioner och åtgärder.[15]

2.4.1 Inspektion och skötsel

Anläggningen ska regelbundet inspekteras med avseende på funktion och tekniska installationer. Inspektionen ska ske minst två gånger per år, på våren efter snösmältning och på hösten i augusti-september. Det ska också alltid ske efter olyckor. De viktigaste inspektionspunkterna är inlopp, utlopp, vattendjup, vegetation och tekniska installationer.

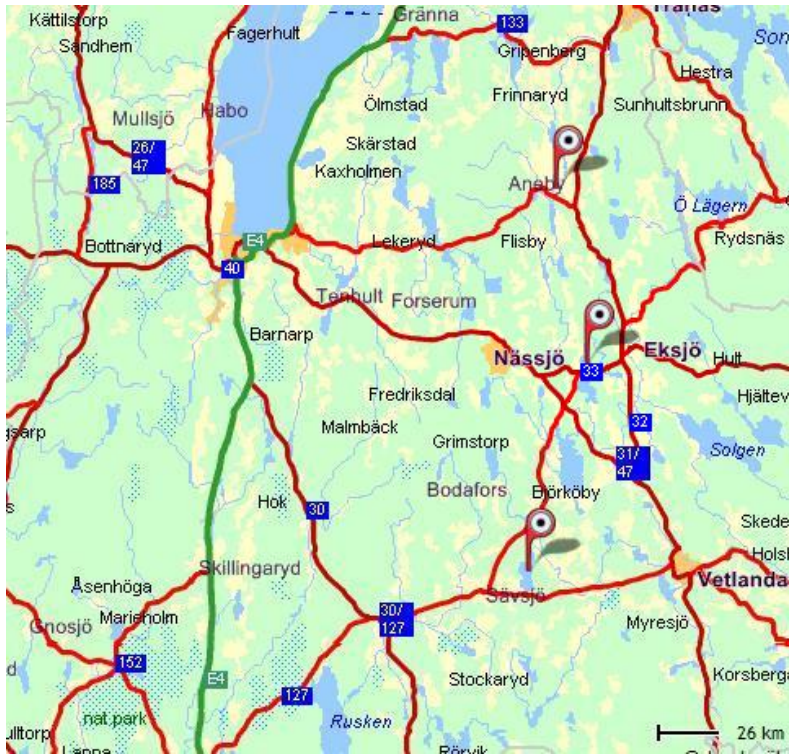
Skötsel ska ske av vegetation, översilningsyta, sedimentations-, fördröjningsdamm och tekniska installationer. Vegetationen rensas till önskad mängd i och omkring dammarna samt på översilningsytan. Sediment ska rensas bort i sedimentations- och fördröjningsdammen när det finns risk för partikeltransport till utloppet eller när sedimenten stör anläggningen. Tekniska installationer ska rensas, rengöras och smörjas.[15]

2.4.2 Sedimenthantering

Tillväxten av sediment beror på vägdagvattnets innehåll av uppslammat material och hur mycket av detta som transporteras till dammen och sedimenterar där. Sediment tas bort när mängden har blivit för stor eller risk finns för att det ska följa med till utloppet. Sediment bör tas bort när vattennivån är låg eller dammen nästan är naturligt torrlagd. Beroende på om slammet ska tas omhand inom området eller transporteras bort används olika metoder för att ta upp sedimentet. När sedimentet används på plats grävs det upp med hjälp av grävmaskin. Ska massorna transporteras bort utnyttjas istället slamsug. Materialet får endast användas på plats om innehållet av farliga ämnen understiger vissa angivna värden. Hög halt förorenat material i slammet ger klassningen farligt avfall och massorna måste då omhändertas på godkänd behandlingsanläggning. [15]

3 Undersökta vattenskydd

Tre vattenskydd kommer att kontrolleras, två ytvattenskydd och ett grundvattenskydd. Ytvattenskydden ligger i Sävsjö och Eksjö och grundvattenskyddet finns placerat utanför Aneby.



Figur 7. Skyddens lokalisering[17]

3.1 Vattenskydd Sävsjö

Vattenskyddet har byggts för att skydda ytvattentäkten Vallsjön som utnyttjas av tätorten Sävsjö. Det byggdes år 2003 och syftet var att minska risken för föroreningar från olycka med farligt gods samt föroreningar från vägdragvatten (saltning, däckrester mm) att hamna i tækten. Inga reservvattentäkter finns att tillgå och behovet att säkra vattenkvaliteten var stor. Vägen ligger inte i direktkontakt med sjön men korsar vattendrag som har sin avrinning i Vallsjön. Årsdygnstrafiken (ÅDT) för väg 127 är 2491 fordon per dygn varav 413 är tung trafik. [13]

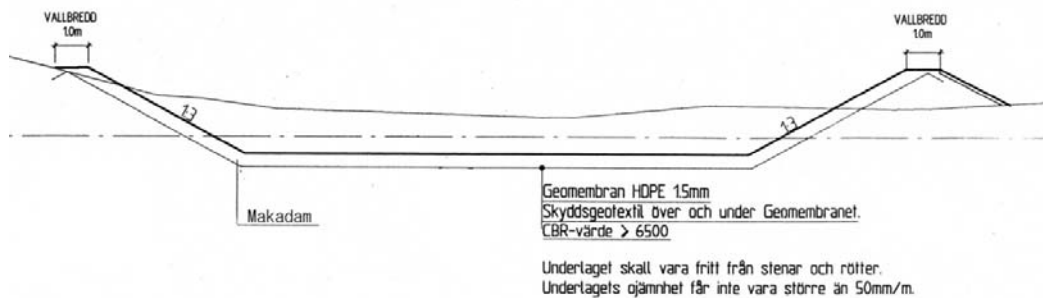
3.1.1 Skyddsåtgärder

Materialet i dikena utmed väg 127 har bytts ut mot finkorniga jordar och en sedimentationsdamm med tillhörande oljeavskiljare och avstängningsanordning har byggts på området. Vägdragvattnet leds via de täta dikena till

sedimentationsdammen. När vattnet har passerat genom dammen släpps det ut i en närliggande bäck som rinner ut i Vallsjön. [13]

3.1.2 Damm- och områdesbeskrivning

Dammen har en permanent vattenvolym på cirka 400m³. Sedimentationsdammen är uppbyggd med ett skyddslager i botten bestående av geomembran som har placerats mellan två skyddsgeotextiler. Uppe på geotextilen har ett cirka 500 mm tjockt skikt med makadam, 32-64 mm, lagts ut.[13]



Figur 8. Sektion av dammen i Sävsjö [25]

Diken består av ett tätt moränskikt på ca 300mm som ska förhindra infiltration i marken och leda vägdagvattnet till dammen. Ovanpå moränskiktet ligger ett lager med makadam.[13]

Dammen ligger placerad i direkt kontakt med vägen i kanten av ett hygge. Ingen vegetation finns i närheten av dammen som kan leda till att växtrester hamnar i vattnet och förmultnar på botten. I dammen fanns endast en mindre mängd vass vid inloppet.

Stora mängder grodyngel var synliga i dammen.



Figur 9. Sedimentationsdamm Sävsjö [16]

3.1.3 Driftplan

I skyddet ingår en driftplan samt en beredskapsplan. Drift- och underhåll av vattenskyddet ska ske genom följande hantering.

All hantering av massor och slam m.m. skall ske enligt Vägverket region sydösts (VSÖ:s) riktlinjer för omhändertagande av vägdikesmassor, slam från dagvattenbrunnar, oljeavskiljare och vägdammar samt snö”.

