

Släckvatten från avfallsanläggningar

Fire Extinguishing Water from Waste Disposal
Plants

Linda Flydén

Referat

Släckvatten från avfallsanläggningar

Linda Flydén

I dagens samhälle står miljö och hållbar utveckling ofta i fokus och mycket arbete läggs ner på att skapa en bra miljö och bra förutsättningar för framtida generationer. Detta arbete innebär att myndigheterna har börjat ställa högre krav på många företags miljöarbete, däribland arbetet med att förebygga och motverka bränder och de konsekvenser som genereras till följd av bränder. På avfallsanläggningar är bränder relativt vanligt förekommande och som svar på de ökade kraven från myndigheterna utfördes detta examensarbete.

Syftet med examensarbetet var att utföra en utredning av hur släckvatten från bränder i avfall bör hanteras. I utredningen ingick en undersökning av hur man på bästa sätt minskar riskerna för att en brand ska bryta ut och hur man hanterar ett sådant tillbud när det uppstår. En inventering av närmiljön utfördes samt en analys av hur ett släckvattens kemiska sammansättning ser ut och hur det påverkar miljön. Inhämtandet av information till arbetet har skett i form av en litteraturstudie, intervjuer av myndighetspersoner, platsbesök samt en modellering av hur metaller i ett förorenat släckvatten kan påverka miljö. Arbetet resulterade även i en handledning i hur en släckvattenutredning kan utformas och vad för slags information den bör innehålla.

Bränder ofta är mycket komplexa och beroende av många olika faktorer. Dessa faktorer kan bland annat vara brandmaterialens sammansättning, syreförhållandena i branden och hur släckningsarbetet utförs. Beroende på förutsättningarna blir utgången olika och åtgärderna i efterarbetet måste utformas utefter dessa förhållanden. För att kunna utföra efterarbetet på ett bra sätt är det dock viktigt att i förväg vara medveten om vilka närliggande miljöer som är extra skyddsvärda och vilka miljöer som är mindre känsliga för föroreningar. Då prioriteringarna i förväg är klarar kan arbetet styras så att de känsliga miljöerna skyddas i första hand.

Det förebyggande arbetet är minst lika viktigt som efterarbetet. Genom att åtgärda problemområden och förbereda sig för de gånger tillbud sker minskar man riskerna för skador på miljön drastiskt. Förebyggande åtgärder kan bland annat vara att lagra avfallet på så sätt som rekommendationer för lagring av avfall föreslår och att vara medveten om avrinningsvägar och uppsamlingsvolymerna för att då kunna leda vattnet till sådana platser där ett senare omhändertagande av vattnet är enkelt. Att vara medveten om vilka släckningsmetoder som är mest effektiva till respektive avfallsmaterial är ytterligare ett sätt att förebygga olyckor. Mycket av den negativa miljöpåverkan från förorenat släckvatten kan följaktligen motverkas genom att ha tydliga rutiner och välutbildad personal som vet hur ett eventuellt tillbud ska hanteras.

Nyckelord: Släckvatten, avfallsanläggning, släckmedel, brand, förbränningsprodukter

*Institutionen för geovetenskaper, Luft-, vatten och landskapslära. Uppsala universitet.
Geocentrum, Villavägen 16, SE-752 36 UPPSALA
ISSN 1401-5765*

Abstract

Fire Extinguishing Water from Waste Disposal Plants

Linda Flydén

In society today there is a large focus on environmental issues and a lot of time and effort is spent trying to create a healthy environment and good prospects for future generations. Authorities have increased demands on the environmental work and policies of companies including guidelines on fire prevention. Demands have also been increased on managing the environmental consequences of a fire. This degree project provides analyses of fire extinguishing water from waste disposal plants and describes its environmental consequences. The project was performed in order to aid a waste management and collection company with their preventive work.

The aim of this degree project is to investigate the most suitable way to manage water from extinguishing fires in waste disposal plants. The investigation included an analysis of how to minimise the risk of a fire occurring, and how to handle such a situation when it arises. A site inventory was performed as well as an analysis of the chemical content of a fire extinguishing water and its effect on the environment. The information for this project was collected from literature studies, interviews, visits to waste disposal plants as well as from computer modeling of metal releases with polluted water from fire extinguishing. The report may also be used as a guiding manual on how to perform and write a fire fighting investigation and what type of information it should include.

Fires are often complex phenomena and affected by many different factors such as the composition of the burning material, presence of oxygen and the method used for extinguishing. The consequences of each fire are different, depending on these factors, and remedies must be chosen based on the needs in every specific case. In order to efficiently execute remedial measures and restoration work, it is important that vulnerable habitats surrounding the waste disposal plant are well documented so that these can be protected. If the vulnerable habitats are known, measures can be taken to protect them and lead potentially polluted water streams in the direction of less vulnerable areas.

Preventive measures are just as important as remedies. By securing potential problem areas and using preventive measures the risk of harmful effects on the environment can be severely reduced. Examples of preventive measures are to store material in ways to avoid combustion and to be aware of discharge routes and locations of collection containers in order to direct the water flow in suitable directions to where it can be collected and disposed. Accidents can also be minimized by knowing which extinguishing methods are the most efficient for each type of material. Clear routines and a well-informed staff are also efficient ways of reducing the negative environmental effects of a waste fire.

*Department of Earth Sciences, Program for Air, Water and Landscape Sciences.
Uppsala University. Villavägen 16, SE-752 36 UPPSALA
ISSN 1401-5765*

Förord

Detta arbete har utförts som avslutning på civilingenjörsprogrammet inom miljö- och vattenteknik vid Uppsala universitet. Arbetet omfattar 30 högskolepoäng och har utförts åt Renova AB i Göteborg. Ämnesgranskare har varit Roger Herbert vid Institutionen för geovetenskaper, luft-, vatten- och landskapslära, Geocentrum i Uppsala.

Jag vill rikta ett stort tack till Nanna Bergendahl på Renova som varit min handledare under projektet. Utan din vilja att hjälpa till och svara på frågor hade jag inte kommit långt i mitt arbete.

Göteborg 2009

Linda Flydén

Copyright © Linda Flydén och Institutionen för geovetenskaper, Luft- vatten- och landskapslära, Uppsala universitet

UPTEC W 09 025, ISSN 1401-5765

Tryckt hos Institutionen för geovetenskaper, Geotryckeriet, Uppsala universitet, Uppsala 2009.

Populärvetenskaplig sammanfattning

Släckvatten från avfallsanläggningar

Linda Flydén

En släckvattenutredning utförs med syftet att upptäcka de problemområden och brister som finns inom en verksamhet eller del av verksamhet. När problemområden påträffas kan åtgärder tas fram både i förebyggande syfte och för att kunna hantera situationen när den uppstår. På så sätt minskar sannolikheten kraftigt både för risken att en brand bryter ut och för risken att miljöskador uppstår då förorenat släckvatten läcker ut från en anläggning.

Släckvatten bildas då vatten används för att släcka bränder. En viss del av vattnet som påförs branden förångas medan den andra delen rinner på eller igenom brandhärden och bildar släckvatten. Hur mycket släckvatten som bildas är beroende av hur mycket vatten som används i släckningsarbetet och hur mycket som förångas. Volymen vatten som förångas beror på ett antal faktorer som till exempel hur stora vattendropparna är, hur lång sträcka vattendropparna färdas samt hur hög brandgasens temperatur är. När en uppskattning av vilka släckvattenvolymer som kan bildas vid en brand utförs, bortser man dock från dessa faktorer eftersom det är mycket svårt att i förväg förutse hur stora de blir.

Då släckvattenvolymer storlek uppskattats är nästa steg att identifiera de avrinningsvägar som vattnet kan ta. Genom att lokalisera dem är det lättare att förutsäga var det finns risk för att förorenat släckvatten kan lämna anläggningen samt var det är troligt att vatten kommer ansamlas. De platser där vatten kan ansamlas kallas uppsamlingsvolymerna och genom att uppskatta deras storlek kan en uppfattning bildas om hur mycket vatten som ryms på anläggningen. Då dessa uppskattningar är utförda kan en åtgärdsplan för hur vattnet kan hindras från att lämna anläggningen skapas. En jämförelse mellan släckvattenvolymer och uppsamlingsvolymerna talar om huruvida ytterligare uppsamlingsvolymerna är nödvändiga för att kunna säkerställa att inget vatten kan lämna anläggningen på grund av bräddning i uppsamlingsvolymerna.

När ett släckvattens kemiska sammansättning ska utredas finns även där ett antal faktorer att ta hänsyn till. Dessa faktorer är bland annat vilket material avfallet som brinner består av, hur hög förbränningsgraden är och på vilket sätt föroreningarna och släckvattnet kommer i kontakt med varandra. Materialet som brinner påverkar den kemiska sammansättningen då olika material genererar olika förbränningsprodukter. Vid brand i plastprodukter kan till exempel PCB och saltsyra bildas medan brand i gummiprodukter, så som bildäck, genererar mycket svavelhaltiga föreningar. Förbränningsgraden inverkar på släckvattnets sammansättning genom att en hög förbränningsgrad ger fullständig förbränning av avfallet och släckvattnet som bildas har då oftast enkelt sammansatta föroreningar. En brand med låg förbränningsgrad ger en ofullständig förbränning och föroreningarna i släckvattnet får i regel en mer komplex sammansättning. Hur höga föroreningshalterna blir i släckvattnet påverkas även av hur kontakten mellan vatten och förorening ser ut. Är kontakttiden kort är sannolikheten mindre att ett ämne hinner lösas i stora mängder i vattnet. Är ämnet lösligt i vatten eller har en hög kokpunkt, så att det lätt kondenserar och på så sätt fastnar på partiklar och följer med släckvattnet, behöver inte kontakttiden vara speciellt lång.

Hur miljön påverkas när ett förorenat släckvatten kommer ut i recipienten är beroende av ett antal faktorer. Bland annat utgör släckvattnet en stor risk för miljön om koncentrationerna i släckvattnet är höga samtidigt som föroreningstiden är kort. Hur stor risken är för betydande miljöpåverkan är dock beroende av områdets känslighet, vilka ämnen som finns i släckvattnet, i vilka koncentrationer de förekom, hur lång tid de fått verka, recipientvattnets förmåga att motverka föroreningarna samt den bakgrundsförorening som finns i vattnet i recipient sedan tidigare.

Med hjälp av en modell har ett antal ämnens miljöpåverkan på två recipienter utretts. Modellen har använts för att beräkna vilka koncentrationer släckvattnet kan få under olika förutsättningar. De koncentrationer som modellerats fram har sedan kunnat jämföras med riktvärden för recipienterna i fråga och har visat sig vara mycket höga. Jämförelser med koncentrationer i ett släckvatten som provtagits från en brand på en av anläggningarna visar att modellresultaten är lika de verkliga koncentrationerna från en brand.

För att förebygga och motverka bränder och de negativa effekter som kan uppstå av bränder finns ett antal åtgärder som drastiskt kan minska riskerna för att ett tillbud kommer att ske. Sådana åtgärder kan bland annat vara att installera anordningar så att alla ledningar som kan leda släckvatten till recipienten kan slutas vid behov. En annan åtgärd kan vara att lagra avfallet på sådant sätt att risken för att brand utbryter är liten. Sådana riktlinjer talar om hur höga och breda lagringshögar får vara samt hur breda brandgatorna måste vara för att räddningstjänsten ska kunna ta sig fram utan problem. Genom att förse byggnader med brandskyddade dörrar och väggar minskar spridningsrisken när brand väl utbrutit. En av de enklaste och billigaste metoderna som finns för att förebygga brand är att varje dag placera maskiner som använts i arbetet på utpekade ställen där allt brännbart material är undanstädat. Att dagligen utföra okulära besiktningar innebär att bränder kan upptäckas i ett tidigt skede och spridningsrisken minskar kraftigt. En dyrare men mycket effektiv metod att upptäcka bränder i ett tidigt skede är genom att använda en värmesökande kamera. Kameran kan detektera förhöjda temperaturer långt inne i de lagrade avfallshögarna. När branden eller glöden upptäckts kan man med hjälp av maskiner gräva ut brandhärden och separera den från övrigt material.

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 SYFTE.....	1
1.3 UTFÖRANDE.....	1
1.4 AVGRÄNSNINGAR	2
2. ALLMÄNT	3
2.1. LAGAR, FÖRORDNINGAR OCH FÖRESKRIFTER.....	3
2.2 SLÄCKVATTENHANTERING OCH FÖREBYGGANDE ARBETE PÅ ANDRA ANLÄGGNINGAR I SVERIGE	5
2.3 SLÄCKNINGSMETOD	6
2.4 SLÄCKVATTNETS KEMISK SAMMANSÄTTNING.....	8
2.4.1 Faktorer som påverkar släckvattnets sammansättning	8
2.4.2 Släckvattnets möjliga kemiska sammansättning	9
2.4.3 Analyser av släckvatten.....	11
2.5 SLÄCKVATTNETS MILJÖPÅVERKAN.....	14
2.5.1 Allmänt om miljöpåverkan från släckvatten	14
2.5.2 Släckmedels miljöpåverkan.....	15
2.6 ÅTGÄRDER	16
2.6.1 Säkerhetsutrustning och förebyggande åtgärder	16
2.6.2 Lagring av avfall	19
3. SLÄCKVATTENUTREDNING	22
3.1 ALLMÄNT OM SLÄCKVATTENUTREDNINGAR	22
3.1.1 Släckvattenvolymer	22
3.1.2 Avrinningsvägar	23
3.1.3 Uppsamlingsvolymer	23
3.2 SLÄCKVATTENUTREDNING VID SKRÄPPEKÄRR.....	23
3.2.1 Områdesbeskrivning Skräppekärr sorteringsanläggning.....	23
3.2.2 Släckvattenvolymer	24
3.2.3 Avrinningsvägar	25
3.2.4 Uppsamlingsvolymer	26
3.2.5 Spädning och omhändertagande av släckvattnet.....	26
3.2.6 Släckvattnets kemiska sammansättning	27
3.2.7 Miljöpåverkan på Göta älv	27
3.2.8 Rikt- och bakgrundsvärden för större vattendrag i södra Sverige (Göta älv) ...	28
3.2.9 Analys av släckvatten från Skräppekärr sorteringsanläggning	29
3.2.10 Modellering av utsläpp till Göta älv.....	31
3.2.11 Säkerhetsutrustning och förebyggande åtgärder	35
3.2.12 Rutiner vid brand.....	36
3.3 SLÄCKVATTENUTREDNING VID KLÄPP KRETSLOPPSANLÄGGNING	37
3.3.1 Områdesbeskrivning Kläpp kretsloppsanläggning.....	37
3.3.2 Släckvattenvolymer	38
3.3.3 Avrinningsvägar	38
3.3.4 Uppsamlingsvolymer	39
3.3.5 Spädning och omhändertagande av släckvatten.....	39
3.3.6 Släckvattnets kemiska sammansättning	39
3.3.7 Miljöpåverkan på recipienten.....	39
3.3.8 Släckvattnets miljöpåverkan på reningsverk.....	40
3.3.9 Modellering av miljöpåverkan på Stråvlidens reningsverk.....	41
3.3.10 Säkerhetsutrustning och förebyggande åtgärder	43

3.3.11 Rutiner vid brand.....	44
4. DISKUSSION	45
4.1 SLÄCKVATTENVOLYMER	45
4.2 KEMISK SAMMANSÄTTNING AV SLÄCKVATTEN.....	45
4.3 SLÄCKVATTNETS MILJÖPÅVERKAN.....	46
4.3.1 Modellering av miljöpåverkan på Göta älv.....	46
4.3.2 Modellering av släckvattens påverkan på Strävlidens reningsverk	46
4.4 ÅTGÄRDER	47
5 SLUTSATS	48
6 REFERENSER	50

1. INLEDNING

1.1 BAKGRUND

På avfallsanläggningar är brand ett relativt vanligt tillbud och varje år brinner det mellan 200 och 250 gånger på avfallsanläggningar i Sverige. I en finsk undersökning kunde man konstatera att det i genomsnitt brann 0,6 gånger per år och avfallsanläggning i Finland (Ettala m.fl., 1996). Samtliga gånger det brinner finns risken att förorenat släckvatten på ett eller annat sätt kan påverka miljön men bränder kan även generera hälsoproblem för allmänheten och stora kostnader för företaget i form av produktionsbortfall och återställande av material genom branden. I dagsläget finns relativt lite undersökningar och arbeten inom området och frågan har först på senare år blivit uppmärksam i större skala. På grund av detta är den tillgängliga informationen något begränsad. Myndigheterna har därför observerat problemet i en högre grad och prioriterar ofta frågan i sitt tillsynsarbete. Frågan gäller då inte bara hur miljöpåverkan kan bli vid händelse av brand utan även hur det brandförebyggande arbetet ser ut. Initiativ till examensarbetet togs av Renova då myndigheterna börjat ställa hårdare krav på hur förorenat släckvatten hanteras och vad företaget gör för att förhindra brand och eventuella miljöproblem till följd av en brand. Kraven på en god och förutseende hantering av släckvatten är speciellt hårda vid ansökan om förnyat eller utökat tillstånd om miljöfarlig verksamhet enligt miljöbalken, till olika former av avfallshantering. Detta gäller även vid ansökan om att starta upp en ny avfallsanläggning. För att utöka företagets kunskap inom området utfördes detta examensarbete och målet var att skapa en grund för hur Renovas arbete med släckvattenhantering ska skötas i framtiden.

1.2 SYFTE

Syftet med examensarbetet är att utföra en släckvattenutredning för två avfallsanläggningar i västra Sverige, Skräppekärr sorteringsanläggning och Kläpp kretsloppsanläggning. Släckvattenutredningen ska främst utröna hur släckvattnet transporteras och samlas vid händelse av brand, hur ett släckvattens kemiska sammansättning kan se ut, vilka åtgärdsförslag som är lämpliga i både preventivt och aktuellt syfte samt hur miljön kan påverkas av en eventuell förorenings-spridning.

Examensarbetet ska även fungera som mall för hur släckvattenutredningar kan se ut och därmed hjälpa Renova i arbetet med släckvattenutredningar på andra avfallsanläggningar .

1.3 UTFÖRANDE

Arbetet inleddes med en litteraturstudie där information om släckvatten och dess uppkomst och inverkan på miljön har använts tillsammans med platsbesök för att skapa en bild av problemet. Vid informationssökande har främst Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps publikationsservice använts. Litteraturstudien har sedan kompletterats med intervjuer av olika myndighetspersoner från ett antal kommuner samt Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. En modell har utvecklats för att kunna studera i vilka koncentrationer metaller kan förekomma i ett förorenat släckvatten och hur dessa koncentrationer kan jämföras med riktvärden för utsläpp vid anläggningarnas recipienter. För att få representativa värden att jämföra med modellen har två provtagningar på släckvatten utförts vid två olika brandtillfällen på Skräppekärr sorteringsanläggning. Utifrån de kunskaper som inhämtats och de aktuella förutsättningarna har sedan lämpliga förebyggande åtgärdsförslag och riktlinjer vid tillbud tagits fram.