Skyddsåtgärd	Återkomsttid
<u>Fördröjningsdamm</u>	
Inspektion av dammens funktion och kondition	1 gång varannan månad
Kontroll av avstängningsfunktion i avstängningsbrunn	1 gång/år
Rensning av in- och utloppsledning samt avstängningsbrunn och oljeavskiljare	Vid behov eller 1 gång/år
Uppsugning av olja i oljeavskiljare	Vid behov
Uppsugning av oljerester på vattenyta	Vid behov
Slamsugning <i>(Viktigt att underliggande tätskikt (geomembran) ej skadas)</i>	När bottensedimenten överstiger 10 cm eller vart 3:e år
Slätter och rensning av damm samt upptagning och borttransport av växtdelar	1 gång/år i augusti
Dammområde, fritt från buskar och träd till 95 %	fritt från buskar och träd till 95 %
<u>Täta vägdiken</u>	
Inspektion av dikenas funktion och kondition <i>(Skada skall åtgärdas inom 3 dygn)</i>	Var 14:e dag
Tätskikt av morän, (vägdiken)	Fria från rotsystem av buskar och träd
Slätter av täta vägdiken samt upptagning och borttransport av slätterrester. <i>(Viktigt att inte det skyddande jordlagrets tjocklek skadas, om så sker skall tjockleken återställas till 0,3 meter samt åtgärdas inom 3 dygn)</i>	1 gång/år i juni
<u>Serviceväg till damm</u>	
Vintertid	Ingen snövall mellan serviceväg och väg 127 samt max 20 cm snödjup på servicevägen

Tabell 1. Skötselansvisningar Sävsjö [25]

3.2 Vattenskydd Eksjö

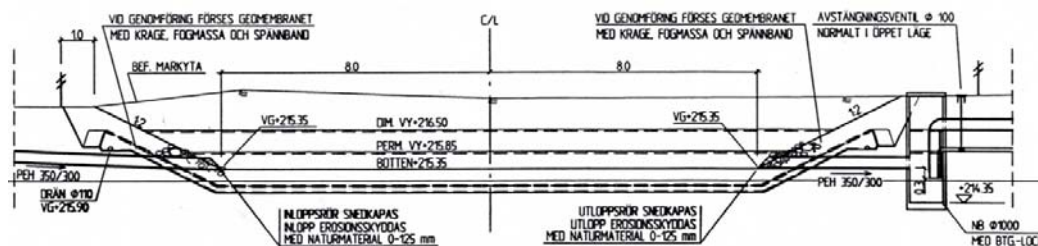
Väg 33 passerar nära sjön Norra Vixen som är Eksjös vattentäkt. Vattenskyddet byggdes 2002. Skyddet ska hindra vattentäkten från föroreningar från eventuell olycka med farligt gods och vägavgvatten. Risken för att föroreningar från vägen skulle kunna ta sig ned till sjön på grund av närheten var stor innan skyddet uppfördes. ÅDT för väg 33 är 6518 fordon per dygn varav tung trafik 868 fordon per dygn. [12]

3.2.1 Skyddsåtgärder

Kantsten och vägräcke (högkapacitetsräcke samt vanliga vägräcke) har placerats utmed vägen på aktuell sträckning. Vägavgvattnet rinner ner genom dagvattenbrunnar till ett ledningssystem som utmynnar i sedimentationsdammen. Dammen har kompletterats med avstängningsanordning, Avstängningsanordningen ligger väster om sjön. När vattnet har transporterats genom dammen infiltreras det genom den befintliga marken som ett sista reningssteg. [12]

3.2.2 Damm- och områdesbeskrivning

Sedimentationsdammen har en permanent vattenvolym på cirka 100m^3 . Dammen är underifrån uppbyggd av en geotextil, 200mm makadam med storleken 16-32mm, skyddsgeotextil, geomembran på 1.5mm, skyddsgeotextil och 500mm tjockt skyddslager bestående av siltig sandmorän. Ett extra lager med makadam har placerats vid in- och utlopp. [12]



Figur 10. Sektionsritning av dammen i Eksjö [24]

Vägavgvatten leds till sedimentationsdammar via ledningssystem med dagvattenbrunnar. Ledningssystemet och dagvattenbrunnarna är placerade ut med kantstenarna. [12]



Figur 11. Kantsten och vägräcke Eksjö [16]

Sedimentationsdammen ligger cirka 20m från vägen in i skogen. Området närmast sedimentationsdammen är rensat från träd och buskar. Dock hamnar stora mängder löv och kvistar i dammen. Kaveldun växte i stort sett på hela dammbotten.

En stor variation av vattenlevande djur fanns i dammen.



Figur 12. Sedimentationsdamm Eksjö [16]

3.2.3 Driftplan

I skyddet ingår en driftplan samt en beredskapsplan. Drift och underhåll av vattenskyddet ska ske genom följande hantering.

All hantering av massor och slam mm skall ske enligt VSÖ:s ”riktlinjer för omhändertagande av vägdikesmassor, slam från vägdagvattenbrunnar, oljeavskiljare och vägdammar samt snö”.

Skyddsåtgärd	Återkomsttid
<u>Avskiljnings-/fördröjningsdammar</u>	
Inspektion av dammens funktion och kondition	2 gånger/år
Inspektion av in- och utloppsledning, ev rensning av föremål	2 gång/år
Inspektion av brunnars funktion Slamsugning vid behov	2 gång/år
Kontroll av avstängningsventil och uppmärkning	2 gång/år
Dammslänter: Kontroll och rensning	2 gång/år
Slamkontroll av sedimentationsdamm	Vartannat år
Damm: slamsugning av bottenlam (Viktigt att underliggande tätskikt ej skadas)	Utförs när botten sediment överstiger 30 cm
Uppsugning av ev. oljerester på vattenyta	Vid behov
Dammområde skall vara fritt från buskar och träd till 95 %	Vid behov
<u>Servicevägar till dammar</u>	
Snöröjning vintertid	Vid behov i samband med eventuell olycka

Tabell 2. Skötselansvisningar Eksjö [24]

3.3 Vattenskydd Aneby

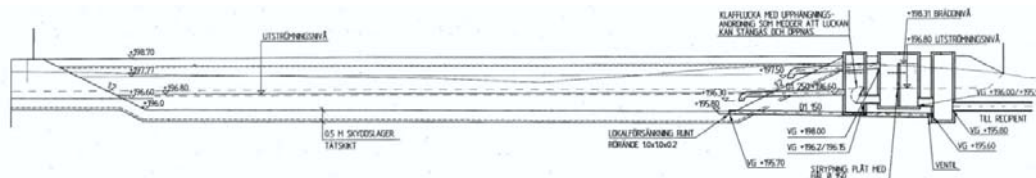
Skyddet har utformats för att minska risken för att Aneby kommuns grundvattentäkt ska skadas vid olycka med farligt gods samt från föroreningar från vägdagvatten. Byggnationen av skyddet skedde år 2003. Risken för att vattentäkten skulle ha påverkats vid olycka med farligt gods innan skyddet byggdes bedömdes som stor. ÅDT för väg 132 är 1495 fordon per dygn varav 212 fordon är tungtrafik. [11]

3.3.1 Skyddsåtgärder

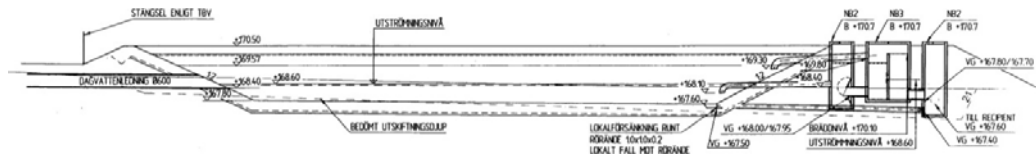
För att skydda vattentäkterna samlas vägdagvattnet upp i täta diken och avleds till två sedimentationsdammar med tillhörande oljeavskiljare och avstängningsanordning. Från dammarna leds vattnet i täta ledningar som övergår i diken till ett översilningsområde. De öppna dammarna är utförda med en vattenfylld del samt med strypning av utloppet. Öppna dammar har valts för att kunna separera oljan. Eftersom allt vatten inte har kunnat ledas till dammarna på grund av höjdförhållandet har diken breddats och fördjupats så att en mindre damm har erhållits i direkt anslutning till bäcken. [11]

3.3.2 Damm- och områdesbeskrivning

Den stora dammen som är placerad utmed vägen har en permanent vattenvolym på 170m³ och den lilla dammen har en permanent vattenvolym på 128m³. Sedimentationsdammen är uppbyggd med ett skyddslager i botten bestående av ett geomembran med överliggande geotextil därefter ett lager sand och därpå en geotextil. Överst ligger ett makadamskikt på 300mm. [11]



Figur 13. Sektion, stora dammen i Aneby [23]



Figur 14. Sektion, lilla dammen i Aneby [23]

Dikena är utformade med ett tätt geomembran med ett ovanpå liggande skikt av makadam. [11]

De två sedimentationsdammarna är belägna cirka en kilometer ifrån varandra. Den ena dammen ligger i anslutning till vägen, i gränsen mellan en åker och ett skogsområde. Dammens inlopp var beväxt med vass. Den andra dammen längre nedströms ligger en bit in från vägen på åkermark med ett fåtal träd i anslutning till dammen. Viss växtlighet fanns vid både in- och utlopp.

Ett antal mindre vattendjur levde i de båda dammarna.



Figur 15. In- och utlopp, stora sedimentationsdammen Aneby [16]



Figur 16. In- och utlopp, lilla sedimentationsdammen Aneby [16]

3.3.3 Driftplan

I skyddet ingår en driftplan samt en beredskapsplan. Drift- och underhåll av vattenskyddet ska ske genom följande hantering.

All hantering av massor och slam mm skall ske enligt VSÖ:s ”riktlinjer för omhändertagande av vägdikesmassor, slam från dagvattenbrunnar, oljeavskiljare och vägdammar samt snö”.

Skyddsåtgärd	Återkomsttid
<p><u>Avskiljnings-/fördröjningsdammar</u></p> <p>Inspektion av dammens funktion och kondition</p> <p>Inspektion av in- och utloppsledning</p> <p>Inspektion av brunnars funktion Slamsugning vid behov</p> <p>Kontroll av avstängningsluckors funktion</p> <p>Dammlänter: Kontroll</p> <p>Damm: slamsugning av bottenslam (Viktigt att underliggande tätskikt ej skadas)</p> <p>Uppsugning av ev. oljerester på vattenyta</p> <p>Dammområde skall vara fritt från buskar och träd till 95 %</p>	<p>Varannan månad</p> <p>1 gång/år</p> <p>1 gång/år</p> <p>1 gång/år</p> <p>1 gång/år</p> <p>Vart 3:e år eller när bottensediment överstiger 30 cm</p> <p>Vid behov</p> <p>Vid behov</p>
<p><u>Täta vägdiken</u></p> <p>Inspektion av dikenas funktion och kondition (Skada skall åtgärdas inom 3 dygn)</p>	<p>Var 14:e dag</p>
<p><u>Översilningsområdet</u></p> <p>Inspektion av översilningsområdets funktion och kondition</p> <p>Rensning av diken</p> <p>Gräset slås ca 10 cm ovan mark. Avslaget gräs bortforslas till avsedd deponi.</p> <p>Översilningsområdet: Fritt från buskar och träd till 95 %</p>	<p>Varannan månad</p> <p>Vid behov</p> <p>1 gång/år under slutet av augusti eller vid behov</p> <p>Vid behov skall detta utföras mellan den 15 april och 15 juni</p>
<p><u>Servicevägar till dammar</u></p> <p>Snöröjning vintertid</p>	<p>Vid behov i samband med eventuell olycka</p>

Tabell 3. Skötselansvisningar Aneby [23]

4 Provtagning

Provtagningen genomfördes för att ta reda på hur mycket sedimentationsdammarna reducerar föroreningsinnehållet i vattnet. Det gjordes även för att få en uppfattning om var föroreningarna sedimenteras samt för att se att vägdagvattnets föroreningar transporterades till dammarna. En okulärbedömning gjordes av om det såg ut att finnas någon oljehinna ovanpå vattenytan samt om diken såg ut att vara intakta och rätt utformade. Den allmänna skötseln av vattenskyddet kontrollerades.

Vatten- och sedimentprover skickades till laboratorium, ALS Scandinavia AB, för analys.

4.1 Vattenprovtagning

Vattenprover togs vid in- och utlopp för att se om halterna av vägföroreningar minskade under genomströmningen av sedimentationsdammen.

Vattenproverna har analyserats med avseende på tungmetaller (Zn, Cd, Cu och Pb) samt klorid.

Kloridhalten har kontrollerats eftersom en höjning av värdet är en bra indikator på att vägdagvattnet transporteras till dammen. Bakgrundsvärdena i mark- och grundvatten för klorid ligger på mellan 10-20mg/l. [2]

De olika halterna jämfördes mot Naturvårdsverkets riktvärden se tabell 4 och 5. Olika värden gäller för ytvatten och grundvatten.

För fullständig resultat av vattenprovtagningen se bilaga 1.

Metaller	Enhet	mindre allvarligt	måttligt allvarligt	Allvarligt	mycket allvarligt
Cu	mg/l	<0,009	0.009-0.030	0.030-0.090	>0.090
Cr	mg/l	<0,015	0.015-0.045	0.045-0.150	>0.150
Cd	mg/l	<0,0003	0.0003-0.001	0.001-0.003	>0.003
Pb	mg/l	<0,003	0.003-0.010	0.010-0.030	>0.030
Zn	mg/l	<0,060	0.060-0.180	0.180-0.600	>0.600

Tabell 4. Riktvärden för ytvatten [20]

Metaller	Enhet	mindre allvarligt	måttligt allvarligt	Allvarligt	mycket allvarligt
Cu	mg/l	<2	2.0 - 6.0	6.0 - 20.0	>20.0
Cd	mg/l	<0.005	0.005-0.015	0.015-0.050	>0.050
Pb	mg/l	<0.010	0.010-0.030	0.030-0.100	>0.100
Zn	mg/l				

Tabell 5. Riktvärden för grundvatten [20]

4.1.1 Sävsjö

Vattenprover togs vid inlopps- och utloppsledningen av dammen. Sedimentationsdammen hade klart vatten utan inblandning av humusämnen. Värdena är jämfört mot riktvärden för ytvatten.

	Enhet	Sävsjö Inlopp	Sävsjö Utlopp
Cu	mg/l	0,0023	<0.0020
Cd	mg/l	<0.0020	<0.0020
Pb	mg/l	<0.010	<0.010
Zn	mg/l	<0.0030	<0.0030
Klorid	mg/l	87	84,6

Tabell 6. Vattenprover (halterna Cd och Pb kan även vara så låga att det skulle vara godkända)

4.1.2 Eksjö

Sedimentationsdamm hade hög grumlighet i vatten på grund av humushalten. Prover togs där in- och utlopp antog finnas, eftersom ledningarna inte var synliga. Värdena är jämfört mot riktvärden för ytvatten.