1.4 AVGRÄNSNINGAR

Då avfall på en anläggning kan ha en mycket komplex och varierande sammansättning innefattar inte arbetet alla former av förbränningsprodukter som bildas vid en brand. Fokus ligger istället på de vanligaste föreningarnas uppkomst och hur de påverkar sin omgivning.

Vid skildring av miljöpåverkan är arbetet begränsat till att beskriva allmän påverkan istället för varje enskild förenings inverkan då detta i sig utgör ett stort arbete.

2. ALLMÄNT

2.1. LAGAR, FÖRORDNINGAR OCH FÖRESKRIFTER

Det finns ett antal lagar, förordningar och föreskrifter som berör hur släckvatten från avfallsanläggningar ska hanteras, vad verksamhetsutövaren har för skyldigheter samt hur brand bör förebyggas. Några av dessa redovisas i följande stycken.

Miljöbalken

Miljöbalken (MB) har tillämpats sedan den 1 januari 1999. Dess huvudsakliga syfte är att gagna en hållbar utveckling och hjälpa oss skapa en hälsosam och god miljö för framtiden (Naturvårdsverket, 2009 a). Balken styr bland annat miljöfarlig verksamhet, hälsoskydd, avfall, vattenverksamheter och skydd av områden. Reglerna ska tillämpas för att människors hälsa och miljön ska vara skyddade mot föroreningar och skador, värna om biodiversiteten och värdefulla natur- och kulturmiljöer, hushålla med våra resurser för att trygga framtida användning samt återvinna och återanvända råvaror och material så att ett kretslopp därigenom uppnås (Miljösamverkan, 2002).

För att uppnå ovan nämnda mål finns bland annat de allmänna hänsynsreglerna, MB kap 2. Hänsynsreglerna beskriver ett antal grundregler som är rättsligt bindande. Vissa av dessa regler bör tillämpas i samband med avfallsanläggningar och bränder, enligt styckena nedan.

2 § Kunskapskravet: Alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall skaffa sig den kunskap som behövs med hänsyn till verksamhetens eller åtgärdens art och omfattning för att skydda människors hälsa och miljön mot skada eller olägenhet.

Denna regel bör tillämpas på så sätt att verksamhetsutövaren samt alla anställda innehar tillräcklig kunskap för att kunna agera efter situationen och på så sätt minimera skador på miljö och människors hälsa.

3 § Försiktighetsprincipen: Alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall utföra de skyddsåtgärder, iaktta de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön. I samma syfte skall vid yrkesmässig verksamhet användas bästa möjliga teknik. Dessa försiktighetsmått skall vidtas så snart det finns skäl att anta att en verksamhet eller åtgärd kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön.

Försiktighetsprincipen bör åtföljas genom att se till att anläggningen är utrustad på så sätt att skyddsåtgärder finns för att hantera och förebygga olyckor. Detta kan till exempel innebära att anläggningen är utrustad med brandskyddsutrustning så som brandsläckare, brandposter och lock för att täcka dagvattenbrunnar vid behov. Denna princip ställer även krav på att till exempel lager bör begränsas till mängd och omfång för att förhindra att okontrollerade bränder uppstår.

4 § Produktvalsprincipen: Alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall undvika att använda eller sälja sådana kemiska produkter eller biotekniska organismer som kan befaras medföra risker för människors hälsa eller miljön, om de kan ersättas med sådana produkter eller organismer som kan antas vara mindre farliga.

Motsvarande krav gäller i fråga om varor som innehåller eller har behandlats med en kemisk produkt eller bioteknisk organism.

För att minimera skador bör här till exempel sådana släckmedel väljas att risken för skador för människors hälsa och miljön är så liten som möjligt.

5 § Hushållnings- och kretsloppsprinciperna: Alla som bedriver en verksamhet eller vidtar en åtgärd skall hushålla med råvaror och energi samt utnyttja möjligheterna till återanvändning och återvinning. I första hand skall förnybara energikällor användas.

Vid brand bör inte mer släckmedel användas än vad som är nödvändigt. Släckvatten bör om möjligt renas och återanvändas.

7 § Kraven i 2-5 §§ och 6 § första stycket gäller i den utsträckning det inte kan anses orimligt att uppfylla dem. Vid denna bedömning skall särskilt beaktas nyttan av skyddsåtgärder och andra försiktighetsmått jämfört med kostnaderna för sådana åtgärder. När det är fråga om en totalförsvarsverksamhet eller om en åtgärd behövs för totalförsvaret, skall även detta förhållande beaktas vid avvägningen.

8 § Alla som bedriver eller har bedrivit en verksamhet eller vidtagit en åtgärd som medfört skada eller olägenhet för miljön ansvarar till dess skadan eller olägenheten har upphört för att denna avhjälpes i den omfattning det kan anses skäligt enligt 10 kap. I den mån det föreskrivs i denna balk kan i stället skyldighet att ersätta skadan eller olägenheten uppkomma.

Lagen om skydd mot olyckor (SFS 2003:778)

I lagen om skydd mot olyckor finns bland annat föreskrifter om hur sanering efter utsläpp bör se ut och vilka skade- och olycksförebyggande åtgärder man bör använda sig av. Det är Länsstyrelsen, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap och kommunala räddningsnämnden som har ansvar för tillsyn enligt lagen om skydd mot olyckor. Nedan följer ett antal paragrafer som beskriver ansvarsålägganden och förebyggande åtgärder som verksamhetsutövaren bör tillämpa.

2 § Ägare eller nyttjanderättshavare till byggnader eller andra anläggningar skall i skälig omfattning hålla utrustning för släckning av brand och för livräddning vid brand eller annan olycka och i övrigt vidta de åtgärder som behövs för att förebygga brand och för att hindra eller begränsa skador till följd av brand

4 § Vid en anläggning där verksamheten innebär fara för att en olycka skall orsaka allvarliga skador på människor eller miljön, är anläggningens ägare eller den som utövar verksamheten på anläggningen skyldig att i skälig omfattning hålla eller bekosta beredskap med personal och egendom och i övrigt vidta nödvändiga åtgärder för att hindra eller begränsa sådana skador.

Den som utövar verksamheten är skyldig att analysera riskerna för sådana olyckor som anges i första stycket.

5 § Vid utsläpp av giftiga eller skadliga ämnen från en anläggning skall den som utövar verksamheten underrätta länsstyrelsen, polismyndigheten och kommunen om utsläppet påkallar särskilda åtgärder till skydd för allmänheten. Underrättelse skall också lämnas om det föreligger överhängande fara för ett sådant utsläpp.

Avfallsförordning (2001:1063)

I avfallsförordningen finns övergripande bestämmelser för avfall. Där kan man bland annat finna information om hur avfall klassas och definitioner av avfall. Man kan även hitta regler för behandlingsmetoder, producentansvar och vad som gäller för transport av avfall.

Andra förordningar, föreskrifter och allmänna råd som kan vara intressanta finns listade i bilaga 1.

2.2 SLÄCKVATTENHANTERING OCH FÖREBYGGANDE ARBETE PÅ ANDRA ANLÄGGNINGAR I SVERIGE

För att bilda en uppfattning om hur släckvattenproblematiken hanteras på avfallsanläggningar utanför Västra Götalands län, utfördes en inventering av tre kommuner och deras arbete med förebyggande åtgärder och det efterarbete som är påföljden av en brand.

Spillepens avfallsanläggning, Malmö kommun

Spillepens avfallsanläggning tillhör Sysav och är lokaliserad på Spillepengsgatan i Malmö. På anläggningen sker sortering, kompostering, flisning, biogasproduktion, biologisk behandling av förorenad jord, mellanlagring av farligt avfall och deponering. För att förebygga bränder arbetar man med lagerplaner där lagerstorleken begränsas och bestämda avstånd hålls mellan byggnader och annan lagring. Mellan byggnaderna finns brandskydd för att försvåra spridningen av en eventuell brand. Vid en eventuell brand är första prioriteten att hindra släckvattnet från att nå omgivande mark och istället samlas upp inom anläggningen. Detta uppnår man genom att stänga dagvattenbrunnar och därmed stoppa utflöde genom dagvattenledningar. Anläggningen har även uppbyggda vallar och hårdbelagda ytor för att hejda utläckage. För att rena det förorenade vattnet har man en reningsanläggning med ultrafilter, kemisk rening och omvänd osmos. Vid en eventuell brand har man cisterner i beredskap för att kunna förvara det förorenade släckvattnet. Dessa kan även användas till att ta emot släckvatten från andra anläggningar för mellanlagring (Andersson, muntlig referens).

Sobacken, Borås kommun

På Sobacken i Borås sker sortering, mellanlagring, behandling av förorenade massor, bränsleberedning och deponering. Där avleds allt lak- och dagvatten från avfallsanläggningen till en lakvattendamm. Från denna damm går vattnet vidare till Gässlösa reningsverk, som är ett kommunalt reningsverk. Om brand skulle uppstå på avfallsanläggningen kommer även släckvattnet att ledas till denna lakvattendamm. Hur den fortsatta hanteringen av släckvattnet sedan kommer att gå till är för tillfället under utredning. Man har dock avgjort att inget släckvatten från den del av anläggningen som innefattar farligt avfall kommer att ledas till lakvattendammen då reningsverket inte skulle klara av att rena vattnet så mycket som krävs. Hur släckvattnet från farligt avfall anläggningen ska omhändertas är under utredning men vad som står klart är att vattnet ska samlas upp och förmodligen transporteras bort för omhändertagande. Utredningen kommer även leda till direktiv för hur lagring och förvaring av avfallet ska skötas för att förebygga brand. Undersökningen är ett samarbete mellan

Miljökontoret i Borås kommun och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Arbetet påbörjades efter påtryckningar från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (Lundberg, muntlig referens). En förundersökning till släckvattenutredningen visar att det största problemet på anläggningen är avsaknaden av ett brandpostnät. Vid brand innebär det att Räddningstjänsten måste köra skytteltrafik med tankbilar för att kunna försörja en släckinsats med släckvatten. Förundersökningen ger förslag på att antingen bygga en grov kommunal vattenledning till avfallsanläggningen och/eller placera en släckvattencistern på området. Släckvattencisternen ska då vara dimensionerad för att klara ett flöde på 2400 L/min i minst två timmar, dvs. 288 m³. Denna volym bedöms krävas för att släcka 99,8 % av alla de bränder som uppstår på avfallsanläggningar (Hansson, 2009).

Uppsala kommun, Björklinge

Uppsala kommun har två anläggningar för förbränning av avfall, en av det lite äldre slaget och en nyare anläggning. Fokus på dessa anläggningar ligger på att samla upp släckvattnet och se till så att ingenting rinner ut från anläggningen. Efter en incident då släckvatten rann ut från den gamla anläggningen påbörjade man en utredning och åtgärder vidtogs. Numera har anläggningen fjärrstyrd släckningsutrustning. En värmekamera söker igenom tippfickan för att detektera eventuella bränder och en gripklo kan sedan gräva ut specifikt på den plats där värmekameran visar förhöjd temperatur. På så sätt försöker man jobba mycket i förebyggande syfte för att förhindra att bränder uppstår (Forsberg, muntlig referens).

2.3 SLÄCKNINGSMETOD

Vatten

Vid brand är vatten det allra vanligaste släckmedlet. Att så är fallet beror bland annat på att vatten är lätt att transportera, det är billigt att använda, lätt att applicera och har en mycket bra värmeupptagningsförmåga. Vid förångning är värmeupptagningsförmågan som bäst. Att kylningseffekten på branden är som bäst då beror på att energi överförs från branden till vattnet och genererar uppvärmning och förångning av vattnet. Man bör alltså sträva efter fullständig förångning för att släckvattnet ska få bästa kylningseffekt. Teoretiskt sett är detta möjligt men i praktiken är det ett mål som är ogenomförbart (Särdqvist, 2006).

Kylningseffekt påverkas även av storleken på vattendropparna. Om vattendropparna är små blir arean på det påförda vattnet större och därmed går energiöverföringen snabbare. En snabb energiöverföring innebär en snabb temperatursänkning (Särdqvist, 2006).

När vatten används som släckmedel vid en brand förångas en del. Faktorer som påverkar förångningen kan till exempel vara var vattnet påförs, hur lång sträcka dropparna färdas genom brandgasen samt brandgasens temperatur. Beroende på om vattnet påförs på upphettade ytor, direkt på brinnande ytor eller i brandgaserna som producerats, blir förångningen olika stor. Temperatur och sträcka påverkar genom att en högre temperatur ger snabbare förångning och en längre sträcka att färdas ger längre tid för dropparna att minska och tillslut förångas (Andersson m.fl., 2002).

Skumvätska

Skumvätska består av en blandning av olika ämnen. Beroende på hur blandningen ser ut får man olika egenskaper hos släckmedlet. Huvudbeståndsdelen i skumvätskan är skumbildaren som är proteinbaserad eller tensidbaserad. Allra vanligast är tensidbaserad skumvätska. Den tensidbaserade skumvätskan innehåller ofta petroleumprodukter eller fettsyror och fungerar på samma sätt som diskmedel och sänker ytspänningen. Proteinbaserade skumvätskor består ofta av hydrolyserade vegetabiliska eller animaliska proteinråvaror (Holm & Sylom, 1995).

Förutom skumbildaren finns även ett antal andra ämnen i skumvätskan som till exempel vatten, lösningsmedel för att ge skummet rätt viskositet, stabilisatorer som gör skummet vätskehållande samt pH-justerande medel (Särdqvist, 2006). Skumvätska används ofta vid bränder i vätskor lättare än vatten. Eftersom vattnet är tyngre än vätskan som brinner sjunker vattnet igenom utan att släcka. Följden av att vattnet sjunker igenom kan bli att en så kallad ångexplosion uppstår. Det beror på att temperaturen under vätskan är så hög att vattnet förångas. Trycket blir då mycket högt och man får en slags explosion (Miljösamverkan, 2002). Skumvätska är skum blandat med vatten, ofta är den procentuella inblandningen ca 3 % skum. När man använder skumvätska som släckmedel kan vattnet i skumvätskan flyta ovanpå den brinnande vätskan trots att vattnet i skumvätskan har högre densitet. Att skumvätskan kan flyta ovanpå vätska med lägre densitet beror på att skumvätskan är filmbildande. Den filmbildande förmågan kommer utav att ytspänningen hos vattnet i skumvätskan sänks. Om ytspänningen sänks så pass mycket att den brinnande vätskans ytspänning tillslut blir högre än vattnet i skummets ytspänning, bildar vattnet inte längre droppar som sjunker igenom vätskan utan en film som lägger sig ovanpå (Särdqvist, 2006). Precis som vatten fungerar skummet kvävande och avkylande på branden. Man kan med fördel använda skumvätska vid bränder i trä, papper, tyg och andra fibrösa material men även vid bränder i elektronisk utrustning samt i vätskor och oljor (Miljösamverkan, 2002). Skum går också bra att använda i förebyggande syfte. För att se till att branden inte ens bryter ut kan man täcka med ett skumlager och därmed se till att inget syre kan tillföras (Holm & Sylom, 1995).

Pulver

I benämningen pulver, i samband med brandbekämpning, ingår alla fasta ämnen som används som släckmedel. Pulver har en kvävande effekt och är vanligt förekommande i handbrandsläckare. Allt som oftast består det av olika blandningar av salter. Vanligtvis är det uppbyggt av en positiv jon i form av kalium, natrium eller ammonium samt en negativ jon i form av klorid, sulfat, vätekarbonat eller divätefosfat. Pulver används bäst för att slå ner bränder och sedan åtföljas av skum eller vatten. Eftersom pulver inte är elektriskt ledande går det bra att använda vid brand i elektronik. Man bör dock inte använda pulver om den elektroniska apparaturen är smutskänslig. Pulver används endast för att släcka en redan antänd brand och förhindrar inte antändning så som skumvätska gör om det påförs i förebyggande syfte (Särdqvist, 2006).

Koldioxid

Att man använder koldioxid som släckmedel beror inte på att den tekniskt sett har bättre släckegenskaper än något annat släckmedel, användningen beror istället på dess renhet. När man bekämpar bränder med koldioxid blir skadorna efter branden mycket små eller i princip obefintliga. Om branden hotar värdefulla eller ekonomiskt skyddsvärda föremål kan därför koldioxid med fördel användas. Man kan även använda koldioxid som släckmedel vid brand i elektronisk utrustning, då den ej är ledande, samt för släckning av brand i vätskor. Det är olämpligt att använda koldioxid vid bekämpning av bränder i metaller eftersom kemiska

reaktioner då kan inträffa och släckeeffekten uteblir. Koldioxid fungerar delvis temperatursänkande i flammorna men framförallt tränger den undan luften och verkar därmed även utspädande. På grund av utspädningen minskar halten syre i luften och tillslut finns inte tillräckligt med syre för att underhålla förbränningsprocessen. När syret trängs undan kan fara uppstå för människor. Om halten syre blir så låg som under 14 % kan vi människor inte längre leva och koldioxidsläckning kräver därför utrymning av lokalerna (Särdqvist, 2006).

Argonite

Argonite är en gasblandning av 50 % kväve och 50 % Argon och precis som koldioxid fungerar argonite kvävande. Gasen är färglös och luktfri. Inte heller argonite lämnar några rester efter släckning och är därmed en skonsam släckningsmetod då man till exempel har att göra med känslig apparatur. Gasen är inte ledande och fungerar utmärkt som släckmedel vid brand i eller omkring elektronik. Att den inte är lika vanligt förekommande som koldioxid beror på det höga priset. Även argonite kan innebära fara för människor om syret i luften trängs undan av argoniten så att syrehalten hamnar under 14 % (Särdqvist, 2006).

Släcka eller ej

När man väljer att släcka en brand blir förbränningen ofullständig. En ofullständig förbränning leder till en mer komplex sammansättning i förbränningsprodukterna. Dessa förbränningsprodukter hamnar delvis i släckvattnet och föroreningar kan på så sätt spridas. Om man istället undviker att släcka branden kommer majoriteten av föroreningarna lämna platsen via luften. I och med att förbränningen sker under bra förhållanden förs diskussioner huruvida det i vissa lägen vore bättre ur miljösynpunkt att låta branden fortgå. Om branden tillåts fortgå kan dock rökgaser utgöra en akut risk människors hälsa. Trots att röken kan utgöra ett hot mot människors hälsa innebär inte det att en stor vattenpåföring är den bästa lösningen. En stor vattenpåföring kan påverka brandgasen giftighet negativt om förbränningen blir ofullständig (Persson, 2002).