	Enhet	Eksjö Inlopp	Eksjö Utlopp
Cu	<i>mg/l</i>	0,0088	0,0047
Cd	<i>mg/l</i>	<0.0020	<0.0020
Pb	<i>mg/l</i>	<0.010	<0.010
Zn	<i>mg/l</i>	0,0473	0,0098
Klorid	<i>mg/l</i>	90,2	93,7

Tabell 7. Vattenprover(halterna Cd och Pb kan även vara så låga att det skulle vara godkända)

4.1.3 Aneby

Prover på vattnet togs vid inlopp och utlopp av både den lilla och stora dammen. Vattnet i den lilla dammen hade viss grumlighet. Värdena är jämfört mot riktvärden för grundvatten.

	Enhet	Aneby S Inlopp	Aneby S Utlopp	Aneby L Inlopp	Aneby L Utlopp
Cu	<i>mg/l</i>	0,0119	0,0057	0,0067	0,0055
Cd	<i>mg/l</i>	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020
Pb	<i>mg/l</i>	0,014	<0.010	<0.010	<0.010
Zn	<i>mg/l</i>	0,0332	<0.0030	<0.0030	<0.0030
Klorid	<i>mg/l</i>	1580	682	727	684

Tabell 8. Vattenprover

4.2 Sedimentprovtagning

Sedimentprover togs om möjligt där vattnet började lugna ned sig efter inströmning och precis innan vattnet tog fart vid utloppet, eftersom sedimentationen där antogs vara som störst. Provtagning gjordes med hjälp av ekmanhuggare.

Ekmanhuggaren fungerar på så sätt att två klaffluckor spänns upp och därefter placeras den i sedimenten. Ett lod släpps ned så att klaffluckorna stängs och sedimentprovet kan tas upp.



Figur 17. Ekmannhuggare [16]

Analys av sedimentproverna gjordes för tungmetaller (Zn, Cd, Cu, Pb), PAH och olja.

PAH:erna är indelade i grupperna cancerogena och övriga.

Oljehalten är kontrollerad för alifater >C16-C35.

De olika halterna jämfördes mot Naturvårdsverkets riktvärden se tabell 6 och 7. På grund av att värden för sjösediment inte finns har metaller kontrollerats mot värden för havssediment och PAH:er och olja mot riktvärden för förorenad mark.

För fullständig resultat av sedimentprovtagningen se bilaga 2.

	Enhet	Effektgräns	Mindre allvarligt	måttligt allvarligt	Allvarligt	Mycket allvarligt
Cu	mg/kg TS	70				
Cd	mg/kg TS	5				
Pb	mg/kg TS	35				
Zn	mg/kg TS	120				
PAH, övriga	mg/kg TS		<20	20-60	60-200	>200
PAH, cancerogena	mg/kg TS		<0.3	0.3-0.9	0.9-3	>3
Oljeindex	mg/kg TS		<100	100-300	300-1000	>1000

Tabell 9. Riktvärden för sedimentprover, metallvärdena gäller för havssediment och övriga värden gäller för förorenad mark [20]

4.2.1 Sävsjö

Sedimentationsdammens klara vatten gjorde att en viss mängd sediment kunde lokaliseras till en bit ifrån inloppet. Dammens djup och sedimentets placering ledde dock till att prover varken kunde tas för hand eller med hjälp av ekmanhuggaren. Inga sedimentprover är därför tagna.

4.2.2 Eksjö

Sedimentprover togs cirka en meter ifrån där in- och utlopp antogs ligga, prover togs upp med ekmanhuggare. Dammen hade rikligt med sediment på botten, sedimentet bestod till stor del av nedbrutna växtrester.

	Enhet	Eksjö Inlopp	Eksjö Utlopp
Cu	<i>mg/kg TS</i>	137	163
Cd	<i>mg/kg TS</i>	0,22	0,46
Pb	<i>mg/kg TS</i>	21,1	26,9
Zn	<i>mg/kg TS</i>	625	770
PAH, summa övriga	<i>mg/kg TS</i>	2,54	0,041
PAH, summa cancerogena	<i>mg/kg TS</i>	1,51	0,049
Oljeindex	<i>mg/kg TS</i>	7340	248

Tabell 10. Sedimentprover

4.2.3 Aneby

Prover togs för hand vid inloppet av den stora dammen. Ekmanhuggare kunde inte användas på grund av att sedimentdjupet inte var tillräckligt. Vid utloppet av den stora dammen fanns endast ett tunt skikt sediment, prover har därför inte tagits. I dammen kan finnas tjockare lager med sediment i mitten, det är dock osäker eftersom djupet och vattnets grumlighet gjorde att det inte gick att avgöra.

I den lilla dammen fanns tunna sedimentavlagringar fläckvis på botten. Ett prov togs för hand vid närheten av inloppet och ett en bit ifrån utloppet.

	Enhet	Aneby S Inlopp	Aneby L Inlopp	Aneby L Utlopp
Cu	mg/kg TS	36	82,9	39,4
Cd	mg/kg TS	0,29	0,29	0,21
Pb	mg/kg TS	18,2	24,4	20,4
Zn	mg/kg TS	145	216	200
PAH, summa övriga	mg/kg TS	0,04	0,614	0,218
PAH, summa cancerogena	mg/kg TS	0,037	0,013	0,126
Oljeindex	mg/kg TS	189	217	-----

Tabell 11. Sedimentprover

4.3 Provtagningsresultat

Ingen oljehinna var synlig på någon av dammarnas vattenyta.

Vattenprovernas låga halter av metaller kan bero på att proverna togs vid en tidpunkt med ytterst lite nederbörd. Många halter har varit för låga för att exakta värden ska kunna erhållas från laboratorium, vilket i viss grad påverkat klassificeringen.

4.3.1 Sävsjö

Mängden vägföroreningar i vattnet var ytterst liten. Halterna för de olika ämnena varierade från mindre allvarligt till allvarligt. Kloridhalten i dammen ligger högre än bakgrundsvärdet vilket tyder på att vägdagvattnet transporteras till dammen. Lägre värden har uppmäts vid utlopp än inlopp vilket tyder på att sedimentering av metaller sker i dammen.

Inga sedimentprover togs i dammen och det finns därför inga resultat på om föroreningarna har bundits i sedimentet.

4.3.2 Eksjö

Mängden vägföroreningar i vattnet var ytterst liten. Halterna för de olika ämnena varierade från mindre allvarligt till allvarligt. Kloridhalten i dammen ligger högre än bakgrundsvärdet vilket tyder på att vägdagvattnet transporteras till dammen. Lägre värden har uppmäts vid utlopp än inlopp vilket tyder på att sedimentering av metaller sker i dammen.

Metallhalterna, Cu och Zn, i sedimentet överstiger effektgränsen för havssediment avsevärt. Cd och Pb finns endast i mindre mängder och ligger under jämförelsevärdena. Mängderna av de olika metallerna ligger i relation till mängderna som är uppmätta i vattnet. Metallerna sedimentera i något högre grad vid utloppet än vid inloppet. Sedimentet innehåller större mängder PAH vid inlopp än utlopp. Mängden PAH cancerogena är vid inloppet allvarliga. I sedimentproverna finns stora mängder olja.

4.3.3 Aneby

Mängden vägföroreningar i vattnet var ytterst liten. Halterna för de olika ämnen varierade från mindre allvarligt till måttligt allvarligt. Kloridhalten i dammen ligger mycket högre än bakgrundsvärdet vilket tyder på att vägdamvatten transporteras till dammen. Lägre värden har uppmätts vid utlopp än inlopp vilket tyder på att sedimentering av metaller sker i dammen. I den stora dammen är metallhalterna högre än i den lilla.