2.4 SLÄCKVATTNETS KEMISK SAMMANSÄTTNING

2.4.1 Faktorer som påverkar släckvattnets sammansättning

Släckvattnets sammansättning kan variera inom stora spann. Störst procentuell del utgör naturligtvis det vatten som inte förångas under släckningsarbetet. Vilka de andra komponenterna är beror på det material som brinner, temperaturförhållanden, syretillgång och turbulens i gasfasen som avgör kontakten mellan syret i luften och bränslet (Persson, 1996).

När vatten används för att släcka bränder fungerar det dels som ett lösningsmedel för vissa ämnen, dels som överföring och urtvättning av partiklar från brandrök men även som bärare av löst material. Urtvättningen gäller både för ämnen som fanns på platsen innan branden bröt ut och ämnen som bildats genom branden. Beroende på hur stora mängder vatten som påförs blir urtvättningen och brottransporten mer eller mindre effektiv. Stora mängder vatten ger effektiv borttransport och urtvättning.

Vad som följer med släckvattnet beror bland annat på hur föreningen eller ämnet löser sig i vatten. Då kontakten mellan vattnet och brandröken bara varar en kort stund är ämnets koncentration i släckvattnet helt beroende av dess löslighet i vatten. Detta medför att polära föreningar lättare tvättas ur än opolära. Ämnen med hög kokpunkt kan även de tvättas ur brandröken eftersom de lätt kondenserar på partiklar och sedan följer med genom vattnets

mekaniska skrubbing. Urtvättning ur brandröken sker alltså framförallt av ämnen med hög kokpunkt och starkt polära ämnen (Andersson m.fl., 2002). För ämnen som inte finns i brandröken utan i det förbrända avfallet är kontakttiden mellan vatten och avfall är längre än kontakttiden mellan vatten och brandrök och koncentrationerna blir därmed oftast högre i vatten som träffar det förbrända avfallet.

Hur släckvattnets slutgiltiga sammansättning blir påverkas även av vad vattnet kommit i kontakt med i tidigare skeden. Om vattnet till exempel har kommit i kontakt med koncentrerad saltsyralösning eller andra stark sura ämnen och därmed blivit surare vid passering av brandplatsen medför det att metallföreningars löslighet i vattnet ökar. Ett annat exempel kan vara om släckvattnet kommer i kontakt med släckmedelstillsatser som skumvätska. Den tensidbaserade skumvätskan fungerar ungefär som diskmedel och ökar därmed lösligheten för fett och petroleumprodukter (Andersson m.fl., 2002).

Vilka ämnen som bildas vid en brand är helt beroende på hur förhållandena för förbränning ser ut. En hög temperatur (över 800°C) är oftast tecken på att man har en fullständig förbränning. Detta beror på att en hög temperatur i regel visar på en god syretillgång, god tillgång till torrt, brännbart material samt att endast små mängder vatten träffat brandhärden. Vid fullständig förbränning är de föreningar som bildas ofta enkla, gasformiga och fullständigt oxiderade. I vatten som tvättar ur brandrök från en fullständig förbränning blir därför föroreningssammansättningen i regel av en enklare typ. I motsats till den höga temperaturen kan en låg temperatur (under 700°C) vara tecken på ofullständig förbränning. Orsakerna till den ofullständiga förbränningen kan bland annat vara att syretillgången är begränsad eller att mycket vatten används för att bekämpa elden. Resultatet av en ofullständig förbränning är ofta mer komplexa föreningar. När mycket vatten används för brandsläckning kan vissa delar av branden släckas antingen tillfälligt eller permanent. Det medför att vattnet lätt kan tvätta ur föroreningar från brandområdet och att släckvattnet till följd därav kan få en mycket komplex sammansättning (Andersson m.fl., 2002).

2.4.2 Släckvattnets möjliga kemiska sammansättning

Varje år brinner det mellan 200 och 250 gånger på avfallsupplag i Sverige. Allra vanligast är brand i olika former av industriavfall samt byggnads- och rivningsavfall. Vilka förbränningsprodukter som bildas beror på avfallet som brinner. Industrier som finns i närheten är ofta avgörande för hur sammansättningen av industriavfall som lämnas in på avfallsanläggningarna ser ut och innehållet kan skilja mycket. Bygg-, rivnings- och hushållsavfall är i regel ganska enhetligt och resultaten blir ganska lika vid brand. Stora avvikelser i sammansättningen kan dock uppstå vid brand i till exempel polyvinylklorid (PVC) eller bildäck (Persson, 2002). Nedan följer en beskrivning av ett antal produkter som bildas vid förbränning och hur de påverkar släckvattnets sammansättning. För en sammanställning se tabell 1.

Vid förbränning av organiskt material är det förbränningsvillkoren som avgör vilka förbränningsprodukter som bildas. Generellt sett kan man säga att dåliga förbränningsvillkor gynnar bildandet av organiska föreningar. Alltså leder låg temperatur och syrefattig miljö till att en stor mängd organiska föreningar bildas (Persson, 2002).

Vid brand i biologiskt material, så som trä och ris av olika slag, genereras stora mängder organiskt material. Detta medför att den biologiskt syreförbrukande förmågan (BOD) och den kemiskt syreförbrukande förmågan (COD) kan bli mycket höga. Då förbränningen är ofullständig bildas lättflyktiga organiska föreningar (VOC) och polycykliska aromatiska

kolväte (PAH) och vid höga temperaturer och överskott på syre bildas NO_x . Vid brand i träprodukter kan även stora mängder andra kväveföreningar bildas, så som kvävemoxid (NO), cyanväte (HCN), dikväveoxid (N_2O) men även i somliga fall ammoniak (NH_3) och kvävedioxid (NO_2). Troligen omvandlas övrigt kväve till kvävgas (N_2) eller utgör en del av organiska nedbrytningsprodukter (Persson, 2002). Vid en brand i organiskt material i Uppsala Energis lager kunde stora mängder PAH detekteras och halten COD och BOD var mycket förhöjda (Persson, 2002).

Då plast brinner bildas ett stort antal organiska föreningar men även föreningar innehållande metaller. Släckvatten från bränder i plast kan därför innehålla höga halter metaller och polyklorerade bifenyl (PCB) men även PAH (Chrysikou m.fl., 2007), cyanider, fenoler dioxiner och bromerade flamskyddsmedel. Då plast som innehåller bromerade flamskyddsmedel förbränns, bildas bromerade dioxiner (Avfall och Miljö, 2009). Vid brand i PVC-plast då förbränningsgraden är hög blir halten saltsyra (HCl) hög och pH-värdet därmed lågt. År förbränningsvillkoren mindre gynnsamma bildas andra former av klorerade kolväten. Vid hög temperatur och god tillgång på syre bildas NO_x . NO_x kan sedan omvandlas till salpetersyra (HNO_3) som är en mycket stark syra och kraftigt pH-sänkande (Larsson & Lönnermark, 2002).

Vid förbränning av färg och lösningsmedel kan PAH, PCB och dioxiner påvisas i anmärkningsvärda halter. På grund av lösningsmedlet är risken även stor för förhöjda halter av metaller i släckvattnet (Carling m.fl., 2002). Även vid kabelbrand kan de uppmätta halterna dioxin och PAH vara mycket höga i släckvattnet (Lindgren m.fl., 2007). Om brand utbryter i metallskrot bildas främst PAH. Beroende på vilken form av metallskrot som brinner kan även olika metallföreningar följa med släckvattnet. De metaller som oftast förekommer i höga halter i släckvatten är zink och bly. En vanlig form av metallförening är metalloxider som är lösliga i vatten (Blomqvist & Lönnermark, 2005). Brand i elektronikavfall genererar ofta höga halter av olika sorters flamskyddsmedel då många dataskärmar, TV-apparater och annan elektronikutrustning är impregnerade. När flamskyddsmedel förbränns finns det risk för att det bildas dioxiner men även olika former av kväveföreningar (Persson, 2002).

En brand i bildäck eller andra former av gummiprodukter genererar stora mängder svaveloxider (SO_2) men även potentiellt stora mängder VOC och dioxiner. Under vissa förhållanden kan även koldisulfid (CS_2) och svavelväte (H_2S) bildas (Larsson & Lönnermark, 2002). Petroleumprodukter som brinner ger även det slutprodukter i form av svavelhaltiga föreningar, huvudsakligen svaveloxid. Andra slutprodukter är PAH och olika blyföreningar, förutsatt att petroleumprodukten innehåller bly vilket är ovanligt i dagsläget (Larsson & Lönnermark, 2002). Förbränning av olika former av gips leder i huvudsak till bildande av svaveldioxid men även andra former av svavelföreningar (Larsson & Lönnermark, 2002).

Då skumvätska använts i släckningsarbetet kan följden bli att svårlösta kemikalier löser sig i vattnet på grund av skumvätskans tensider. Det är även troligt att tensiderna emulgerar petroleumprodukter som därmed gör oljan rörlig i vatten. Vid tillsats av skumvätska har man kunnat påvisa markanta ökning av PAH, VOC och dioxiner i släckvattnet (Holm & Sylom, 1995). Förbränning av brandsläckningspulver genererar olika former av kväveföreningar (Persson, 2002) men kan även ge ett antal olika fosforföreningar (Larsson & Lönnermark, 2004).

Tabell 1 Förbränning av olika avfallsmaterial och de förbränningsprodukter som då genereras

Material som förbränns	Förbränningsprodukt
Organiskt material	BOD, COD, PAH, VOC, NO _x och andra kväveföreningar
Färg och lösningsmedel	PAH, PCB, dioxiner, metaller
Plast	Metaller, PAH, PCB, bromerade flamskyddsmedel, dioxiner, fenoler, cyanider, klorerade kolväten, NO _x , HCl
Gummiprodukter (bildäck)	Svaveloxider, VOC, dioxiner
Kabel	PAH, dioxin
Metallskrot	PAH, metallföreningar
Elektronikavfall	Flamskyddsmedel, dioxiner, Kväveföreningar
Petroleumprodukter	Svavelhaltiga föreningar, PAH, blyföreningar
Gips	Svavelhaltiga föreningar
Skumvätska	Tensider, PAH, VOC, dioxiner, petroleumföreningar
Brandsläckningspulver	Kväveföreningar, fosforföreningar

2.4.3 Analyser av släckvatten

Vilka parametrar man ska välja att analysera i ett släckvatten kan variera mellan olika bränder eftersom släckvattens sammansättning ofta är mycket komplex och beroende av materialet som brunnit. De olika komponenterna i släckvattnet är även beroende av hur mycket vatten som använts vid släckinsatsen, huruvida förbränningen varit fullständig samt vilket släckmedel man använt. Utifrån dessa förutsättningar får man göra en bedömning från fall till fall. De vanligaste och viktigaste analyserna följer nedan.

Surhetsgrad (pH)

Ett avvikande pH-värde (neutralt pH 7) kan leda till stora skador på miljön. Som redogjorts ovan kan ett lågt pH på vattnet öka lösligheten för metallföreningar och därmed bidra till en ökad rörlighet hos metallerna. Då pH-värde sjunker så lågt som runt 5,5 eller lägre i recipienten kan påverkan på vissa arters biologiska funktioner detekteras (Larsson & Lönnermark, 2004).

Konduktivitet

Konduktivitet, även kallad elektrisk ledningsförmåga, är ett mått på den totala halten av lösta salter som finns i vattnet och beskriver hur väl vatten leder elektrisk ström. Om släckvatten visar sig ha en hög konduktivitet innebär det att vattnet har hög jonkoncentration. Detta i sin tur tyder på höga halter föroreningar (Larsson & Lönnermark, 2004). Ett enkelt konduktivitetstest kan alltså användas för att ge en indikation på hur förorenat ett släckvatten är.

Koncentration löst syrgas

Det finns ett antal processer som påverkar vattnets förmåga att lösa syre. Till exempel påverkar en ökad salthalt och högre temperatur vattnets förmåga att lösa syre negativt. För låga syrehalter i recipientvattnet kan medföra syrebrist i recipienten. Genom att mäta koncentrationen löst syre i vattnet kan man alltså bedöma risken för syrebrist i en sjö eller ett vattendrag (Larsson & Lönnermark, 2004).

BOD (biologisk syreförbrukande förmåga)

Detta är ett mått på hur snabbt syre förbrukas av organismer i en viss mängd vatten. BOD beskriver alltså hur mycket biologiskt nedbrytbar substans det finns i vattnet. När man analyserar BOD använder man sig ofta av en sjudagarsanalys. Man mäter då hur mycket syre som förbrukats under sju dygn, BOD₇ (Larsson & Lönnermark, 2004).

När föroreningar följer med släckvattnet är det givetvis positivt med en snabb nedbrytning, förutsatt att nedbrytningen resulterar i mindre farliga föreningar. Dock kan en snabb nedbrytning vara av det negativa slaget då en allt för effektiv nedbrytning kan leda till syrebrist i sjöar och vattendrag (Larsson & Lönnermark, 2004).

COD (kemisk syreförbrukande förmåga)

COD beskriver den mängd syre som förbrukas vid fullständig oxidation av de organiska ämnen som finns i vattnet (fullständig kemisk nedbrytning) (Larsson & Lönnermark, 2004). Vid en brand i avfallsmaterial i Norge år 2003 genererades stora halter COD i släckvattnet, halterna var upp till 15 gånger högre än normalt (Gjengedal m.fl., 2004).

För att få ett mått på den biokemiska nedbrytbarheten brukar man använda sig av kvoten mellan BOD och COD. Om $BOD_5 / COD < 50 \%$ brukar man säga att ämnena i provet är icke lätt nedbrytbart (Larsson & Lönnermark, 2004).

TOC (total koncentration av organiskt bundet kol)

Den totala halten organiskt bundet kol ger upplysning om hur mycket organiska ämnen som finns bundet till antingen löst eller suspenderat material. Vid nedbrytning av organiskt material har man en åtgång på syre. TOC kan därför användas för att göra en uppskattning av hur stor risken är för att syrehalten kommer att bli låg. Finner man en korrelation mellan TOC och COD räcker det att mäta TOC eftersom de båda beskriver i princip samma sak fast på lite olika sätt (Larsson & Lönnermark, 2004).

Koncentration suspenderat material

Vid händelse av brand kan bidraget av suspenderat material bli stort i form av sotpartiklar och aska. Detta konstateras bland annat i en norsk studie där vattnet från avfallsbränder visade sig innehålla stor mängder partiklar och suspenderat material (Gjengedal m.fl., 2004). De stora mängderna behöver inte nödvändigtvis komma ifrån branden utan kan även utgöras av slam, lera, djur- och växtplankton, mikrober, organiskt material och andra partiklar som rörs upp till följd av ökade vattenflöden. Stora mängder suspenderat material kan främst leda till problem vid reningsverk då slamavskiljare och rötgaskammare blir hårt belastade (Larsson & Lönnermark, 2004) men även fungera kvävande på havs- och sjöbottnar när stora mängder suspenderat material lägger sig som ett lock över bottenkiktet.

Total kvävekoncentration (total-N)

Totala kvävekoncentrationen innefattar allt kväve i alla former som finns i vattnet. Total-N används då kväve ofta finns bundet i många olika former. Det kan till exempel förekomma som löst salt eller bundet i organiska ämnen. De vanligaste formerna är ammonium-, nitrat- och nitritkväve. Kväve är ett närsalt och ofta tillväxtbegränsande i havet och behöver därför hållas efter (Larsson & Lönnermark, 2004).

Total fosforkoncentration (total-P)

Totala fosforkoncentrationen innefattar allt fosfor i alla former som finns i vattnet. Precis som kväve är fosfor ett närsalt och ofta ett tillväxtbegränsande ämne. För fosfor gäller detta dock i sjöar och vattendrag (Larsson & Lönnermark, 2004).

Metaller

Metaller kan finnas representerade i många olika former i vatten. De kan finnas som organiska eller oorganiska komplex, de kan binda till olika former av partiklar och de kan förekomma i jonform lösta i vattnet. Metaller kan inhibera reningen i reningsverk och bioackumuleras i bland annat fiskar. Undersökningar har visat att koncentrationen metall i släckvattnet kan öka mer än 50 gånger vid avfallsbrand (Gjengedal m.fl., 2004). De vanligaste metallerna att analysera är arsenik, kadmium, krom, koppar, kvicksilver, mangan, nickel, bly och zink (Larsson & Lönnermark, 2004).

PAH (polycykliska aromatiska kolväten)

PAH har väldigt låg löslighet i vatten och finns därmed till störst del bundet till partiklar i släckvatten. På grund av den låga lösligheten bör man även analysera den partikulära fraktionen i det slam som sedimenterar för att få ett representativt värde. PAH tros vara cancerframkallande (Larsson & Lönnermark, 2004). Vid brand i avfall blir vanligen halterna PAH i släckvattnet höga (Chrysikou m.fl., 2007).

Tensider

Tensider är ämnen som minskar ytspänningen hos vätskor. I vissa fall kan de vara giftiga för vattenlevande organismer samt öka lösligheten för vissa svårslösliga kemikalier. I regel är tensider svårnedbrytbara och ibland även toxiska vid låga koncentrationer.

Fenoler

Fenol kan ta upp fukt ur luften och då ca 8 % vatten tagits upp blir det flytande. Lösningen är svagt sur och har ett pH på ca 6. Fenol har med sin hydroxylgrupp och sin aromatstruktur möjlighet att lösas i både lipofila och hydrofila vätskor. Vattenlösningar av fenol användes förut för ytdesinfektion kan vara toxiskt även vid låga halter (Kemikalieinspektionen, 2009 b).

Cyanider

Lösliga cyanider har en förmåga att bilda komplex med metaller. Komplexen är stabila och har möjlighet att "lösa upp" metaller från fasta material i vatten. På grund av denna förmåga kan halten lösta metaller i vattnet bli hög (Kemikalieinspektionen, 2009 a). Cyanid kan dessutom vara toxiskt för både människor och djur redan i mycket små mängder då vissa cyanidkomplex blockerar cellandningen

Flamskyddsmedel

Generellt sett har flamskyddsmedlen låg vattenlöslighet och lågt ångtryck på grund av deras höga molekylvikter. Detta medför att de gärna adsorberas till partiklar i släckvattnet. Flamskyddsmedlen bioackumuleras lätt och är svårnedbrytbara i naturen. De anses även vara cancerframkallande och hormonstörande. (Larsson & Lönnemark, 2002).

PCB

Polyklorerade bifenylor eller PCB är ett samlingsnamn för ett antal ämnen med liknande struktur som innehåller klor i olika former. De är stabila ämnen som har låg elektrisk ledningsförmåga. All nyanvändning av PCB förbjöds i Sverige redan 1978 men problemen från tidigare användning kvarstår än idag. PCB är stabilt och bioackumuleras i miljön. (Kemikalieinspektionen, 2009 c). På grund av att PCB är obenäget att oxidera är det mycket svårantändligt. PCB är cancerframkallande och har visats leda till beteendeförändringar hos vissa djurarter (Larsson & Lönnemark, 2002). Vid en grekisk undersökning har PCB visats vara vanligt förekommande i förbränningsprodukter efter en avfallsbrand (Chrysikou m.fl., 2007).

2.5 SLÄCKVATTNETS MILJÖPÅVERKAN

2.5.1 Allmänt om miljöpåverkan från släckvatten

Om ett förorenat släckvatten kommer ut i ett vattendrag utgör det framförallt en akut risk om mängderna är stora och föroreningstiden är kort. Skulle det istället handla om ett litet läckage under en längre tid, där vattnet får infiltrera genom marken, är risken för akuta skador mindre. Risken är dock beroende av områdets känslighet och även om läckaget är långsamt kan marken vara förorenad en lång tid framöver. Behöver marken sedan saneras kan kostnaderna bli mycket höga (Persson, 2002).

I släckvatten kan det finnas ett stort antal olika föreningar och ämnen. Dessa föreningar och ämnen kan vara både naturligt förekommande och naturfrämmande. Oavsett om de finns naturligt eller ej kan de orsaka stora skador på miljön. De naturligt förekommande ämnena påverkar främst genom att onaturligt stora mängder kan förskjuta jämvikten i recipienten. Exempel på detta kan vara kväve eller fosfor som är tillväxtnäringsämnen och orsakar övergödning. Om halten kväve eller fosfor som tillförs recipienten är mycket höga ökar tillväxten enormt (så länge inget annat är tillväxtbegränsande). En hög tillväxthastighet medför en kraftigt ökande biomassaproduktion. Denna stora ökning i biomassa medför i sin tur att man får en kraftigt ökad nedbrytning av organiskt material. Risken finns då att syreförbrukningen i vattnet är snabbare än vattnets syreupptagningsförmåga vilket kan resultera i syrebrist i recipienten och stora skador därav.

Ett annat exempel är då mycket sura eller basiska ämnen följer med släckvattnet. Påverkan på pH-värdet kan då bli akut och drastiskt ändra förutsättningarna för vattenlevande organismer i recipienten. När pH sjunker under 5,5 kan man till en början märka en nedsatt fortplantningsförmåga hos vissa organismer. Vid ännu lägre pH kan hela livsmiljöer ödeläggas lokalt. Naturfrämmande ämnen orsakar ofta skador som beror på att recipienten saknar förutsättningar och mekanismer för att ta hand om dem. Detta gör att stora skador kan uppkomma redan vid mycket låga koncentrationer (Miljösamverkan, 2002).

Hur vattnet i recipientens kemiska sammansättning ser ut har betydelse för graden av påverkan. Om till exempel vattnet har en god buffrande förmåga, syretillgången är god,

temperaturen är gynnsam och det finns stor biologisk aktivitet i recipienten kan detta effektivt motverka skador (Miljösamverkan, 2002).

När en bedömning av skadans omfattning ska utföras är det viktigt att även ta med i beräkningarna hur föroreningsbelastningen varit under en längre tid innan utsläppet. Den gamla föroreningssituationen kan sedan vägas samman med den nya föroreningen. I regel känner man sällan till den kroniska föroreningssituationen och detta gör bedömningen svårare. Om den kroniska föroreningsbelastningen under längre tid varit hög kan det innebära att många av de känsliga arterna i ekosystemet redan har slagits ut. En ytterligare ökad föroreningsbelastning behöver därmed inte öka risken för skador på de tåliga arter som finns kvar. Detta gäller förutsatt att släckvattnet inte innehåller helt andra föroreningar än den tidigare föroreningsbelastningen. Ett problem är dock att akut giftighet oftast framträder vid mycket lägre koncentrationer i recipienterna än vad toxicitetsdata framtagen i laboratorier visar (Andersson m.fl., 2002).

Artsammansättningen påverkar genom att olika arter klarar olika sorters föroreningar olika bra. Mot en viss art kan ett ämne vara dödligt medan samma ämne i princip är helt ofarligt för en annan organism. Släckvatten kan därför påverka recipienter på helt olika sätt beroende på artsammansättningen. Känsliga biotoper drabbas ofta hårdast av utsläpp eftersom känsliga arter i regel inte finns i närheten av det området och kan då inte återinvandra när giftverkan börjat neutraliseras (Larsson & Lönnemark, 2004).

2.5.2 Släckmedels miljöpåverkan

Skum

De allra flesta skumvätskor bryts ner relativt snabbt, i alla fall vid 20-25 °C som de flesta nedbrytningstesterna utförs vid. Detta gäller för både protein- och tensidbaserade skumvätskor och beror på att huvudkomponenterna i båda sorterna är biologiskt nedbrytbara (Särdqvist, 2006). Dock är temperaturerna sällan så höga i svenska sjöar och vattendrag och nedbrytningshastigheten är därför i regel lägre här i Sverige. När mikroorganismer bryter ner de olika föreningar som skumvätskan innehåller åtgår stora mängder syre. Detta kan leda till syrebrist i recipienten om stora mängder skumvätska tillsätts. Vid mindre vattendrag finns det även risk för syrebrist då skum täcker hela vattendraget och därmed skiljer vattenytan från luften (Miljösamverkan, 2002).

Då skum tillsätts till släckmedlet sänker det vattnets ytspänning. Till och med vid extremt små tillsatser påverkar det vattnets egenskaper radikalt, till exempel sänker en inblandning med 0,1 % skumvätska vattnets ytspänning radikalt (Särdqvist, 2006). Den ytspänningssänkande förmågan medför problem för många fiskar då gälarna påverkas och syreupptagningsförmågan därmed blir nedsatt. Tensiderna kan även orsaka problem på andra sätt. Fluortensider är mycket svårnedbrytbara och kan vara toxiska i mycket låga koncentrationer. Det spelar då ingen roll att stora procentuella delar av skumvätskan är lätt att bryta ned eftersom fluortensiderna stannar kvar i miljön och kan ackumuleras i bland annat djur och växter (Miljösamverkan, 2002).

Tensiderna bidrar även till att svårslösliga kemikalier blir mer lösliga i vatten. Det är troligt att tensider i skumvätska kan emulgera petroleumbränslen som till exempel olja. På grund av emulgeringen ökar spridningsrisken och gör oljan rörlig i vatten. Förmodligen tas emulgeringen upp lättare av organismer, än oljan och tensiderna var och en för sig, och kan därmed orsaka stora miljöproblem. Tensidernas förmåga att lösa olja i vatten kan påverka anläggningarnas oljeavskiljare till den grad att de slås ut helt. Olja kan då spridas fritt i

recipienten. På grund av den låga ytspänningen kan skumvätska fungera i likhet med tvättmedel. Det finns därför risk för att släckvattnet tvättar ur ledningarna det transporteras i och för med sig föroreningar som annars hade suttit kvar på rörens insida (Holm m.fl., 1995). Genom tillsats av skumvätska i släckmedel har man även kunna påvisa en markant ökning av halterna VOC, PAH och dioxiner i det förorenade släckvattnet (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2007).

Vid användning av skumvätskor har man 3 % skuminblandning i lösningen. Det motsvarar ca 30 000 mg/L. Om man sätter denna siffra i relation till toxicitetsvärdena för till exempel regnbågsöring, som har ett LC₅₀ 96h-värde¹ på 1800 mg/L, innebär det att lösningen måste spädas 17 gånger för att koncentrationen ska komma ner i den nivå där 50 % av regnbågsöringarna dör vid 96 timmars exponering. För att dessutom kunna undvika kroniska skador krävs en betydligt större spädning än så (Holm m.fl., 1995).

Pulver

Normalt sett är pulversläckmedlens ingående ämnen inte farliga för miljön. I enstaka fall kan dock viss påverkan på pH-värdet inträffa då vissa pulvertyper kommer i kontakt med vatten. De pulver som innehåller ammoniumfosfat kan dessutom fungera som tillväxtstimulans då de släpps ut i miljön (Svenska brandskydds företag, 2005).

Koldioxid

Koldioxid är en växthusgas och bidrar därmed till den globala uppvärmningen. Denna gas är dock en restprodukt från annan form av produktion, till exempel tillverkning av gödningsmedel och jäsningsprocessen vid tillverkning av brännvin. I och med att den gas som används till brandsläckning annars skulle släppas ut till atmosfären och nu istället mellanlagras i brandsläckarbehållare innan den används kan den inte anses medföra någon ytterligare miljöpåverkan (Svenska brandskydds företag, 2005).

Argonite

Precis som koldioxid finns både argon och kväve naturligt i atmosfären. Gasen som används i brandsläckare utvinns ur luften och släpps sedan tillbaka dit vid användning av brandsläckaren. Argonite kan därför inte anses ha några effekter på miljön (Särdqvist, 2006).

2.6 ÅTGÄRDER

2.6.1 Säkerhetsutrustning och förebyggande åtgärder

Installation av sprinkler

Att installera sprinklersystem i en byggnad är ett mycket effektivt sätt att skydda och minimera skador under och efter en brand. Man kan välja att skydda en hel lokal (helskydd) eller bara utvalda delar (delskydd). Vid till exempel maskiner eller vid en specifik process kan man välja att begränsa sprinklingen till ett visst utrymme (punktskydd). Om installationen inte sker under byggnationen blir dock kostanden väldigt hög. Har anläggningen en hög brandrisk bör man väga installationskostnaden mot den eventuella kostnad man skulle kunna få vid driftstopp, nedbrunna lokaler eller förorenad mark eftersom dessa kostnader kan bli mycket större.

¹ LC₅₀ 96h-värde motsvarar den koncentration där 50 % av den förutbestämde arten dör vid 96 timmars exponering.

Uppdaterade ritningar och kunskap om avloppen

Om man redan innan branden bryter ut är medveten om var ledningar och brunnar finns, vart de leder och hur de fungerar kan man vid ett tidigt skede förhindra okontrollerad spridning av släckvatten. På så sätt kan man själv lättare styra vart man vill att släckvattnet ska ta vägen och därmed påverka eventuella miljöeffekter.

Täppa brunnar och stänga avloppsledningar

För att förhindra spridning av förorenat släckvatten eller kemikalier kan man täppa igen dagvattenbrunnar eller stänga avloppsledningar. Täppa igen dagvattenbrunnarna kan man göra genom att lägga på ett lock. För att göra det lätt att vidta åtgärder vid brand kan det vara lämpligt att märka ut alla brunnar i området väl. Exempel på brunnlock och markering visas i Figur 1.



Figur 1 Exempel på markering av dagvattenbrunn samt placerat täcklock. Foto: Karin Gustafsson.

För att underlätta ytterligare kan man inrätta en skyddszon runt brunnen om minst två meters radie där inga fordon, material eller annan form av utrustning får placeras. Är brunnarna olämpligt placerade eller svåra att komma åt kan man istället välja att installera avstängningsventiler på ledningarna. Man kan då placera låsningsmekanismen på ett ställe dit det är osannolikt att branden når. Genom en sådan installation är det inga problem att stänga ledningarna även om vägen fram till brunnen är blockerad. Att installera avstängningsventiler på ledningarna kan bli mycket kostsamt men i vissa lägen kan det vara den enda lösningen eftersom brand eller annat material kan hindra framkomligheten till brunnarna och därmed utesluta möjligheten att täppa igen brunnen.

I samband med brand är det också viktigt att man är medveten om vart ledningarna går. Om de leder till en dag- eller lakvattenbassäng kan det vara bättre att låta vattnet ledas dit än att täppa igen brunnarna. Detta underlättar omhändertagandet i ett senare skede. I vissa lägen kan det även vara bättre att släppa ut vattnet till recipienten eller till ett reningsverk för att undvika att vattnet flödar över okontrollerat och förorenar omkringliggande mark. Detta är avvägningar som måste göras från fall till fall där olika skyddsvärden ställs mot varandra.

Invallning av kemikalier

För att förhindra spridning av kemikalier vid brand är det mycket viktigt att all hantering och förvaring av kemikalierna sker inom invallat område eller annat liknande skydd. Hur invallningen ska vara utformad och hur stor den ska vara bör anpassas efter den hanterade mängden kemikalier. Exempel på hur en invallning kan se ut redovisas i Figur 2.



Figur 2 Exempel på invallning med regnskydd. Foto: Karin Gustavsson.

Uppsamling av släckvatten

När man gör bedömningen att förorenat släckvatten kan uppkomma är det fördelaktigt att man har möjlighet att avleda släckvattnet till en bassäng eller pumpa vattnet till en cistern för att sedan kunna avgöra på vilket sätt det förorenade vattnet ska hanteras. Är bassängen utformad som en dag- eller lakvattenbassäng och sedan leds vidare till någon form av reningsverk kan man i efterhand avgöra om vattnet kan släppas ut till reningsverket eller till exempel pumpas upp och omhändertaras. För att dimensionera en sådan bassäng eller cistern måste man uppskatta och anpassa storleken efter den hanterade mängden kemikalier samt den beräknade mängden uppkommet släckvatten.

Tillgång till absorptionsmedel

Är släckvattenmängderna av mycket liten mängd eller om läckage av kemikalier inträffar kan man använda sig av absorptionsmedel för att förhindra läckage till närliggande omgivning. Absorptionsmedlet kan sedan samlas upp och transporteras bort för lämpligt omhändertagande. Det är viktigt att alla inom verksamheten känner till var medlet finns och hur det bör användas för att få snabb reaktion och bra effekt. Det är ett relativt billigt sätt att samla upp små volymer.

Ytor tillgängliga för lämpning

Lämpning innebär att man forslar bort brännbart material från brandhärden med hjälp av maskiner för att minska spridningsrisken. Genom att alltid ha öppna ytor tillgängliga och planera för det tillfälle då brand uppstår kan man snabbt och enkelt transportera bort brinnande, brandskadat eller ej brandskadat material och förvara det på ett lämpligare ställe. På så sätt förhindrar man spridning och får en ökad kontroll över brandcellen.

Brandskyddade byggnader

Genom att förse byggnader med brandväggar och branddörrar kan man minska brandens spridningsrisk markant. Precis som för installation av sprinklersystem kan det bli mycket kostsamt att brandsäkra byggnader i efterhand. Är risken för brand stor bör man ändå väga kostnaderna för installation av brandväggar och branddörrar mot de eventuella kostnader som kan uppkomma i samband med en större brand.

Handbrandsläckare

Handbrandsläckare bör vara utplacerade i närheten av sådana aktiviteter eller anordningar där risken för antändning är stor. Detta kan till exempel vara vid fordon eller andra maskiner som kan orsaka gnistor. Att installera handbrandsläckare är ett enkelt och förhållandevis billigt sätt att skydda sig mot brand. På så sätt kan man i ett tidigt skede släcka branden med enkla medel.

Städning

För att minska antändningsriskerna är det lämpligt att städa bort allt brännbart material runt maskinerna då arbetet är avslutat. Man kan även göra en okulär besiktning för att upptäcka eventuella glödbränder. Hjullastare bör placeras på en angiven plats efter arbetet är färdigt. För att inte brunnar ska sätta igen vid borttransport av släckvatten är det viktigt att rensa dagvattendiken och brunnar regelbundet.

Vallar

För att förhindra spridning av förorenat släckvatten kan man uppföra permanenta eller tillfälliga vallar runt området. På så sätt kan känsliga områden skyddas och vattnet omhändertags innan utläkaget blir för stort. Permanenta vallar runt anläggningen är att föredra för att hindra utläckage vid oönskade tillfällen. Om denna lösning inte är möjlig är det ändå fördelaktigt att det hela tiden finns material tillgängligt för att kunna bygga vallar vid behov. Även detta är ett relativt billigt och enkelt alternativ för att förhindra oönskad förorening av omkringliggande mark.

Värmesökande kamera

Värmesökande kameror mäter temperaturskillnader och kan på så sätt upptäcka överhettade områden i lagringshögarna och fastställa hur kritisk en situation är. Den fungerar som ett automatiskt kontroll-, övervaknings- och meddelandesystem som hjälper till att upptäcka och motverka bränder i ett tidigt skede (Flir, 2009). På så sätt kan man åtgärda problemen innan branden bryter ut genom att gräva ut det överhettade området eller använda sig av lämpning och flytta omkringliggande avfall. Ett införskaffande av en värmesökande kamera är ett kostsamt men effektivt alternativ för att undvika bränder. Fördelen är att man kan upptäcka bränder och glödhårdar långt inne i lagringsstackarna och släcka dem innan de hunnit bryta ut. Vid en större anläggning med framförallt förvaring inomhus kan detta vara ett kostnadseffektivt alternativ. Är risken för brand liten är det förmodligen inte ekonomiskt försvarbart att införskaffa en värmesökande kamera. Vid lagring i mycket stora stackar av framförallt flis och annat biobränsle underlättar en värmesökande kamera det förebyggande arbetet mycket. Detta beror på att lagrat biobränsle i stackar har en hög självantändningsrisk. En finsk undersökning visar att avfallsanläggningar i regel är mycket dåligt utrustade för större avfallsbränder och en investering i en värmesökande kamera kan då vara ett bra alternativ för att förebygga bränder (Ettala m.fl., 1996).

2.6.2 Lagring av avfall

Lagrat avfall i balar

Hur branden utvecklas efter antändning är mycket beroende på hur avfallet är lagrat. Om avfallet förvaras i balar sprider branden sig långsammare än vid löst lagrat avfall. På grund av den täta lagringen kommer branden med största sannolikhet bli en glödbland eller en flambrand med låga flammor. Då brandspridningshastigheten är låg tar det relativt lång tid innan branden når större proportioner men föroreningsmängden kan bli stor och rökgasutvecklingen kraftig.

Ur brandskyddssynpunkt bör balat avfall förvaras med minst 4 m avstånd mellan områdena. För att kunna förhindra spridning av en brand ska det även finnas yta för att kunna utföra lämpning av avfallet. Mellan högarna måste så pass mycket yta finnas att fordon kan ta sig fram. Man bör ej lagra mer än 2000 m² balat avfall. Eftersom brand i balat avfall sprids långsamt kommer brandarean med största sannolikhet inte överstiga 100 m² utan vid det laget har förmodligen släckningsinsatsen påbörjats. Då glödbränder är vanligast bland balat avfall behövs inte lika stora skyddsavstånd som för löst lagrat avfall. Dock måste avstånden mellan högarna vara så stora att räddningsfordon kan ha fri passage (Lindgren m.fl., 2007).

Hårdkompakterade lager kan i regel göras högre än löst lagrat avfall. När lagerhöjden kommer upp mot 8-10 m börjar risken för självantändning överhängande (Blomqvist m.fl., 2008).