Zn-halterna i sedimentet överstiger effekthalterna i alla provtagningspunkterna för Aneby. Cu överstiger jämförelsevärdet vid inloppet i lilla dammen. Övriga metallvärden ligger under effekthalten. Större mängder metaller uppmättes i sedimentet vid inloppet till lilla dammen än i stora. Metallerna sedimenterade mer i början av den lilla dammen än vid utloppet. Inget sedimentprov innehöll allvarliga mängder PAH. PAH förekom i större mängder i lilla dammen än i stora. Mängden olja var allvarlig vid inloppet i båda dammarna.

5 Uppföljning av driftplaner

Kontrollen av skyddens funktion och underhåll sköts av driftledarna och driftentreprenörerna och ska ske efter drift- och underhållsplanerna. Ny upphandling av driftentreprenörer sker var tredje till sjätte år.

5.1 Sävsjö

Enligt driftledare sköts skyddet men inte som önskvärt enligt planerna.

En allmän tillsyn av vattenskyddet har skett men inga större åtgärder har utförts. Sedimentationen har inte varit så stor att någon sedimentborttagning har behövts för att säkra dammens funktion.

5.2 Eksjö

Skyddet sköts i överensstämmelse med drift- och underhållsplaner enligt driftledare.

Besiktning av skyddssträckan sker en gång per år; brunnar, kantsten, räcken och skyltar har kontrollerats och åtgärdats vid eventuella brister. Sedimenteringsdammen kontrolleras två gånger per år, rensning sker av utloppsrör och brunnar och eventuella skador på skyddsduk och avstängningsventiler har åtgärdats. Sedimentets tjocklek mäts vartannat år, vid senaste mätning konstaterades att en sedimentborttagning bör göras inom det närmaste för att skyddets funktion inte ska försämrats.

5.3 Aneby

Skötsel av skyddet sker enligt planerna, enligt driftledare.

6 Resultat

Det är svårt att avgöra om vattenskydden uppnår den önskade effektiviteten som behövs för att vägdragvattnet inte ska förorena täkterna. De låga föroreningshalterna i vattnet har gjort att många värden har legat under detektionsvärdet, det lägsta värdet som kan uppmätas med säkerhet. Det har resulterat i att det inte har kunnat avgöras med säkerhet om vägdragvattnet sedimenterar under genomströmningen av dammen, huvudsteget för reningen av vägdragvattnet.

6.1 Transport av vattnet till dammarna

Att vägdragvattnet transporteras till dammen har kunnat fastställas med hjälp av kloridvärdena. Frågan om resterande föroreningar följer med till dammen eller om de stannar kvar i diken kvarstår dock.

Den relativt höga föroreningshalten i Eksjös sediment kan bero på att vatten leds via ledningar direkt till dammen vilket förhindrar att någon sedimentation sker under vattnets transport till dammen. Ytterligare en orsak kan vara den jämförelsevis höga ÅDT:n. Vägdragvattnet i Aneby och Sävsjö leds i täta diken till sedimentationsdammarna. Under transporten kan eventuella föroreningar börja sedimentera vilket kan vara en anledning till lägre föroreningshalter i sedimentationsdammarna både i vattnet och i sedimenten. Utformningen av de täta diken har gjorts olika för Aneby och Sävsjö. I Aneby är diken utförda med ett lager av makadam med ett underliggande skydd av tät geomembran. Diken i Sävsjö består endast av ett lager med tät morän. Om diken inte är tillräckligt täta kan det leda till att föroreningarna leds ut i omkringliggande mark. Ytterligare problem kan uppstå när diken har blivit mättade med föroreningar och på så vis inte har möjlighet att ta emot mer.

Vid jämförelse av föroreningarna i sedimentet syns att mängden PAH och olja ligger i storleksordning 50 gånger högre i Eksjö än Aneby medan metallerna ligger ungefär en till fyra gånger högre, se tabell 12. PAH och olja är tyngre föroreningar än metallerna och sedimenterar därför snabbare. Den stora skillnaden tyder på att sedimentationen av föroreningarna börjar i de öppna diken.

	Eksjö/Aneby S	Eksjö/Aneby L	Aneby L/Aneby S
Cu	3,8	1,7	2,3
Cd	0,8	0,8	1,0
Pb	1,2	0,9	1,3
Zn	4,3	3,6	1,5
PAH, summa övriga	63,5	4,1	15,4
PAH, summa cancerogena	40,8	116,2	0,4
Oljeindex	38,8	33,8	1,1

Tabell 12. Jämförelse av föroreningshalter i sediment vid inlopp

6.2 Dammarnas utformning

Dammarnas storlek och utformning har valts för att få en genomströmningshastighet på ett dygn och det är för att ge en rimlig tid för att kunna vidta åtgärder vid olycka med farligt gods. På grund av att ingen hänsyn har tagits till de diffusa vägföroreningarna vid utformningen kan vattnet transporteras genom dammarna för snabbt, vilket leder till att föroreningarna inte hinner sedimentera.

Vattenproverna som togs vid inloppen av dammarna har låga halter av vägföroreningar, vilket beror på tidpunkten för provtagningen i förhållande till senaste nederbördstillfälle. Föroreningsinnehållet i inkommande vatten varierar mellan de olika dammarna, se tabell 13. Dammen i Sävsjö har trots en högre ÅDT lägre metallvärden än Aneby vilket kan vara en indikation på att metallerna sedimenterar bättre i Sävsjö. Ytterligare en anledning till att Sävsjö har lägre metallvärden än Aneby är att dammvolymer är större vilket ökar spädningen av föroreningarna. Metallmängderna i Eksjö och Aneby ligger inom samma storleksordning trots att Eksjö har cirka fyra gånger högre ÅDT än Aneby samt en betydligt mindre vattenvolym. Värdena indikerar att sedimenteringen fungerar bättre i Eksjö än Aneby. Ett flertal metallvärden har inte kunnat jämföras eftersom resultaten av halterna har legat under detektionsvärdet.

	Sävsjö/ Aneby L	Sävsjö/ Aneby S	Eksjö/ Sävsjö	Eksjö/ Aneby L	Eksjö/ Aneby S	AnebyL/ Aneby S
Cu	0,2	0,3	3,8	0,7	1,3	1,8
Cd	-	-	-	-	-	-
Pb	0,7	-	-	0,7	-	1,4
Zn	0,9	-	15,8	1,4	15,8	11,1
Klorid	0,1	0,1	1,0	0,1	0,1	2,2

Tabell 13. Jämförelse av föroreningshalter i vattnet vid inlopp

Om det efter sedimentprovtagning i Sävsjö kan fastställas att föroreningsvärdena ligger på en nivå mellan Anebys och Eksjös värden kan antagandet göras att skydden fungera ungefär lika effektivt med utgångspunkt från ÅDT. Är värdena i stället lägre än i Aneby kan slutsatsen dras att föroreningarna sedimenterar i dikena alternativt inte påverkas av skyddet utan transporteras ut i marken som tidigare. Blir resultatet mot förmodan högre i Sävsjö än i båda de andra dammarna indikerar det att dammen i Eksjö antagligen inte hinner sedimentera alla inkommande föroreningar innan vattnet släpps ut i infiltrationsytan.