Rekommendationer vid inspektion på Tagene avfallsanläggning anger dock att balar inte bör staplas högre än 6 m. Mellan kvarteren skall det då vara minst 14 m breda brandgator (Fors, muntlig referens).

Löst lagrat avfall

Vid brand i löst lagrat avfall blir brandförloppet i regel mycket snabbare än då avfallet är balat. Här kan lågorna bli betydligt högre men det ska mycket till för att omgivningen ska påverkas av brandröken då brandgaserna får en bra stigkraft när branden har hög effekt. Att effekten blir hög och spridningen snabb beror på att syretillgången är god då avfallet är löst lagrat. I vissa fall kan löst lagrade högar med plast minska spridningsbenägenheten något. Ur brandskyddssynpunkt bör man ej lagra mer än 1000 m² löst lagrat avfall (Lindgren m.fl., 2007).

Tabell 2 nedan visar de minsta avstånd som bör användas för att förhindra snabb spridning till andra högar vid lös lagring av avfall. Minsta avståndet mellan lagrade högar får dock aldrig understiga den bredd som krävs för att räddningstjänstfordon problemfritt ska kunna ta sig fram. I fallet med löst lagrat avfall uppskattar man lagringsytan till samma som brandarean på grund av de syrerika förhållandena som leder till snabb spridning av branden (Lindgren m.fl., 2007).

Tabell 2 Minsta skyddsavstånd mellan lagringshögar för löst lagrat avfall

Lagringsyta (m ²)	Minsta skyddsavstånd (m)
25	4
100	7
500	14
1000	29
5000	40

Vid lagring av hushållsavfall bör lagringshögarna inte vara högre än 3 m för att inte risken för självantändning ska bli för stor. Att självantändningsrisken blir stor beror på att hushållsavfallet självkompakterar (Blomqvist m.fl., 2008).

Gummidäck

På grund av att bränder i gummidäck har stor benägenhet att sprida sig och är svåra att begränsa är det mycket viktigt att förhållningsregler för förvaring av gummidäck följs. Allra helst ska däcken förvaras inomhus, dock med plats för fordon så att lämpning är möjlig. Alla vägar måste vara körbara för räddningstjänstens fordon och högarna måste finnas inom räckhåll för fordonen. Detta innebär att inga högar får vara mer än 45 m från de angreppsvägar som används. Angreppsvägen måste vara minst 18 m bred. Inga däck får lagras närmare än 15 m från områdets periferi och däremellan får ingen vegetation förekomma (Lindgren m.fl., 2004). Brandkåren i Malmö använder följande riktlinjer för lagring av gummidäck:

- Maximal lagringshöjd är 3 m
- Maximal lagringsyta är 100 m²
- Avstånd mellan däck och egen byggnad ska vara minst 6 m
- Avstånd mellan upplag ska överstiga 10 m
- Avstånd till grannfastighet ska överstiga 15 m

Träavfall

För träavfall gäller följande rekommendationer:

- Lagra olika träbränslesortiment i skilda stackar
- Försök minimera fukthaltspridningen i stacken
- Packa absolut inte stackar med sönderdelade hyggesrester eller liknande material
- Undvik metallföremål i stacken
- Lagra träbränslen i en avlång stack med tvärsnittsareans bas lika med dubbla stackhöjden
- Undvik gropar och upphöjningar utmed stackens sidor
- Bygg upp stacken längs med huvudvindriktningen
- Undvik att överskrida de höjder som redovisas i Tabell 3 vid uppläggning av träbränslelager

Tabell 3 Acceptabel höjd [m] på stackar innan risken för självantändning blir för stor (Blomqvist m.fl., 2008).

Bränsletyp	Ej packade stackar	Packade stackar
Obarkad stamvedflis	15	12
Helträdsflis från lövträd	12	9
Helträdsflis från barrträd	10	7
Sönderdelade hyggesrester	7	-
Bark	7	4
Sågspån	6	4

3. SLÄCKVATTENUTREDNING

3.1 ALLMÄNT OM SLÄCKVATTENUTREDNINGAR

En släckvattenutredning sätts samman i förebyggande syfte för att kunskap ska finnas om hur en brand och dess konsekvenser ska hanteras då den uppstår. Syftet med släckvattenutredningen är även att ta fram åtgärder för att förebygga att en brand bryter ut. Då en släckvattenutredning ska utföras finns det ett antal parametrar som bör tas hänsyn till. Inledningsvis bör en uppskattning utföras av de släckvattenvolymer som kan uppstå, de avrinningsvägar vattnet kan färdas samt de uppsamlingsvolymer som finns tillgängliga. När detta är klart kan en värdering av dessa parametrar utföras och eventuella svagheter i omhändertagandet av släckvatten detekteras.

En annan viktig del är att i förväg uppskatta hur släckvattnets sammansättning kan komma att se ut. Vad det förorenade släckvattnet innehåller kan vara mycket svårt att uppskatta men för att kunna avgöra vad som bör provtas är denna uppskattning av stor vikt. Efter provtagning kan man sedan avgöra hur släckvattnet bör hanteras.

Nästa del i utredningen består av att, innan en brand bryter ut, inventera närmiljön och utifrån dess förutsättningar uppskatta, värdera och prioritera vilka områden som är viktigast att skydda och vilka som eventuellt är mindre känsliga om en brand skulle uppstå. Det är mycket viktigt vid släckvattenhantering att ha en plan som genererar minsta möjliga skada för hälsa och miljö. Hur man bör agera är beroende av brandens utformning och lokalisering. Genom att identifiera de mest skyddsvärda objekten kan man därefter prioritera och lägga upp en handlingsplan för hur släckvattnet bör hanteras.

När alla dessa delar sammanställts kan svagheterna sammanfattas och lämpliga åtgärder tas fram. Åtgärderna bör vara framtagna så att de är ekonomiskt motiverade och fysiskt möjliga.

3.1.1 Släckvattenvolymer

När de släckvattenmängder som bildas ska uppskattas finns två olika metoder att använda. De kommer härnäst att benämnas metod 1 och metod 2.

Metod 1: För att uppskatta hur mycket vatten som maximalt kommer att förbrukas utgår man från det flöde som finns tillgängligt under släckningen i form av brandposter och sprinklersystem. Detta flöde multipliceras sedan med en uppskattad släckningstid på två timmar (Andersson m.fl., 2002). Den totala släckvattenvolymer beräknas sedan grovt genom att addera den totala vattenförbrukningen med den maximala mängd flytande kemikalier som förvaras på anläggningen. Att mängden flytande kemikalier adderas till den totala volymen beror på att de kan läcka ut och bidra till en ökad mängd släckvatten. Denna uppskattning kommer att ge den maximala mängd släckvatten som alstras vid en brand som varar två timmar.

Metod 2: Denna metod utgår ifrån statistiska litteraturvärden. Värdena motsvarar den mängd vatten som varit tillräcklig för att släcka 99,8 % av alla bränder vid en studie som grundar sig på närmare 4000 brandtillfällen vid främst olika former av industrier, lagerlokaler och avfallsanläggningar. Detta flöde har beräknats till 2400 L/min och anses vara ett dimensionerande släckvattenflöde för bränder inom avfallsanläggningar, brädgårdar och liknande anläggningar. Detta flöde bör kunna upprätthållas i minst två timmar (Hansson, 2009).

3.1.2 Avrinningsvägar

Avrinningsvägarna uppskattas genom platsinspektion. De normala avrinningsvägarna identifieras men även eventuella avrinningsvägar vid stora vattenflöden uppskattas. Detta utförs enklast genom en avsyning av markytans lutning och de eventuella hinder som kan komma i vattnets väg. Spridning av släckvattnet kan ske genom ytavrinning, transport i marken, rörtransport samt transport i vattendrag. Alltså måste även dessa parametrar uppmärksammas då möjliga avrinningsvägar ska uppskattas.

3.1.3 Uppsamlingsvolym

Beräkning av möjliga uppsamlingsvolym kan ske på ett antal olika sätt. Är uppsamlingsvolymerna väl begränsade och av en enklare geometrisk form är det enklaste och mest tidseffektiva sättet att uppskatta uppsamlingsvolymerna att mäta ytorna manuellt och sedan beräkna storleken på volymen.

Är ytorna mer svårdefinierbara kan uppsamlingsvolymerna behöva beräknas på annat vis. Ett sätt att uppskatta de möjliga uppsamlingsvolymerna är att göra en avvägning av ytorna med speciella mätverktyg.

3.2 SLÄCKVATTENUTREDNING VID SKRÄPPEKÄRR

3.2.1 Områdesbeskrivning Skräppekärr sorteringsanläggning

Skräppekärr är en sorteringsanläggning som ligger i Marieholms industriområde, Göteborgs kommun. Figur 3 visar anläggningens utformning och lokalisering. Verksamheten vid anläggningen består av mottagning, sortering, omlastning, mellanlagring och krossning av avfall och återvinningsmaterial. När en viss mängd av varje material finns lagrat, transporteras det bort för vidare behandling. Hur stor omsättningen är beror av mängden avfall som inkommer till anläggningen och varierar med årstid och efterfrågan. De totala fraktionerna av inkommet avfall till Skräppekärr sorteringsanläggning under 2008 redovisas i Bilaga 2. Brännbart material samt trä krossas innan lagring och borttransport för vidare användning eller deponering. Hela anläggningsområdet är belagt med en hårdgjord yta av asfalt och betong samt är, till stor del, invallat för att förhindra läckage av förorenat vatten till omgivningen. Allt dagvatten leds via diken till en reningsanläggning som består av en oljeavskiljare. Dikena rensas dagligen för att förhindra uppdämning och utlakning. Därefter pumpas allt vatten ut i Göta älv, som angränsar till anläggningen västerut. Österut gränsar anläggningen till Marieholmsvägen och norr och söder om anläggningen finns andra industrier. Hela området är inhägnat med nätstaket, det har vegetationsskydd och är omgivet av ett elstaket för att förhindra intrång. Om farligt avfall återfinns bland det inkommande avfallet, separeras det genast från övrigt material och placeras i en speciell container med syrafast botten. Det farliga avfallet transporteras sedan så snart som möjligt till Renovas anläggning för farligt avfall. Elektronikavfall skickas till Renovas anläggning för elektronikåtervinning. Allt bränsle förvaras i säkerhetstankar inom en invallad yta. Inom den invallade ytan sker även all tankning och oljebyte.



Figur 3 Skräppekärr sorteringsanläggning (Google Earth, 2009).

Under 2008 har två bränder utbrutit på anläggningen, båda var av det mindre slaget. Strax norr om anläggningen finns tre brandposter med 600 mm ledning till varje post.

3.2.2 Släckvattenvolymer

Då de släckvattenvolymer som kan genereras vid en brand på en avfallsanläggning ska uppskattas kan två olika metoder användas. De båda metoderna finns redovisade i stycke 3.1.1. Beräkningarna och resultaten redovisas nedan.

Metod 1: Addition av den maximala förvaringen av flytande kemikalier och den totala vattenmängd som genereras efter två timmars vattenpåföring redovisas i Tabell 4, 5 och 6 nedan.

Tabell 4 Maximala förvaringen av kemikalier på Skräppekärr

Kemikalier och vätskor	(L)	(m ³)
Diesel	6500	6,5
Motorolja	500	0,5
Hydraulolja	500	0,5
Glykol	25	0,025
Spolarvätska	25	0,025
Fetter	200	0,2
Total volym flytande kemikalier	7750	7,75

Tabell 5 Totala vattenmängden efter två timmars vattenpåföring med maximal kapacitet

Brandposter	Kapacitet (L/min)	Volym efter 2 h insats (m ³)
Brandpost 1	1000	120
Brandpost 2	1000	120
Brandpost 3	1000	120
Total vattenvolym	3000	360

Tabell 6 Total släckvattenmängd efter två timmars vattenpåföring med maximal kapacitet

Total vattenvolym (m ³)	360
Maximal mängd kemikalier och vätskor (m ³)	7,75
Total släckvattenvolym (m ³)	367,75

Metod 2: Nedan redovisas den släckvattenvolym som genereras vid en vattenpåföring av 2400 L/min i två timmar.

$$V_{\text{Släckvatten}} = 2,4 \text{ m}^3/\text{min} * 120 \text{ min} = 288 \text{ m}^3$$

3.2.3 Avrinningsvägar

I det sydöstra hörnet på anläggningen, där lagring av gummidäck, elektronik och plast sker, finns en risk för att släckvatten kan läcka ut från anläggningen vid händelse av brand, se Figur 4. Om stora vattenmassor påförs bedöms avrinningsvägarna kunna bli sådana att släckvatten rinner ut mot parkeringen och vägen. Från och med invallningen, efter plastförvaringen är lutningen sådan att vattnet rinner ner mot sydvästra sidan eller åt nordväst, ner mot oljeavskiljaren. Från det sydvästra hörnet och vidare norrut, upp mot oljeavskiljaren, finns risk för att vatten läcker ut om stora släckvattenmängder påförs. Där finns ingen betongvägg som hindrar avrinning ner mot ån, som det finns på resterande delar av anläggningen. I övrigt är lutningen sådan att allt vatten rinner mot de dagvattendiken som finns runt anläggningen och därifrån vidare till oljeavskiljaren. Runt hela norra, nordvästra och nordöstra delarna av anläggningen finns, förutom dagvattendike, höga betongmurar som hindrar vattnet från att lämna området.



Figur 4 Skräppekärr sorteringsanläggnings utformning (Renova, 2007).

3.2.4 Uppsamlingsvolymer

På Skräppekärr har en avvägning utförts där de möjliga uppsamlingsvolymerna på planen beräknades. Även en platsinspektion utfördes då längd, bredd och djup på dagvattendiken mättes. Utifrån de uppmätta värdena kunde de totala uppsamlingsvolymerna i dagvattendikena beräknas.

Avvägningen visar att den möjliga uppsamlingsvolymen på Skräppekärr är $2\ 778\ \text{m}^3$. Denna uppsamlingsvolym innefattar hela den asfalterade planen och visar den volym vatten som kan samlas innan avrinning sker mot Göta älv.

Då man kan stänga flödet ut till Göta älv vid oljeavskiljarens slut kan även denna användas som uppsamlingsvolym. Till den totala uppsamlingsvolymen tillkommer då oljeavskiljarens volym på ca $3,5\ \text{m}^3$. Vattnet i oljeavskiljaren kan sedan pumpas upp med hjälp av en tankbil, lagras i en cistern eller renas i ett mobilt reningsverk.

Ett annat alternativ är att använda diket, i öst-västlig riktning ner mot oljeavskiljaren, som uppsamlingsvolym. Uppsamlingen i diket gäller under förutsättningen att ledningarna ner till oljeavskiljaren går att sätta igen. I dagsläget rymmer diket ca $90\ \text{m}^3$.

3.2.5 Spädning och omhändertagande av släckvatten

Den huvudsakliga prioriteten vid hantering av släckvatten är att inget förorenat vatten lämnar anläggningen. När branden väl är släckt och avrinningen stannat upp måste vattnet analyseras på relevanta parametrar. Efter en analys kan man avgöra huruvida släckvatten ska behandlas som farligt avfall eller om halterna i vattnet är så pass låga att de inte utgör någon fara för recipienten i fråga. Inget släckvatten bör släppas till recipienten förrän myndigheter rådfrågats. Om halterna i vattnet är så höga att vattnet ej bör släppas ut kan vattnet sugas till en tankbil för borttransport eller lagras tillfälligt i en cistern.

Vid händelse av en mindre brand där endast små släckvattenmängder genererats kan man efter provtagning och analys av innehållet avgöra om släckvattnet går att späda till så låga halter att det är godtagbart att släppa ut vattnet till recipienten. Detta bör först göras efter att myndigheter rådfrågats och är möjligen aktuellt vid mycket små släckvattenvolymer med mycket låga koncentrationer. Då beslut fattas om att utspädning är motiverad skall detta ske på de platser där vatten rinner iväg från branden och inte direkt på brandhärden (Andersson m.fl., 2002).

3.2.6 Släckvattnets kemiska sammansättning

I Tabell 1, avsnitt 2.4.2, redovisas ett antal olika avfallsslag och de huvudsakliga förbränningsprodukter som bildas vid brand i dessa material. Sannolikt återfinns förbränningsprodukterna i det släckvatten som bildas vid släckning av brand i nämnda avfall.

Färg och lösningsmedel inkommer endast till Skräppekärr då det sker av misstag och finns därför, om det ens förekommer, i ringa volymer.

3.2.7 Miljöpåverkan på Göta älv

Göta Älv är i dagsläget en viktig vandringsled för lax, havsöring och ål till deras reproduktionsområden. På grund av detta är det av stor vikt att vattenkvaliteten i Göta älv är god. En annan anledning till att verka för god vattenkvalitet i Göta älv är att älven mynnar ut i Kattegatt. I dagsläget är föroreningshalterna dock relativt höga och försurning och övergödning är vanligt förekommande. Median pH-värdet är 7,2 och är därmed nära neutralt. Kvävehalterna bedöms vara måttligt höga till höga och fosforhalten visar på ett näringsrikt till måttligt näringsrikt tillstånd. Syretillståndet i vattnet bedöms vara svagt enligt naturvårdsverkets bedömningsgrunder. För de allra flesta metaller är halten låg men lokalt förekommer mycket höga halter. Att bakgrundshalterna är höga beror delvis på gamla synder då bland annat varvsindustrin på 1930-talet och trettio år framåt tippade stora mängder massor, förorenade med bland annat tungmetaller, i älvkanterna. En annan starkt bidragande orsak är alla de industrier som kantar Göta älv och bidrar till föroreningen (Göta älvs vattenvårdsförbund, 2009). De senaste åren har halterna minskat för de allra flesta ämnen med undantag för kväve (Storkull, 2005).

På grund av de höga bakgrundshalterna är recipientens känslighet inte speciellt hög men stora punktutsläpp kan få förödande konsekvenser, framförallt lokalt. Detta gäller i synnerhet då en ny förorening introduceras i recipienten eller om onaturligt stora halter av ett ämne läcker ut i älven.

Om förorenat släckvatten når utanför anläggningens östra sida, mot Marieholmsvägen, blir effekten densamma som vid direkt läckage till Göta älv då de dagvattenbrunnar som är placerade längs vägen mynnar ut i älven.

De största riskerna för skadlig påverkan på miljön bedöms vara från utsläpp av syreförbrukande ämnen, petroleumprodukter, dioxiner, PAH och skumtillsatser. Stora mängder syreförbrukande ämnen kan till exempel komma från en brand i det flisade organiska materialet, som mellanlagras på anläggningen. Då syretillståndet bedöms vara svagt kan ytterligare tillskott av organiska ämnen medföra syrebrist i recipienten när materialet bryts ned. Följden kan bli att lokala bestånd slås ut.

Skumtillsatser i släckvattnet innebär att svårslösliga föreningar lättare löses i vatten. Om oljeavskiljaren påverkas av skummet kan olja fritt spridas i älven och då skumtillsatsen kan bilda emulgering med petroleumprodukter kan stora områden drabbas. Ämnen, såsom metaller, som tidigare varit fastlagda kan följa med släckvattnet och vidare ut i älven. Då skumvätska även sänker vattnets ytspänning påverkas fiskarnas gälar och därmed deras syreupptagningsförmåga.

Bromerade dioxiner i släckvattnet kan framförallt ge hormonstörningar hos djurlivet i Göta älv och bland annat störa fortplantningsförmågan. Dioxiner kan även vara toxiska redan i små mängder och bioackumuleras i bland annat fisk (Naturvårdsverket, 2009 b).

PAH är en grupp av ämnen, varav många av dem ger miljö- och hälsoskadliga effekter. Många PAH:er är långlivade, bioackumulerbara och cancerframkallande. De kan även lagras i sedimenten och kan på så sätt ge miljöskador under en längre tid (Kemikalieinspektionen, 2009 d).

3.2.8 Rikt- och bakgrundsvärden för större vattendrag i södra Sverige (Göta älv)

Riktvärdena för större vattendrag i södra Sverige är framtagna av Miljöskyddsavdelningen i Göteborgs Stad och gäller koncentrationen i utsläpp av förorenat processavloppsvatten inklusive förorenat dagvatten (Carlsrud & Mossdal, 2002). I bedömningen har man utgått ifrån Naturvårdsverkets rapport om bedömningsgrunder för miljökvalitet i sjöar och vattendrag, EU:s vattendirektiv samt förordningen (2001:554) om miljökvalitetsnormer för fisk- och musselvatten. Riktvärdena ska gälla för både kontinuerliga och tillfälliga utsläpp, oavsett recipientförhållandena. Maxvärdet får vara högst 5 gånger högre än riktvärdet. Detta gäller ej generellt utan prövning skall ske för varje ämne (Carlsrud & Mossdal, 2008).

Bakgrundshalterna för metaller är beräknade från halter i sjöar och vattendrag som inte är påverkade av lokala källor (Naturvårdsverket, 1999). Bakgrundshalter för övriga parametrar är tagna ifrån Göta älvs vattenvårdsförbund årliga vattendragskontroll, se Tabell 7 (Göta älvs vattendragskontroll, 2008).

Tabell 7 Riktvärden för utsläpp och bakgrundshalter för Göta älv
(Naturvårdsverket, 1999 & Göta älvs vattendragskontroll, 2008)

Ämne	Riktvärden i utsläpps- eller anslutningspunkt	Bakgrundshalter
Arsenik (As) [µg/L]	15	0,4
Bly (Pb) [µg/L]	3	0,32
Kadmium (Cd) [µg/L]	0,3	0,014
Koppar (Cu) [µg/L]	9	1,3
Krom (Cr) [µg/L]	15	0,4
Kvicksilver (Hg) [µg/L]	0,07	0,004
Nickel (Ni) [µg/L]	45	1
Zink (Zn) [µg/L]	30	4,3
TOC [µg/L]	12 000	4900
PAH [µg/L]	3	-
PCB [µg/L]	0,001	-
pH	6 - 9	7,3
Totalfosfor [µg/L]	50	18
Totalkväve [µg/L]	1250	686
Susp. Material [µg/L]	25 000	-

3.2.9 Analys av släckvatten från Skräppekärr sorteringsanläggning

Den 28 augusti 2009 utbröt en brand i bränslekrosshögen på Skräppekärr sorteringsanläggning. Räddningstjänsten tillkallades genast och påbörjade släckningsarbetet. Släckvattenmängden var måttligt stor och det mesta vattnet leddes via dagvattendiken till anläggningens ordinarie reningssteg där det togs omhand. Lite släckvatten låg dock kvar i ett dagvattendike. Den 31 augusti 2009 utbröt ännu en brand, denna gång på grund av att en brand uppstod i en motor på transportbandet för krossat avfall. Räddningstjänsten var snabbt på plats och släckte. Även denna brand var av det mindre slaget och släckvattenmängderna var relativt små. Dessa volymer samlades i samma dagvattendike som vattnet från den första branden. Provtagning skedde på eftermiddagen den 31 augusti och släckvattnet var då en blandning av vatten från branden den 28 augusti och den 31 augusti. Endast en provtagningspunkt användes. Proverna skickades för analys till Eurofins i Lidköping. Resultaten följer i Tabell 8 nedan.

Tabell 8 Resultat från provtagning av blandat släckvatten från 2009-08-28 och 2009-08-31.

Prov	Resultat	Enhet	Riktvärde
pH	6,9	-	6-9
Konduktivitet	300	mS/m	-
PCB	<0,2	µg/L	0,001
TOC	790 000	µg/L	12 000
Cyanid	7,6	µg/L	-
Arsenik (As)	39	µg/L	15,0
Kadmium (Cd)	3,7	µg/L	0,3
Krom (Cr)	59	µg/L	15,0
Koppar (Cu)	340	µg/L	9,0
Nickel (Ni)	55	µg/L	45,0
Bly (Pb)	230	µg/L	3,0
Zink (Zn)	3800	µg/L	30,0

Den 1 september 2009 brann det en tredje gång på anläggningen. Branden startade i utsorterat brännbart material och Räddningstjänsten tillkallades och påbörjade släckningsarbetet. Brandorsaken var troligtvis självantändning. Provtagning utfördes tidigt den 2 september och proverna skickades på analys. Uppskattningsvis 350 m³ släckvatten genererades och renades sedan av mobila reningsverk. Resultaten från provtagningen redovisas i Tabell 9 nedan.

Tabell 9 Resultat från provtagning av släckvatten 2009-09-01

Prov	Resultat	Enhet	Riktvärde
pH	6,9	-	6-9
Konduktivitet	319	mS/m	-
Suspenderat material	240	mg/L	25 - 50
Syrgas	0,53	mg/L	1-3
TOC	684	mg/L	12
Cyanid	7,6	µg/L	-
Arsenik (As)	34,1	µg/L	15,0
Kadmium (Cd)	<10	µg/L	0,3
Krom (Cr)	90	µg/L	15,0
Kvicksilver (Hg)	0,339	µg/L	0,07
Koppar (Cu)	360	µg/L	9,0
Nickel (Ni)	60	µg/L	45,0
Bly (Pb)	<100	µg/L	3,0
Zink (Zn)	2300	µg/L	30,0
P-tot	2900	mg/L	50,0
N-tot	59	mg/L	1,25
PAH (cancerogena, icke cancerogena)	37	µg/L	3,0
Fenoler	3,5	µg/L	-

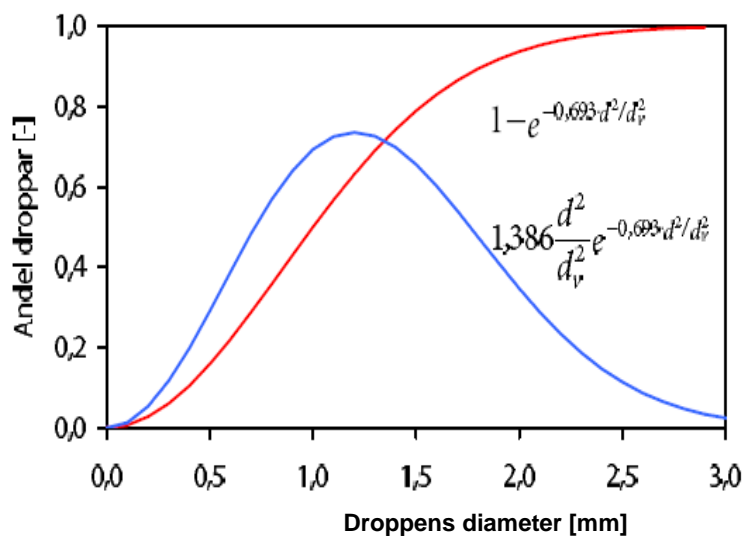
Av resultaten kan man utläsa att det inte verkar vara någon större koncentrationsskillnad i släckvattnet, av de föreningar som går att jämföra, för en stor och en liten avfallsbrand. Mängden förorening blir ju dock givetvis mycket större vid en stor avfallsbrand än en liten. Det är även viktigt att resultaten i nästan alla fall visar att släckvattnet innehåller högre halter

än vad riktvärdena för utsläpp till recipienter anger. I många av fallen är halterna till och med flera tiopotenser högre än vad riktvärdena anger.

3.2.10 Modellering av utsläpp till Göta älv

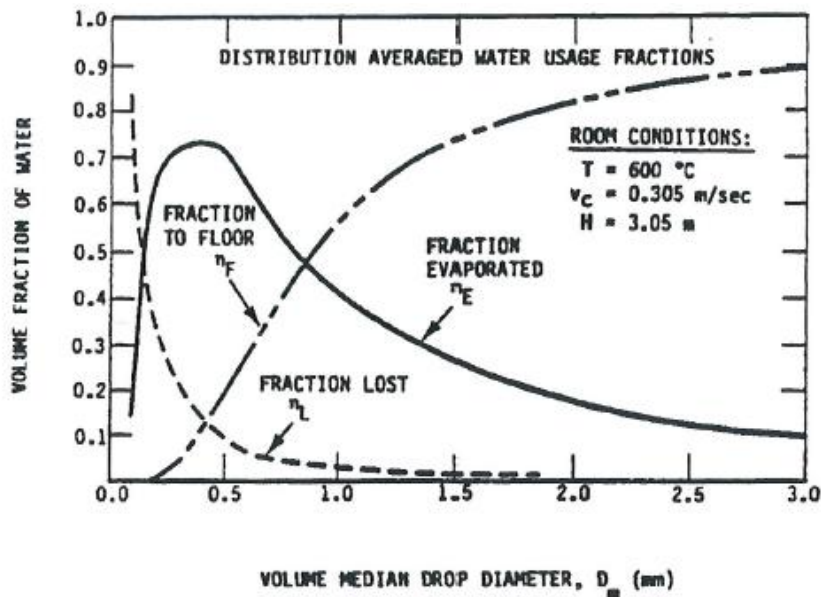
En enkel boxmodell utvecklades för att beräkna koncentrationen av ett antal ämnen, lösta i vatten, ut till Göta älv. Initiativ till modellutvecklandet togs av Roger Herbert och med hans hjälp kunde modellen förbättras. De modellerade värdena kan sedan jämföras med riktvärden för Göta älv och på så sätt kan en uppfattning bildas om risken för miljöpåverkan från ett förorenat släckvatten på Göta älv. Modelleringen genomförs i Excel och visar en förenklad bild av hur vatten och olika ämnen transporteras från lagrat avfall till Göta älv. Vattnet som påförs en brand kan sedan antingen perkolera ner genom avfallet till en hårdbelagd yta eller förångas i brandhärden. Det vatten som perkolerar genom brandhärden leds vidare genom betongledningar till en oljeavskiljare för att sedan transporteras ut till Göta älv där det späds ut med vattenflödet i Göta älv, se Figur 7. För att beräkna hur stor del av föroreningen i förbränningsmaterialet som kan lösas i det påförda vattnet används en fördelningskoefficient, k_d . Denna fördelningskoefficient är en kvot mellan halten av ett ämne i det förbrända avfallet och halten av samma ämne löst i vatten.

I modellen används samma flöde som beräknas med metod 2, alltså 2400 L/min som även kan skrivas 40 L/s. Den andel vatten som förångas uppskattas till 35 %. Detta antagande baseras på att den största andelen droppar har droppstorleken 1,2 mm, se den blå linjen i Figur 5 nedan.



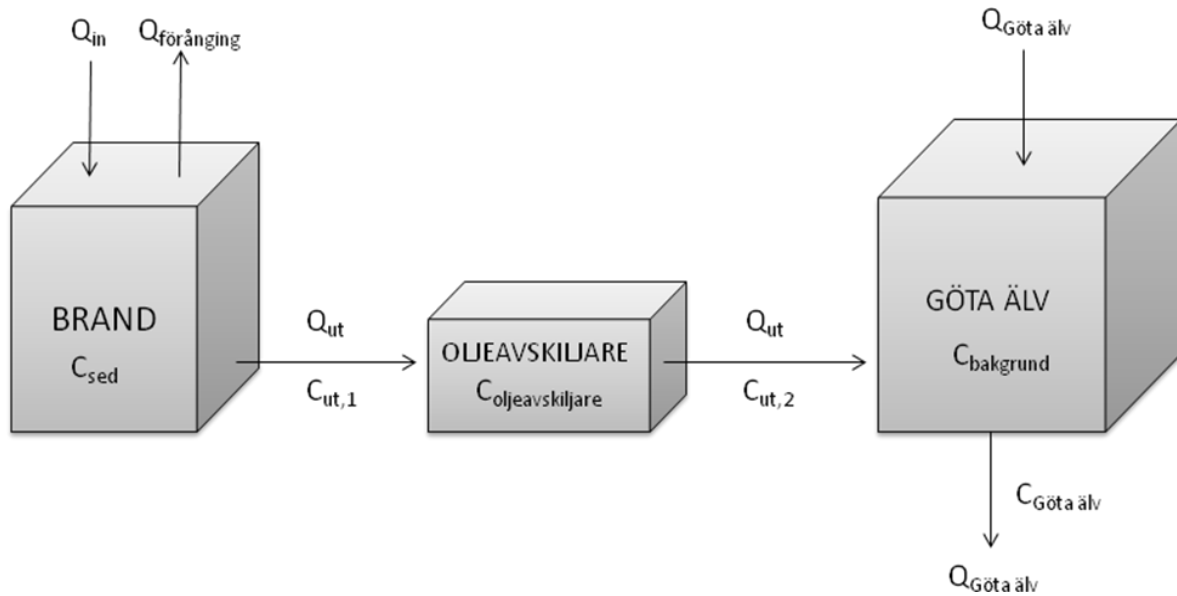
Figur 5 Andelen droppar av en viss diameter, blå linje (Särdqvist, 2006).

Enligt Figur 6 (heldragen linje) förångas 35 % av det påförda vattnet då störst andel droppar har droppstorleken 1,2 mm. Förutsättningarna för denna förångningsgrad är en brandtemperatur på ca 600 °C, att rökgasens stighastighet (v_c) är 0,305 m/s och dropparnas fallhöjd är 3,05 m.



Figur 6 Andel av vattnet som förångas vid en viss droppstorlek (Andersson m.fl., 2002).

Den årliga förångningen i form av avdunstning är mycket liten (ca $0,05 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$) (SMHI, 2009) i förhållande till den vattenmängd som förångas genom kokning (ca $500 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$) i brandhärden och försummas därför. Allt vatten som påförs branden och inte avdunstar antas perkolera genom avfallshögen eftersom bränderna oftast inträffar på sommaren då materialet är mycket torrt. Fördelningskoefficienten, k_d , som användes för att beräkna föroreningshalten i det påförda vattnet, för de olika ämnena hämtades från Naturvårdsverket (Naturvårdsverket, 1996). Värderna för olika halter av ämnen i brandhärden hämtades från undersökningar av tidigare, liknande bränder (Blom & Geo, 2004). I modellen antas därmed att avfallsets sammansättning är av samma slag som branden i undersökningen samt att förbränningsgraden är densamma. Koncentrationen i vattnet ut från det brinnande avfallet beräknas genom att dividera koncentrationen i sedimentet med fördelningskoefficienten. Sorptionen på de betongdiken som utgör dagvattenledningen antas vara liten från de av vatten lösta ämnen. Flödet antas vara så pass stort att ingen fastläggning sker. Sorption i betongören försummas därför. Fastläggning av metaller i oljeavskiljaren anses vara försumbar. Även där anses flödet vara så stort att ingen sorption sker. Koncentrationen i Göta älv kan sedan beräknas genom att summera bakgrundsmängden i Göta älv med mängden förorening ut från anläggningen. Detta värde divideras sedan med årsmedelvattenföringen i Göta älv som har uppmätts till $178 \text{ m}^3/\text{s}$ vid Lärjeholm, strax norr om Skräppekärr (Göta älvs vattenvårdsförbund, 2008). Vattenflödet från Skräppekärr försummas på grund av dess ringa storlek. Beräkningarna görs under förutsättning att total omrörning i älven råder.



Figur 7 Massbalansmodell för beräkning av utsläpp till Göta älv.

Q_{in} [L/s] = flöde genom brandhärden

$Q_{förångning}$ [L/s] = vattenmängd som förångas

Q_{ut} [L/s] = flöde ut i Göta älv från brandhärden

$Q_{Göta älv}$ [L/s] = flöde i Göta älv

K_d [l/kg] = fördelningskoefficient

C_{sed} [g/kg] = koncentration i materialet i brandhärden

$C_{ut,1}$ [g/L] = koncentration i vattnet ut från brandhärden

$C_{oljeavskiljare}$ [g/L] = koncentration som fastläggs i oljeavskiljaren

$C_{ut,2}$ [g/L] = koncentration ut från oljeavskiljaren

$C_{bakgrund}$ [g/L] = bakgrundskoncentration i Göta älv

$C_{Göta älv}$ [µg/L] = totala koncentrationen i Göta älv efter förorening

Flöde av ämnet [g/s] = flöde av ämnet ut i Göta älv

Flöde av ämne Göta älv [g/s] = flöde av ämnet totalt i Göta älv efter förorening

Ekvationer:

$$Q_{förångning} = \text{procentuell del av } Q_{in} \quad (3.1)$$

En viss del av vattnet som påförs branden antas förångas.

$$Q_{ut} = Q_{in} - Q_{förångning} \quad (3.2)$$

Vattenflödet ut från brandhärden antas vara flödet in genom brandhärden subtraherat med volymen vatten som förångas i branden.

$$C_{ut,1} = C_{sed} / K_d \quad (3.3)$$

Koncentrationen i vattnet ut från branden beräknas genom att dividera mängden förorening i sedimentet med fördelningskoefficienten för det specifika ämnet.

$$\text{Flöde av ämnet [g/s]} = C_{ut,1} * Q_{ut} \quad (3.4)$$

Flödet av förorening ut i Göta älv beräknas genom multiplikation av föroreningens koncentration i vattnet ut från branden och vattenflödet ut från branden.

$$\text{Flöde av ämne bakgrund [g/s]} = (C_{\text{bakgrund}} * Q_{\text{Göta älv}}) \quad (3.5)$$

Flödet av förorening som finns sedan tidigare i Göta älv beräknas genom att multiplicera koncentrationen av bakgrundsföroreningen i Göta älv med Göta älvs medelvärdesvattenflöde under 2008.

$$\text{Totalt flöde av förorening Göta älv [g/s]} = \text{Flöde av ämnet} + \text{Flöde av ämne bakgrund} \quad (3.6)$$

För att beräkna det totala flödet av förorening som når Göta älv adderas det totala flödet av ämnet från anläggningen med det totala flödet av förorening som finns sedan tidigare i Göta älv.

$$C_{\text{Göta älv}} = (\text{Totalt flöde av ämne Göta älv} / Q_{\text{Göta älv}}) * 1\,000\,000 \quad (3.7)$$

Den totala koncentrationen i Göta älv beräknas sedan genom att dividera den totala mängden förorening i Göta älv med medelvärdesvattenflödet i Göta älv. För att resultatet ska få samma enhet som riktvärdet multipliceras koncentrationen med 1 000000.