Dammarna har utformats med olika material i det översta skiktet, i Sävsjö och Aneby består det av makadam till skillnad från Eksjö där det består av siltig sandmorän. På grund av det översta lagrets täthet och tjocklek kommer sedimentering ske olika för de fyra dammarna. För att förhindra att det homogena sedimentlagret som bildas i Eksjö transporteras med vattnet vid kraftigare strömning krävs vegetation i dammen. Sedimentets lagringssätt förenklar vid eventuell sedimentborttagning. Fraktionsstorleken på makadamen och lagrets tjocklek skiljer sig i Sävsjö och Aneby. I Sävsjö är storleken mindre vilket gör att föroreningarna har lättare att sippra ned på grund av de många mellanrummen. Sävsjö har även ett tjockare lager makadam än Aneby vilket leder till att större mängd material kan sedimentera innan det börjar lagras ovanpå makadamen. När sedimentationsmängden blir så pass stor att makadamlagret helt har täckts kommer dammens funktion eventuellt att försämrats på grund av att uppbromsningen av vattenhastigheten försämrats och för att sedimentet inte har något att binda sig till. Bottenmaterialets olika fraktionsstorlek påverkar storleken på den yta som föroreningarna har att binda sig till.

6.3 Barriäreffekter i dammarna

Dammarna är utformade med en strypning av utloppet och en botten med skiftande höjd för att sänka hastigheten på vattnet vilket leder till att sedimentationen av föroreningarna ökar.

Makadamen på bottenarna i Sävsjö och Aneby gör att det förorenade sedimentet binds fast och hindras att följa med det rinnande vattnet till utloppet. I Eksjö har vegetationen samma effekt.

6.4 Dammarnas placering i vattenskyddssystemet

Vattenskydden består av ett antal olika reningssteg. Reningen börjar under transporten till sedimentationsdammen, undantag Eksjö där vattnet leds i täta ledningar, och fortgår under genomströmningen av dammen. Vid dammarna i Sävsjö och Aneby finns en oljeavskiljare för att ta bort eventuell olja som befinner sig i fri fas. I Aneby leds vattnet efter sedimentationsdammen till ett översilningsområde där vattnet får infiltreras genom marken. Placeringen av översilningsområdet gör att vattnet förhindras att nå grundvattentäkten även efter infiltrationen. I Sävsjö leds vattnet direkt ut i en intilliggande bäck, som har sitt utlopp i den skyddade täkten, efter sedimenteringsdammen. Bäckens funktion som ett slutgiltigt reningssteg där eventuella kvarvarande vägföroreningar kan sedimentera. I Sävsjö infiltreras vattnet i marken efter att ha strömmat igenom sedimenteringsdammen.

6.5 Anpassning till omgivningen

Skydden har anpassats till den omkringliggande naturen på olika sätt. I Sävsjö och Aneby har vattenskydden placerats på liknande sätt. Skydden är anlagda på åkermark och ingen anpassning har gjorts för att de ska smälta in i omgivningen. Utformningen gör att skydden blir ett tydligt avbrott i den ursprungliga omgivningen. Högt staket är uppsatt runt dammarna i Aneby vilket gör att skyddet inte blir en naturlig del av naturen. I Eksjö har skyddet placerats i ett skogsområde och utformningen har anpassats för att smälta in i omgivningen, vilket leder till att skyddet inte påverkar intrycket av landskapsmiljön.

6.6 Utvärdering av vattenskydden

Att vägdagvattnet transporteras till vattenskyddsåtgärderna har kunnat fastställas. Det har även kunnat konstateras att vattnet renas från vägföroreningarna, dock kvarstår frågan om reningen sker i tillräckligt stor utsträckning för att täkterna inte ska bli påverkade i längden. Om sedimentation av föroreningarna inte sker i tillräckligt stor mängd i dammen leder det till att det istället för rening har blivit en koncentrerad av föroreningarna. Det på grund av att allt vägdagvatten ut med den skyddade vägsträckningen samlas i en punkt och leds till tåkten. Problem med reningen av vägdagvattnet kan framförallt uppstå vintertid då snösmältningen har startat men då marken fortfarande är frusen och isskikt ligger på sedimentationsdammarna. Reningen blir då minimal.

På de vägsträckor där öppna diken har anlagts för uppsamling av vägdagvattnet börjar sedimentationen i dikena. Att sedimentation startar redan i dikena gör att det är svårare att lokalisera var föroreningarna finns och var eventuell borttagning av sediment kan behöva göras. Det uppstår också tveksamheter kring om urlakningen av vägföroreningarna från dikena kan ske efter en viss tid. Framför allt kan det bli problem i dikena med endast ett skikt av tät morän. För att kunna fastställa exakt var alla vägföroreningar fastnar är ledningssystem att föredra vid uppsamling av vägdagvattnet.

Funktionsmässigt har det inte kunnat konstateras att de olika dammutformningarna har haft någon större betydelse. Reningen verkar fungera lika bra i dammarna med makadambotten som i dammen med tät moränbotten. Ur skötselperspektiv är dammar med makadambotten att föredra jämfört med dammar med tät moränbotten då tiden mellan sedimentborttagningen blir längre.

En nackdel med makadambotten är att när sedimentskiktet bli så pass tjockt att det börjar lagras ovanpå makadamen har sedimenten inte längre något att binda sig till och risken för att förorenat sediment ska börja följa med utgående vatten ökar. Ytterligare barriäreffekter kan då krävas för att kunna säkerställa sedimentationsdammarnas funktion. En damm med växtlighet är därför att föredra, då det effektivt sänker vattenhastigheten och binder sedimentet.

Sedimentationsdammen i Sävsjö är det sista reningssteget innan vattnet släpps ut i bäcken som står i förbindelse med vattentåkten. Det är därför extra viktigt att sedimenteringen fungerar i dammen. För vattenskydden i både Eksjö och Aneby finns ytterligare reningssteg efter sedimentationsdammen vilket gör att högre koncentration i utgående vatten kan accepteras.

Skydden har anpassats olika mycket för att smälta in i naturmiljön. Hur man ställer sig till inbrottet i miljön är en personlig uppfattning. Det kan både ses som positivt och negativt med ett avbrott i omgivningen. Höga staket kring dammarna, som i Aneby, bör dock undvikas då skydden inte blir en del av landskapet.

Underhållet av skydden är i vissa fall bristfälligt och en tydligare plan för hur och vem som ska åtgärda fel bör tas fram alternativt få en bättre uppföljning av de skötselplaner som finns utarbetade idag, det för att försäkra sig om att skydden fungerar även i framtiden

En sammanställning av de punkter som har diskuterats i utvärdering av de olika vattenskyddsåtgärderna framgår i tabell 14, där bästa utformning har markerats med +.

	Sävsjö	Eksjö	Aneby
Transport av vägdagvatten till damm		+	
Typ av skyddslager i botten av dammen	+		+
Barriär effekter		+	
Dammens placering i det totala systemet		+	+
Anpassning till omgivning	+	+	

Tabell 14. Bedömning av olika parametrar för dammarna (dammarna i Aneby är så pass lika utformade att de har bedömts gemensamt)

7 Uppföljning och åtgärder

Ytterligare provtagningar bör göras vid ett flertal tillfällen för att få en mer korrekt bild av hur reningen av vägdragvattnet fungerar i vattenskydden. Provtagningen bör utökas med provtagning av diken och infiltrationsytor för att få en uppfattning av mängden föroreningar som binds i det totala vattenskyddssystemet. Prover på sedimenten i Sävsjö samt Aneby bör försöka tas en bit ner i makadamskiktet för att få en kontroll på hur sedimentering fungerar.