I Tabell 10 visas de föroreningshalter som drabbar Göta älv efter en medelstor avfallsbrand. Modellen förutsätter en 35 % förångning av Q_{in} .

Tabell 10 Modellering av utsläpp till Göta älv, avfallsbrand av medelstorlek

Modellering	Pb	As	Cu	Cd	Zn	Ni	Hg
$C_{\text{ut, 1}}$ [g/L]	2,30E-04	9,00E-05	1,80E-04	1,00E-05	2,70E-03	1,50E-04	4,20E-07
Flöde av ämnet [g/s]	5,98E-03	2,34E-03	4,68E-03	2,60E-04	7,02E-02	3,90E-03	1,09E-05
Flöde av ämne bakgrund [g/s]	1,01E-02	1,26E-02	4,11E-02	4,45E-04	7,65E-01	1,78E-01	1,25E-04
Flöde av ämne Göta älv [g/s]	1,61E-02	1,50E-02	4,58E-02	7,05E-04	8,36E-01	1,82E-01	1,36E-04
$C_{\text{Göta älv}}$ [µg/L]	0,09	0,08	0,26	3,96E-03	4,69	1,02	7,61E-04

Hela modelleringen finns i Bilaga 4.

Ur resultaten från modelleringen kan man utläsa att koncentrationen i utsläppspunkten från anläggningen överstiger de riktvärden som Miljöförvaltningen i Göteborg satt upp för utsläpp av förorenat dagvatten till recipienter, se tabell 9 för riktvärden. I många av fallen överstiger resultaten riktlinjerna kraftigt.

I Tabell 11 redovisas ett ”worst case scenario” där Q_{in} är fyrdubblat, $Q_{\text{förångning}}$ är 5 %, halten förorening i C_{sed} är fyrdubblad och $Q_{\text{Göta älv}}$ är minskat till den lägsta nivån som förekom månadsvis under 2008, 146 000 L/s (Göta älv vattenvårdsförbund, 2008).

Tabell 11 Modellering av utsläpp till Göta älv, ”worst case scenario”

Modellering	Pb	As	Cu	Cd	Zn	Ni	Hg
$C_{ut, 1}$ [g/L]	9,20E-04	3,60E-04	7,20E-04	4,00E-05	1,08E-02	6,00E-04	1,68E-06
Flöde av ämnet [g/s]	0,14	0,05	0,11	6,08E-03	1,64	0,09	2,55E-04
Flöde av ämne bakgrund [g/s]	8,32E-03	0,01	0,03	3,65E-04	0,63	0,15	1,02E-04
Flöde av ämne i Göta älv [g/s]	0,15	0,07	0,14	0,01	2,27	0,24	3,58E-04
C_{tot} [µg/L]	1,01	0,45	0,98	0,04	15,54	1,62	2,45E-03

Hela modelleringen finns redovisad i Bilaga 4.

Liksom i resultaten för modelleringen av en normalstor avfallsbrand, visar resultaten från ”worst case scenario”-modelleringen att koncentrationen på vattnet i utsläppspunkten till Göta älv överstiger riktvärdena för utsläpp till Göta älv, se Tabell 7 för riktvärden .

I Tabell 12 redovisas en jämförelse mellan resultaten för analysen av släckvattnet från bränderna på Skräppekärrs sorteringsanläggning 090828 och 090831, resultaten för analysen av släckvattnet från branden på Skräppekärrs sorteringsanläggning 090901, resultaten från modellering av utsläpp till Göta älv samt de riktvärden som gäller för utsläpp till Göta älv.

Tabell 12 Jämförelse mellan provtagningsresultat från bränder, modellering och riktvärden [µg/L]

Ämne	Brand 090828 & 090831		Brand 090901	Modellering	Riktvärden
Arsenik (As)	39		34,1	90	15,0
Kadmium (Cd)	3,7		<10	10	0,3
Krom (Cr)	59		90	-	15,0
Kvicksilver (Hg)	-		0,339	0,42	0,07
Koppar (Cu)	340		360	180	9,0
Nickel (Ni)	55		60	150	45,0
Bly (Pb)	230		<100	230	3,0
Zink (Zn)	3800		2300	2700	30,0

Resultaten i Tabell 12 visar att de båda analyserna av släckvatten från bränder samt modelleringsresultaten är jämförbara i de allra flesta fall. Resultatet visar även att riktvärdena för utsläpp i Göta älv överskrids i samtliga fall, i vissa fall till och med kraftigt. Denna jämförelse kan vara en indikator på att modellantagandena är rimliga.

3.2.11 Säkerhetsutrustning och förebyggande åtgärder

Genom att bygga upp en betongvall eller asfaltera på sådant sätt att lutningen hindrar vattnet från att läcka ut kan man stoppa ett eventuellt vattenflöde ner mot Göta älv. Detta gäller främst vid den sydvästra delen av anläggningen där invallningen idag bedöms vara en risk för läckage. De sydvästra delarna är invallade men bedöms inte hålla tätt om en vattenmassa får stå en lite längre tid. Om stora vattenmängder påförs i de södra delarna är risken överhängande att flödet blir sådant att stora vattenansamlingar bildas vid de sydvästra vallarna. I det sydöstra hörnet finns betongmurar runt lagrat avfall. Dessa murar går dock inte ända ner till marken. På grund av den decimeterhöga glipan mellan betongmur och mark kan

vatten läcka ut mot vägen. För att minska risken för att förorenat släckvatten läcker ut kan betongmuren tätas med en mindre vall framför.

Uppsamlingsmöjligheterna på anläggningen skulle kunna utökas om diket som går från öst till väst, ner mot oljeavskiljaren, fördjupades. Detta kan göras genom att asfaltera upp framförallt den södra kanten något. En höjning med 25 cm skulle utöka uppsamlingsvolymen med ca 60 m³ till totalt ca 150 m³. En förutsättning för att diket ska kunna användas som uppsamlingsvolym är att åtgärder vidtas så att diket kan förslutas ned mot oljeavskiljaren.

Vid vallarna ner mot Göta älv finns det risk för läckage om vattnet får stå under en period. På grund av denna risk rekommenderas, ur miljösynpunkt, i första hand att vatten samlas upp i de dagvattendiken, som finns på anläggningen. Lutningen är i dagsläget sådan att avrinningen med stor sannolikhet sker mot de dagvattendiken som finns. För att ytterligare hjälpa till kan vallar tillfälligt byggas upp. En uppsamling i dagvattendiken underlättar hantering och provtagning av ett eventuellt förorenat släckvatten samt utesluter risken för läckage till Göta älv. Möjligheten finns även att bygga upp en vall vid pumphuset ner mot Göta älv. En sådan lösning skulle ytterligare utöka uppsamlingsvolymerna på planen markant. Då släckvatten samlas vid vallarna ned mot Göta älv bör vattnet pumpas till cistern eller tankbil snarast möjligt.

Dagvattendiken rensas regelbundet i dagsläget. Det är av stor vikt att diken inte sätter igen då stora vattenansamlingar kan bildas på mindre lämpliga platser. Då diken rensas regelbundet kan man kontrollera avrinningen och lättare förhindra oönskad spridning av förorenat släckvatten. För att förhindra igensättning kan man, om möjligt, undvika att placera lagrat avfall i dagvattendiket. Maskiner bör placeras på utmärkt plats efter arbetets slut och inget brännbart material placeras in dess närhet. För att i ett tidigt skede upptäcka bränder bör en okulär besiktning utföras dagligen.

Släckutrustning ska genomgå regelbunden kontroll av en legitimerat företag där defekt utrustning byts ut omedelbart.

3.2.12 Rutiner vid brand

Första prioritet är att se till så att inget släckvatten lämnar anläggningen, framförallt bör läckage till Göta älv undvikas. Ledningen från oljeavskiljaren ut till Göta älv måste därför slutas omedelbart vid händelse av brand. Vid stora släckvattenmängder bör en tillfällig vall, om möjligt, byggas upp vid passagen mellan pumphuset och Göta älv. Vatten kan då samlas i oljeavskiljare och dagvattendiken. För att underlätta ett senare omhändertagande och provtagning samt minska risken för skador på miljön bör man försöka samla allt vatten där det är lättillgängligt och där ingen risk för läckage till omgivningen finns. En lämplig plats att göra så är vid oljeavskiljaren eller i det öst-västliga dagvattendiket. För att hjälpa vattnet i rätt riktning kan eventuellt tillfälliga vallar byggas upp. Uppsamling i det öst-västliga dagvattendiket förutsätter att ledningen till oljeavskiljaren går att försluta.

Vid brandsläckning bör så små mängder vatten som möjligt användas för att minimera släckvattenmängderna och därmed minska riskerna för läckage till Göta älv.

Vid val av släckningsmetod bör man beakta vilket material som brinner. En brand i elektronisk apparatur bör inte släckas med vatten utan förslagsvis med pulver, koldioxid, argonite eller skum. Samma princip gäller för brand i vätskor då släckningsförsök med vatten kan leda till en ångexplosion och bör undvikas. Vid vätskebränder är skum att föredra men

även koldioxidsläckning kan användas. Brand i metaller är olämplig att bekämpa med koldioxid då släckeffekten kan utebli om kemiska reaktioner inträffar.

Då branden är släckt ska släckvattnet prov tas och analyseras så ett beslut om passande omhändertagande kan fattas. Myndigheterna bör kontaktas och konsulteras i beslutsfattandet.

3.3 SLÄCKVATTENUTREDNING VID KLÄPP KRETSLOPPSANLÄGGNING

3.3.1 Områdesbeskrivning Kläpp kretsloppsanläggning

Kläpp är en kretsloppsanläggning som ligger i Stenungsunds kommun. Verksamheten vid anläggningen består av kompostering av förorenade jordar, sortering av industri- och grovavfall, drift av återvinningscentral samt omlastning av hushållssopor. Komposteringen sker i en komposteringshall där olika fack finns uppbyggda för det material som ska komposteras. De totala fraktioner avfall som inkom till Kläpp kretsloppsanläggning under 2008 redovisas i Bilaga 3. Lakvattnet från komposteringsanläggningen återcirkuleras och används för bevattning av komposthögarna. Den fraktion farligt avfall som inkommer via återvinningscentralen mellanlagras i en miljöcontainer på anläggningen samt i den gamla tömningshallen. Detta avfall transporteras sedan vidare till Renovas egen anläggning för farligt avfall. All yta där hantering sker är hårdbelagd med asfalt eller betong. Dagvatten samlas upp via dagvattenbrunnar och leds därifrån till en uppsamlings- och utjämningsbassäng. I närheten av anläggningen finns två områden med förorenad mark och även därifrån pumpas vattnet till bassängen. Från bassängen pumpas vattnet sedan till Stråvlidens avloppsreningsverk som är det kommunala avloppsreningsverket i Stenungsund.



Figur 8 Kläpp kretsloppsanläggning (Renova, 2009).

Under 2008 har inga bränder inträffat på anläggningen. Två brandposter finns tillgängliga på området.

3.3.2 Släckvattenvolymer

Metod 1: En provpumpning av brandposterna på Kläpp kretsloppsanläggning, utförd av Stenungsunds räddningstjänst, visar kapaciteten för de två brandposter som finns på anläggningen. Provpumpning kunde endast utföras på en av de två brandposterna. De ligger båda på samma ledning och provpumpningen visade en kapacitet på 700 L/min på den ena brandposten. För att kunna kontrollera kapaciteten på den andra brandposten krävs två tankbilar, vilket räddningstjänsten i Stenungsund ej har tillgång till. Detta innebär att den andra posten uppskattas ha en kapacitet mellan 0 och 700 L/min. Troligtvis ligger kapaciteten runt 400 L/min och det är detta värde som används i beräkningarna, se Tabell 13 (Strand, muntlig källa). Den totala släckvattenvolymen, inklusive alla flytande kemikalier på anläggningen redovisas i Tabell 14.

Tabell 13 Totala vattenmängden efter 2 timmars vattenpåföring

Brandpost	Kapacitet [L/min]	Volym efter 2 h insats [m ³]
Brandpost 1	700	84
Brandpost 2	400	48
Total vattenvolym	1100	132

Tabell 14 Totala släckvattenvolymen

Total vattenvolym [m ³]	132
Total volym kemikalier [m ³]	4,5
Total släckvattenvolym [m ³]	136,5

Metod 2: Nedan redovisas den släckvattenvolym som genereras vid en vattenpåföring av 2400 L/min i två timmar.

$$V_{\text{Släckvatten}} = 2,4 \text{ m}^3/\text{min} * 120 \text{ min} = 288 \text{ m}^3$$

3.3.3 Avrinningsvägar

Från återvinningscentralen i det östra hörnet rinner vattnet i västlig riktning, ned för slutningen mot den stora planen och sedan via brunnar till utjämningsbassängen. En liten mängd vatten skulle vid mycket stora flöden kunna rinna i nord-nordvästlig riktning, förbi kontorsbyggnaden och vidare ut i terrängen utanför anläggningen. Denna risk uppskattas dock vara liten. På den stora planen rinner allt vatten in mot mitten och därifrån via brunnar vidare till utjämningsbassängen. Då stora vattenmängder genereras skulle en viss mängd vatten kunna rinna ut och infiltrera marken vid asfaltkanten på den stora planen, upp mot kontorsbyggnaden. Avrinning från taket på kompostanläggningen går i sydlig riktning och vidare genom brunnar mot ett yttre dike med obehandlat vatten. I slutet på kompostanläggningens nordvästra hörn finns risk för utläckage från området om stora vattenmängder påförs i nära anslutning. Detta gäller även om brunnarna norr om komposteringsanläggningen sätter igen. I den nordvästra änden av stora planen finns en större yta som inte är hårdbelagd. Där kan vatten infiltrera om stora mängder vatten påförs i närheten. Direkt öster om utjämningsbassängen finns ett område som inte är hårdbelagt. Även här kan vatten läcka ut från området om vatten påförs i ett närliggande område.

3.3.4 Uppsamlingsvolym

Uppsamlingsvolymerna på Kläpp har uppskattats genom platsinspektioner där avrinningsvägar har inspekterats samt vattenytor och volymer uppmätts och beräknats manuellt.

Utjämningsbassängen har en yta på 250 m² och ett djup på ca 2,5 m, se figur 9. Detta ger en volym på 625 m³. Normalt sett står vattennivån på 1,7 m, vilket ger en volym på ca 425 m³. Den återstående volymen som finns kvar att fylla upp är då på ca 200 m³. När brunnarna täpps igen kommer även relativt stora mängder kunna samlas upp på den öppna planen. Hur stora dessa volymer kan bli är dock mycket svårt att uppskatta på grund av markens oregelbundna yta. För exakta värden på uppsamlingsvolymerna på planen krävs en avvägning.



Figur 9 Utjämningsbassäng, Kläpp kretsloppsanläggning (Renova, 2008).

3.3.5 Spädning och omhändertagande av släckvatten

För att läsa om spädning och omhändertagande av släckvatten se avsnitt 3.2.5.

3.3.6 Släckvattnets kemiska sammansättning

Då avfallet på Kläpp har en sammansättning som är mycket lik den sammansättning avfallet har på Skräppekärr kan även släckvattnets kemiska sammansättning antas vara likartad. Samman tabell kan därför användas för båda anläggningarna, se Tabell 1 avsnitt 2.4.2.

3.3.7 Miljöpåverkan på recipienten

Störst risk för skadlig påverkan på miljön är då förorenat släckvatten når reningsverket. Om släckvattnet innehåller onaturligt höga halter av naturligt förekommande ämnen eller höga halter av ämnen, som reningsverket inte är dimensionerat för, kan hela reningssteg slås ut. Ett utslaget reningssteg innebär att vatten kan ledas ut i recipienten mer eller mindre orenat. Höga halter kan leda till övergödning, syrebrist och toxiska effekter på flora och fauna. Störst påverkan vid låga koncentrationer har metaller och tensider från skumvätska. Tensiderna leder främst till problem med sedimentationen i det kemiska fällningssteget medan metaller påverkar mikroorganismerna i det biologiska fällningssteget.

En annan prioritet för att minska miljöskador är att undvika att förorenat släckvatten når diket med opåverkat dagvatten. Diket leder till en bäck med ett litet vattenflöde. Stora släckvattenmängder skulle kunna ge höga koncentrationer i bäcken då utspädningseffekten blir mycket liten. Höga koncentrationer ger en plötslig förändring i levnadsmiljö för djur och växter i bäcken och kan generera stora miljöskador.

Om läckage istället sker till de västra eller norra delarna av anläggningen bör miljöpåverkan bli mindre. Utanför den västra delen av anläggningen finns sedan tidigare förorenade jordmassor där gamla komposteringsrester har deponerats. Norrut finns även där sedan tidigare konstaterade förorenade områden där gammalt avfall finns nedgrävt. Då dessa områden redan är mer eller mindre förorenade bör första prioritet vara att undvika spridning till reningsverket och det opåverkade dagvattendiket. Vid läckage åt sydväst bör hänsyn tas till de två dagvattendikenas placering och om möjligt undvika att förorenat vatten når dessa.

3.3.8 Släckvattnets miljöpåverkan på reningsverk

Beroende på storlek och uppgift varierar de olika processer och reningssteg som reningsverk kan tänkas ha. Stora reningsverk är ofta utrustade med mekanisk-, biologisk-, och kemisk rening.

Den biologiska reningen är det reningssteg som är känsligast för plötsliga ändringar i vattnets sammansättning. Man kan säga att det finns tre olika scenarier som kan inträffa när förorenat släckvatten inkommer till reningsverket. Det första scenariot är då släckvattnet för med sig ämnen som är främmande för mikroorganismerna och som de därmed inte kan ta hand om. Det andra scenariot är då koncentrationerna i släckvattnet är mycket högre än vid normal drift. Båda dessa scenarier har ungefär samma effekt på det biologiska steget, mikroorganismerna kan inte ta hand om det förorenade vattnet och vattnet blir toxiskt för dem. Detta innebär att aktiviteten hämmas för en tid eller i värsta fall slår ut hela biosteget, se Tabell 15 (Andersson m.fl., 2002).