Sedimentering skedde till stor del vid utloppet. På grund av detta är det viktigt att ta vattenprover vid en kraftig nederbörd för att kontrollera att dammutformningen är korrekt och att inte för höga halter av föroreningarna transporteras ut. Om det konstateras att sedimentation inte hinner ske i tillräckligt stor utsträckning i dammen kan någon form av barriär, i form av en vegetationsö eller avskiljande vägg, byggas som sänker genomströmningshastigheten.

Den stora mängden föroreningar i Eksjö och sedimentets placering i dammen kan leda till att det vore lämpligt med en förlängning av dammen för att förhindra att föroreningarna följer med vattnet vidare.

Driften av vattenskydden behöver förbättras för att undvika att skyddens funktion försämras, vilket i sin tur kan leda till att vägföroreningarna hamnar i vattentäkten.

För att få en bättre kontroll på vattenskydden borde någon form av provtagningsutrustning, som regelbundet tar prover, placeras på ett antal ställen av vattenskydden under en angiven period. Det för att få en bättre uppfattning om reningsprocessen.

En alternativ utformning till skydden som byggs idag vore att efterlikna vattenreningsverken och bygga täta bassänger. Kostnaden lär bli högre för byggnation av bassänger men funktionssäkerheten skulle då förstärkas. Intrånget i naturen skulle dock bli större. Skydden kan även förstärkas med filter vid utloppet som kan absorbera de olika föroreningarna och på så vis öka säkerheten.

8 Referenser

- [1] Aldheimer, Gudrun (2004) Dagvatten - Avsättningsmagasin Ryska smällen, Stockholms vatten rapport 11-2004
- [2] Annika Lundmark (2005) Modellering av vägsaltets påverkan påvattnet i marken i en vägnära miljö
- [3] Håll Sverige rent (2009) <http://www.hsr.se/sa/node.asp?node=2122> (Acc 2009-04-07)
- [4] Lindgren, Åsa; Svenson Torbjörn (2003) Väg dagvattendammar – En undersökning av funktion och reningseffekt, Vägverket publ 2003:188
- [5] Lindgren, Åsa; Svenson Torbjörn (2004) Väg dagvatten – Råd och rekommendationer för val av miljöåtgärder, Vägverket publ 2004:195
- [6] Länsstyrelsen Stockholm (2009) http://www.ab.lst.se/templates/InformationPage_5694.asp (Acc 2009-04-07)
- [7] Miljöbalken kap 7 (1998), SFS 1998:1252
- [8] Naturvårdsverket (2003) http://www.naturvardsverket.se/Documents/foreskrifter/nfs2003/nfs2003_16.pdf (Acc 2009-04-08)
- [9] Ojala, Lena; Mellqvist, Elin (2004) Vägsalt – användning och påverkan på grundvatten (SGU rapport 2004:13)
- [10] Persson, Jesper; Pettersson Thomas (2006) Väg dagvattendammar – Om provtagning, avskiljning och dammhydraulik, Vägverket publ 2006:115
- [11] Projektmappp Aneby (innehåller förstudie, miljökonsekvensbeskrivning (MKB), ritningar mm.), Vägverket
- [12] Projektmappp Eksjö (innehåller förstudie, MKB, ritningar mm.), Vägverket
- [13] Projektmappp Sävsjö (innehåller förstudie, MKB, ritningar mm.), Vägverket
- [14] Sveriges geologiska undersökning (2000) <http://www.sgu.se/dokument/eu-dokument/ramdirektivet-for-vatten-2000-60-EG.pdf> (Acc 2009-04-13)
- [15] Wadstein, Ebba; Arm, Maria; Lind, Bo (2008) Skötsel av öppna dagvattenanläggningar, Vägverket publ 2008:30

Figurer och tabeller:

- [16] Egna foton, författarna
- [17] Eniro (2009) <http://www.eniro.se/> (Acc 2009-04-05)
- [18] Lindgren, Åsa; Svenson Torbjörn (2004) Väg dagvatten – Råd och rekommendationer för val av miljöåtgärder, Vägverket publ 2004:195
- [19] Lindgren, Åsa; Svenson Torbjörn (2003) Väg dagvattendammar – En undersökning av funktion och reningseffekt Vägverket publ 2003:
- [20] Metodik för inventering av förorenade områden (2002), Naturvårdsverket publ 4918

- [21] Naturvårdsverket (2006)
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-9575-7.pdf>
(Acc 2009-04-08)
- [22] Nordform <http://www.nordform.se/yrkeskund/va-produkter/avskiljare/produktsortiment.php> (Acc 2009-05-05)
- [23] Projektmapp Aneby (innehåller förstudie, miljökonsekvensbeskrivning (MKB), ritningar mm.), Vägverket
- [24] Projektmapp Eksjö (innehåller förstudie, MKB, ritningar mm.), Vägverket
- [25] Projektmapp Sävsjö (innehåller förstudie, MKB, ritningar mm.), Vägverket

9 Sökord

A

Analys 1, 21
 Aneby. i, ii, 7, 10, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24,
 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35
 Avsättningsmagasin 8, 34

B

bly 2, 4

C

Cd.....4, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29
Cu.....4, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29

D

damm..... ii, 6, 12, 13, 16
 dammarna ii, 9, 16, 19, 25, 29, 30, 32
 driftplan ii, 8, 12, 14, 17

E

Eksjö..i, ii, 10, 13, 14, 15, 20, 22, 23, 24, 26, 27,
 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35

F

funktion ... 1, 2, 8, 12, 15, 18, 26, 29, 33, 34, 35
 förorenat..... 1, 9
 föroreningar ii, 4, 5, 6, 7, 10, 13, 15, 19, 24, 27,
 29, 33
 föroreningarna ..ii, 1, 4, 7, 8, 19, 24, 27, 29, 31,
 33

G

grundvattentäkt 3, 15
 grundvattentäkterii, 1, 3, 5

I

in- och utlopp..... 13, 16, 19, 20, 22
 infiltration i, 4, 7, 11
 infiltrationsanläggning ii, 7

K

kadmium 2, 4
 klorid..... 2, 4, 19
 kommun..... 3
 koppar..... 2, 4

L

Lagar 3
 länsstyrelsen 3

M

markinfiltrationen 7
 metaller 2, 21, 24, 25

N

natriumklorid..... 4
 Naturvårdsverket..... 3, 34, 35

O

olja 2, 12, 21, 24, 25, 27
 Oljeavskiljare 8
 olycka med farligt gods..... 6, 10, 13, 15

P

PAH..... 2, 4, 7, 21, 22, 23, 25, 27, 28
Pb 4, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29
 polycykliska aromatiska kolväten..... 2
 Prover..... 1, 20, 23, 33
 provtagning ii, 34

R

reningseffekt 1, 34, 35
 reningsprocessen..... 6
 riktvärden 19, 21

S

sedimenti, ii, 1, 9, 22, 23, 27, 28, 29, 38, 40
 sedimentation i, 6, 27, 31
 Sedimentationsdamm 6, 11, 14, 20
 sedimentationsdammar ii, 13, 16
 sedimentationsdammarna..... 1, 16, 19, 27
 sedimentationsdammen 6, 8, 10, 14, 17, 19, 31
 Sedimenthantering 9
 Sedimentprover..... 21, 22
 Sedimentprovtagning 21
 skydd 3, 4, 27
 skydden ii, 1, 29, 30, 33
 skyddslager 11, 13, 16, 32
 skyddsområde ii
 Skyddsåtgärder 10, 13, 16
 Sävsjöi, ii, 10, 11, 13, 20, 22, 24, 26, 27, 29, 30,
 32, 33, 34, 35

T

täkten 6, 7
 tätskikt 1, 12, 15, 18

V,W

Vattenprover 19, 20, 21
 Vattenprovtagning..... 19
 vattenrening 4
 vattenskydd ii, 1, 2, 3, 10
 vattenskydden 1, 2, 27, 33
 vattentäkten 4, 13, 15, 31, 33
 vegetation i, ii, 8, 9, 11
 vägdagvatten ii, 1, 5, 13, 15, 31
 vägdagvattnet.. ii, 5, 6, 8, 11, 16, 19, 24, 27, 33

vägföreningar ii, 1, 5
Vägföreningar 4
Vägföreningarna 4
Vägverket 2, i, 1, 2, 12, 15, 34, 35

Y

ytvattentäkt ii, 1, 3, 5

Z

zink 2, 4
Zn 4, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29

Å

Årsdygnstrafiken 10

Ö

översilningsområde 16

I 0 Bilagor

- Bilaga 1 Provtagningsresultat vatten
- Bilaga 2 Provtagningsresultat sediment

Bilaga 1. Provtagningsresultat vatten

From: ALS Scandinavia AB, Maskinvägen 2, 183 25 Täby. Tfn: 08/52 77 52 00. Fax: 08/768 3423. Email: info.ta@alsglobal.com

To: Vägverket Region Sydöst Ref: Matti Envall - CDI 9186 [matti.envall@vv.se]

Program: VATTEN

Ordernumber: T0904428 (Exjobb-09;)

Report created: 2009-04-28 by ingalill.rosen

ELEMENT	SAMPLE	Eksjö I	Eksjö U	Sävsjö I	Sävsjö U	Aneby I	Aneby U	Aneby 2I	Aneby 2U
klorid	mg/l	90,2	93,7	87	84,6	1580	682	727	684
N-tot	mg/l	0,34	0,41	0,18	0,21	0,7	0,29	0,7	0,8
P-tot	mg/l	0,031	<0.020	<0.020	<0.020	0,165	<0.020	0,041	0,095
suspenderad substans	mg/l	8,5	<5.0	<5.0	<5.0	33,7	19,1	10,5	12,9
konduktivitet	mS/m	29,6	28,4	29,7	29,6	437	186	192	192
pH		6,5	6,9	7	7	7	8,7	9,3	9,2
turbiditet	FNU	6,5	5,8	1,6	1,2	72	18	5,4	7,1

Please note: This report is preliminary and does not contain all relevant information.

For the definitive and complete reporting of the results, reference is made to the corresponding written and signed report from ALS Scandinavia.

From: ALS Scandinavia AB, Maskinvägen 2, 183 25 Täby. Tfn: 08/52 77 52 00. Fax: 08/768 3423. Email: info.ta@als

To: Vägverket Region Sydöst Ref: Matti Envall - CDI 9186 [matti.envall@vv.se]

Program: VATTEN

Ordernumber: T0904430 (Exjobb-09;)

Report created: 2009-04-28 by ingalill.rosen

ELEMENT	SAMPLE	Aneby I	Aneby U	Aneby 2I	Aneby 2U	Eksjö I	Eksjö U	Sävsjö I	Sävsjö U
Cu	mg/l	0,0119	0,0057	0,0067	0,0055	0,0088	0,0047	0,0023	<0.0020
Cr	mg/l	0,009	0,0034	<0.0020	<0.0020	0,0026	<0.0020	<0.0020	<0.0020
Cd	mg/l	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020
Pb	mg/l	0,014	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Zn	mg/l	0,0332	<0.0030	<0.0030	<0.0030	0,0473	0,0098	<0.0030	<0.0030

Please note: This report is preliminary and does not contain all relevant information.

For the definitive and complete reporting of the results, reference is made to the corresponding written and signed report from ALS Scandinavia.

Bilaga 2. Provtagningsresultat sediment

From: ALS Scandinavia AB, Maskinvägen 2, 183 25 Täby. Tfn: 08/52 77 52 00. Fax: 08/768 3423. Er

To: Vägverket Region Sydöst Ref: Matti Envall - CDI 9186 [matti.envall@vv.se]

Program: JORD

Ordernumber: T0904446 (Exjobb-09;)

Report created: 2009-04-29 by ingalill.rosen

ELEMENT	SAMPLE	Eksjö I	Eksjö U	Aneby I	Aneby 2I	Aneby 2U
provberedning		ja			ja	
TS_105°C	%	27,4	59,5	39,6	12,6	4,53
naftalen	mg/kg TS	0,417	<0.010	0,01	0,326	0,066
acenaftylen	mg/kg TS	0,03	<0.010	<0.010	0,016	<0.021
acenaften	mg/kg TS	0,028	<0.010	<0.010	0,024	<0.021
fluoren	mg/kg TS	0,066	<0.010	<0.010	0,049	<0.021
fenantren	mg/kg TS	0,336	<0.010	<0.010	0,122	0,036
antracen	mg/kg TS	0,027	<0.010	<0.010	<0.010	<0.021
fluoranten	mg/kg TS	0,484	<0.010	<0.010	0,045	0,026
pyren	mg/kg TS	0,666	0,017	<0.010	0,032	0,027
bens(a)antracen	mg/kg TS	0,079	<0.010	<0.010	<0.010	<0.021
krysen	mg/kg TS	0,743	0,034	0,02	0,013	0,039
bens(b)fluoranten	mg/kg TS	0,138	0,015	0,017	<0.010	0,042
bens(k)fluoranten	mg/kg TS	0,176	<0.010	<0.010	<0.010	0,023
bens(a)pyren	mg/kg TS	0,139	<0.010	<0.010	<0.010	<0.021
dibens(ah)antracen	mg/kg TS	0,088	<0.010	<0.010	<0.010	<0.021
benso(ghi)perylen	mg/kg TS	0,488	0,024	0,03	<0.010	0,063
indeno(123cd)pyren	mg/kg TS	0,148	<0.010	<0.010	<0.010	0,022
PAH, summa 16	mg/kg TS	4,05	0,09	0,077	0,627	0,344
PAH, summa cancerogena	mg/kg TS	1,51	0,049	0,037	0,013	0,126
PAH, summa övriga	mg/kg TS	2,54	0,041	0,04	0,614	0,218
PAH, summa L	mg/kg TS	0,475	<0.015	0,01	0,366	0,066
PAH, summa M	mg/kg TS	1,58	0,017	<0.025	0,248	0,089
PAH, summa H	mg/kg TS	2	0,073	0,067	0,013	0,189
oljeindex	mg/kg TS	10400	295	217	288	-----
fraktion >C10-C12	mg/kg TS	<2	<2	<2	<2	-----
fraktion >C12-C16	mg/kg TS	17	<3	<3	4	-----
fraktion >C16-C35	mg/kg TS	7340	248	189	217	-----
fraktion >C35-C40	mg/kg TS	3070	46	28	67	-----
TOC	% av TS	8,92	1,48	1,61	4,16	-----
Cu	mg/kg TS	137	163	36	82,9	39,4
Cr	mg/kg TS	67,6	91,4	39,3	54	53,5
Co	mg/kg TS	21,3	19,2	24,4	32,5	32,9
Cd	mg/kg TS	0,22	0,46	0,29	0,29	0,21
Fe	mg/kg TS	31400	30800	47500	63600	61500
Hg	mg/kg TS	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Ni	mg/kg TS	28,7	29	62,2	82,6	83,6
Pb	mg/kg TS	21,1	26,9	18,2	24,4	20,4
Zn	mg/kg TS	625	770	145	216	200