Tabell 15 Typiska koncentrationer som ger upphov till inhibering av aktiviteten i de biologiska reningsstegen (Andersson m.fl., 2002)

Ämne	Konc. [$\mu\text{g/L}$]
Arsenik (As)	50
Kadmium (Cd)	20
Krom (Cr)	250
Koppar (Cu)	5-500
Bly (Pb)	100
Kvicksilver (Hg)	2-2500
Nickel (Ni)	250
Zink (Zn)	80

Det tredje scenariot är då flödet ökar kraftigt genom det biologiska steget på grund av att stora mängder släckvatten leds till reningsverket. Detta leder till att mikroorganismerna kan sköljas ut. Delar av vattenmassan kan då styras ut orenat till den recipient som vanligtvis tar emot det rena vattnet och kan leda till stora skador på dess miljö (Särdqvist, 2006).

Det aeroba kvävereduktionssteget i kvävereningen är det känsligaste steget i den biologiska reningen och nitrifikationsprocessen har visat sig vara mycket mer känslig än rening av organiskt material (Holm m.fl., 1995). I fallet då aktivslamprocessen slagits ut helt kan det ta några veckor innan steget fungerar tillfredsställande igen. Vanligtvis kan man få en reningsgrad på 90-95 % av BOD₇ i biosteget. Om detta reningssteg blir utslaget innebär det att recipienten får ta emot stora mängder syreförbrukande ämnen och kan leda till syrebrist (Andersson m.fl., 2002).

Den kemiska reningen är inte lika känslig för plötsliga avvikelser från normaltillståndet som den biologiska reningen men en viss påverkan kan ändå detekteras då stora mängder släckvatten tillförs reningsverket. När komplexbildande och ytaktiva ämnen följer med släckvattnet kan detta generera problem med sedimenteringen i det kemiska fällningssteget. Ytaktiva ämnen är till exempel tensider från skumvätskor. I detta fall återgår reningen till det normala igen så fort släckvattenmängderna minskar igen (Larsson & Lönnemark, 2004).

Till stor del kommer föroreningarna som transporteras till reningsverket att fastläggas i det primär-, bio- och kemslam som bildas. Framförallt metaller men även organiska föreningar kommer i stor utsträckning att få en kraftig uppkoncentrering i slammet. Om ett ämne har låg vattenlöslighet adsorberar de gärna till partiklar och hamnar på så sätt i slammet. För den mängd föroreningar som inte fastläggs i slammet finns två andra alternativ. Det ena alternativet är att de helt enkelt passerat genom reningsverket och det andra alternativet är att de har brutits ned. Stabila grundämnen, så som metaller, bryts inte ner utan har med största sannolikhet passerat genom reningsverket om det inte återfinns i slammet. Vid nedsatt förmåga i biosteget är förmodligen även nedbrytningen begränsad för svårnedbrytbart organiskt material (Andersson m.fl., 2002).

Generellt sett kan man se att metaller påverkar den biologiska reningen vid mycket lägre koncentrationer än vad organiska ämnen gör. I undersökningen ovan (se tabell 15) har ingen hänsyn tagits till synergistiska effekter och möjligheten finns att till exempel metaller och organiska ämnen tillsammans är mycket giftigare än var och en för sig. Med tanke på släckvattens eventuellt komplexa sammansättning finns risken att effekter uppstår vid mycket lägre koncentrationer än vad försök i laboratorier uppger (Andersson m.fl., 2002).

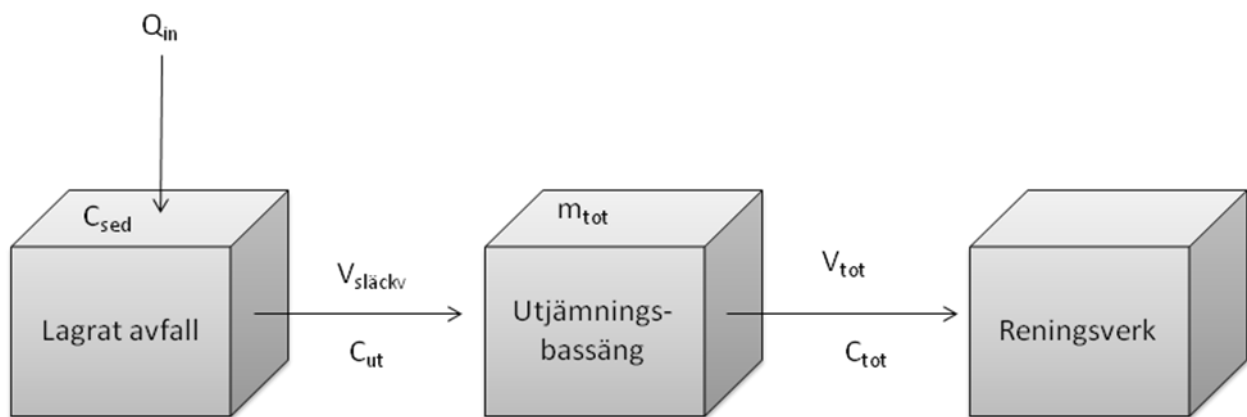
Många reningsverk arbetar nu med certifiering av slam för att kunna sälja slammet som jordförbättringsmedel. För att kunna sälja slammet finns ett antal gränsvärden som inte får överstigas för bland annat ett antal metaller samt kväve och fosfor. Detta medför att kontaminering av reningsverksslam är någonting som reningsverken absolut inte vill ha. Trots detta måste fastläggning av toxiska ämnen i slammet ses som en positiv process i de allra flesta fall då reningsverkets recipient skonas från föroreningar (Andersson m.fl., 2002).

3.3.9 Modellering av miljöpåverkan på Strävlidens reningsverk

I denna modellering antas vatten påföras på en brand i lagrat avfall. Vattnet kan sedan perkolera ner genom brandhärden. Vattnet som perkolerar ner genom avfallet träffar en hårdbelagd yta och leds via dagvattenbrunnar och betongledning till en utjämningsbassäng. Efter att släckvattnet spätts ut med vatten i utjämningsbassängen leds vattnet vidare till Strävlidens reningsverk, se figur 10. Koncentrationen förorening i släckvattnet beräknas genom division av koncentrationen förorening i det förbrända avfallet med en fördelningskoefficient. Mängden förorening i släckvattnet beräknas genom att multiplicera koncentrationen förorening i släckvattnet med den totala volymen släckvatten som bildas

under två timmar. Mängden förorening antas sedan spädas med den totala volymen i utjämningsbassängen och resultatet blir ett värde på koncentrationen förorening som leds till reningsverket. Inga bakgrundsvärden för utjämningsbassängen finns tillgängliga. Det förorenade vattnets påverkan på reningsverket kan utredas genom att jämföra de modellerade värdena med halter som anses inhibera reningsverkets funktion, se tabell 15.

I modelleringen av påverkan på Strävliden reningsverk används samma föroreningshalter i sedimenten och värde på fördelningskoefficient som i modellering av påverkan på Göta älv, se avsnitt 3.2.10. Vattenmängden som påförs antas vara samma som i metod 2, dvs. 288 m³. Flödet genom betongledningarna antas vara så pass snabbt att ingen sorption sker. Fastläggning i ledningarna försummas därför. I utjämningsbassängen sker en utspädning med den vattenvolym som fanns sedan tidigare. Då uppehållstiden antas vara lång sker en total utspädning i utjämningsbassängen.



Figur 10 Massbalansmodell för beräkning av påverkan på Strävlidens reningsverk

Parametrar:

K_d [l/kg] =fördelningskoefficient

C_{sed} [g/kg] = koncentration i materialet i brandhärden

C_{ut} [g/L] = koncentration i vattnet ut från brandhärden

C_{tot} [µg/L] = total koncentration efter utspädning

$V_{släckv}$ [L] = släckvattenvolym efter två timmars insats

$V_{utjämn}$ [L] = total volym i utjämningsbassängen efter släckvattnet tillförts

m_{tot} [g] = totala massan förorening efter två timmars insats

Ekvationer:

$$C_{ut} = C_{sed} / K_d \quad (3.8)$$

Koncentrationen ut från branden beräknas genom att dividera halten förorening i det förbrända materialet med föroreningens fördelningskoefficient.

$$m_{tot} = C_{ut} * V_{släckv} \quad (3.9)$$

Den totala massan förorening som transporteras till utjämningsbassängen beräknas genom att multiplicera koncentrationen förorening ut från branden med den totala volymen släckvatten som genererats efter 2 timmars släckningsinsats.

$$C_{\text{tot}} = (m_{\text{tot}} / V_{\text{utjämn}}) * 1000000 \quad (3.10)$$

Den totala koncentrationen som leds till reningsverket efter utspädning i utjämningsbassängen beräknas genom att dividera den totala massan förorening med volymen i utjämningsbassängen. För att enheten ska vara samma så att resultatet från modelleringen går att jämföra med de riktvärden som gäller för inhibering av rening multipliceras koncentrationen med 1 000000.

För resultat av modelleringen, se Tabell 16.

Tabell 16 Modellering av påverkan på Strävlidens reningsverk, normalstor avfallsbrand

Modellering	Pb	As	Cu	Cd	Zn	Ni	Hg
m_{tot} [g]	6,39E+01	2,50E+01	5,00E+01	2,78E+00	7,51E+02	4,17E+01	1,17E-01
$V_{\text{utjämn}}$ [L]	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05
C_{tot} [$\mu\text{g/L}$]	150,45	58,87	117,74	6,54	1766,12	98,12	0,27
Konc. Som inhiberar rening [$\mu\text{g/L}$]	100	50	5-500	20	80	250	2-2500

För redovisning av hela modelleringen, se Bilaga 5.

I Tabell 17 beskrivs ett ”worst case scenario” där halten förorening i sedimenten är fyra gånger större.

Tabell 17 Modellering av påverkan på Strävlidens reningsverk, ”worst case scenario”

Modellering	Pb	As	Cu	Cd	Zn	Ni	Hg
m_{tot} [g]	2,56E+02	1,00E+02	2,00E+02	1,11E+01	3,00E+03	1,67E+02	4,67E-01
$V_{\text{utjämn}}$ [L]	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05
C_{tot} [$\mu\text{g/L}$]	601,79	235,48	470,96	26,16	7064,47	392,47	1,10
Konc. Som inhiberar rening [$\mu\text{g/L}$]	100	50	5-500	20	80	250	2-2500

För redovisning av hela modelleringen, se Bilaga 5.

3.3.10 Säkerhetsutrustning och förebyggande åtgärder

För att förhindra spridning av släckvatten bör inte bara de områden där hantering sker, utan även de delar av området där avfall endast förvaras, vara hårdbelagda. På så sätt hindrar man avrinning på marken eller infiltration genom marken om släckvatten påförs i eller omkring något av förvaringsutrymmena. Detta gäller framförallt förvaringsområdet i den västra delen av anläggningen ner mot dagvattendiket, ett område i norra delen direkt öster om utjämningsbassängen samt ett litet område vid det nordvästra hörnet på komposteringsanläggningen. Åtgärderna bör utföras snarast. På de ställen där lutningen är sådan att stora mängder vatten kan resultera i att släckvatten rinner utanför anläggningen kan invallningar konstrueras. Ett sådant område är i asfaltkanten vid slänten upp mot kontorsbyggnaden men även vid de tre tidigare nämnda områden kan en invallning hindra

utläckage. Tills dess att nämnda åtgärder är utförda bör man ha material tillgängligt för att kunna bygga upp tillfälliga vallar vid behov.

Brunnslock till alla dagvattenbrunnar bör införskaffas. Alla brunnar, som leder till det yttre diket med obehandlat vatten, bör sättas igen med brunnslock när risk för spridning av förorenat släckvatten finns. Dessa brunnar är belägna på baksidan av komposteringsanläggningen. Ledningen från utjämningsbassängen till reningsverket ska genast stängas vid brand för att förhindra att förorenat släckvatten når reningsverket. Utjämningsbassängen kan sedan fyllas så mycket som går. När risk för bräddning av bassängen finns bör, om möjligt, övriga brunnar täppas med brunnslock för att förhindra läckage av släckvatten till omgivningen. När branden är av mindre storlek kan brunnarna tätas med lock direkt. Då vattenmassorna är små kan planen istället användas som uppsamlingsvolym för att underlätta sanering då branden är släckt. På så sätt undkommer man en stor kostnad då man slipper slamtömma hela utjämningsbassängen om den blivit förorenad. För att underlätta identifiering av brunnar kan de märkas ut och skyddszoner inrättas där inget material får placeras.

Vid utjämningsbassängens normala vattenstånd på 1,7 m ryms ca 200 m³ släckvatten. För att klara av att omhänderta det släckvatten som genereras vid en medelstor avfallsbrand bör man ha resurser för ytterligare ca 100 m³. Genom att sänka normalvattenståndet i utjämningsbassängen till ca 1,3 m finns möjligheter att omhänderta 100 m³ till. En medelstor avfallsbrand kan då med marginal rymmas i utjämningsbassängen.

Mängden avfall på anläggningen bör begränsas och planeras så att ytor för lämpning hela tiden finns tillgängliga samt för att åtkomligheten för Räddningstjänsten är godtagbar.

Regelbunden rensning av brunnar sker i dagsläget för att förhindra igensättning. För att minska risken för antändning bör hjullastaren placeras på specifik plats där allt brännbart material städats undan.

Inget släckvatten får släppas ut till reningsverket förrän provtagning har genomförts, reningsverkets ansvariga meddelats och myndigheterna har givit sitt godkännande.

3.3.11 Rutiner vid brand

Även vid Kläpp är det allra viktigaste att undvika att släckvatten lämnar anläggningen. Först och främst bör ledningen till Strävlidens reningsverk stängas samt brunnslock placeras över brunnarna som leder till diket med obehandlat dagvatten. Om endast små släckvattenmängder förväntas är igensättning av alla eller berörda brunnar att rekommendera. Detta underlättar ett senare omhändertagande då man kan undvika att tömma hela uppsamlingsdammen. Vid händelse av en större brand bör uppsamling i första hand istället ske i utjämningsdammen. Finns risk för bräddning av utjämningsdammen bör dagvattenbrunnarna, om möjligt, sättas igen. Om brand utbryter i närheten av de platser där risk för läckage till omkringliggande område finns bör tillfälliga vallar byggas upp.

Små mängder släckvatten är att föredra då detta underlättar omhändertagandet samt minskar risken för skador på miljön.

Brand i elektronisk apparatur bör släckas med skumvätska eller pulver. Vätskebränder släcks bäst med skumvätska eller koldioxid.

4. DISKUSSION

4.1 SLÄCKVATTENVOLYMER

Vid uppskattning av släckvattenvolymer finns stora svårigheter att beräkna exakta flöden. Detta beror på att släckvattenvolymer som bildas är beroende av många olika faktorer. Det allra svåraste är att i förväg uppskatta hur stor en brand kommer att bli och vilket material som kommer att brinna. Beroende på storleken och materialet kan släckvattenmängderna skilja med flera hundra gånger. Nedan redovisas problemen med de två valda metoderna.

Troligtvis kommer inte släckvattenmängderna komma upp i de volymer som diskuteras i metod 1. Så stora mängder vatten behöver sällan användas vid släckningsarbetet och ingen hänsyn tas till den vattenmängd som förångas. Även en viss mängd kemikalier kommer att brinna upp eller avdunsta och bidrar rimligen inte i så stor utsträckning som tabellen visar. Ingen hänsyn tas till vattendropparnas storlek, om vattnet påförs direkt på elden eller om det används i förebyggande syfte. Alla tre processerna påverkar i allra högsta grad hur stora vattenvolymer blir men då de är olika beroende på brandens storlek och utformning kan ingen hänsyn tas till dessa parametrar i allmänna sammanhang. Eventuella vattentransporter med tankbil har även de uteslutits ur beräkningarna.

Liksom i metod 1 kommer släckvattenmängderna förmodligen inte komma upp i så stora mängder som metod 2 antyder. Även i detta fall tas ingen hänsyn till de vattenmängder som förångas eller avdunstar. Då släckvattenvolymer är uppskattade efter ett litteraturvärde som krävdes för att släcka 99,8 % av alla bränder bör de allra flesta bränder kräva betydligt mindre släckvattenvolymer än så.

När en dimensionering av de uppsamlingsvolymer som krävs ska ske bör metod 2 vara en mer lämplig metod att använda än metod 1. Orsaken till detta är att metod 1 gav mycket stora släckvattenvolymer för Skräppekärr och mycket små släckvattenvolymer vid Kläpp. Att så stora släckvattenvolymer (360m^3) skulle krävas vid Skräppekärr är kanske inte rimligt att anta då metod 2 visar den volym (288m^3) som krävts för att släcka 99,8 % av de bränder som innefattades i undersökningen. Detta blir dock lite motsägelsefullt då branden på Skräppekärr den 1 september genererade ca 350m^3 släckvatten vilket ändå visar på metod 1 rimlighet. Vid Kläpp visar metod 1 att mycket små släckvattenvolymer och en brand av större storlek skulle förmodligen generera större släckvattenvolymer än så. Att dimensionera uppsamlingsvolymer efter denna volym skulle då kunna få allvarliga konsekvenser.

4.2 KEMISK SAMMANSÄTTNING AV SLÄCKVATTEN

Att förutsäga hur ett släckvattens kemiska sammansättning kommer att se ut är mycket svårt, framförallt när brandmaterialets sammansättning är så komplext som avfall ofta är. Då förbränningsprodukternas bildning är beroende av förbränningsgraden försvåras uppskattningen ytterligare eftersom förbränningsgraden är beroende av materialet som brinner, syretillgången, turbulensen vid brandhärden och släckmedelpåföringen. I och med att så många faktorer påverkar sammansättningen är det enda man kan göra att uppskatta vilka föroreningar som kan förekomma och sedan provta vattnet utifrån dessa förutsättningar. Först efter en analys av proverna kan man veta säkert hur den kemiska sammansättningen ser ut.

4.3 SLÄCKVATTNETS MILJÖPÅVERKAN

Att förutspå hur allvarligt ett släckvatten kan påverka en recipient eller närliggande miljö är svårt bland annat av de anledningar som nämns i avsnitt 4.1 och 4.2. Då det är svårt att beräkna hur stora släckvattenvolymer kan tänkas bli och hur det förorenade vattnets kemiska sammansättning ser ut kan man endast uppskatta riskerna för miljön i förväg. Det är dock i många fall möjligt att i förväg utreda vilka halter som kan vara skadliga för miljön och därmed vara förberedd på vad som bör göras då en sådan situation uppstår. På grund av osäkerheten bör man dock alltid försöka ha stora marginaler i sitt säkerhetsarbete.

4.3.1 Modellering av miljöpåverkan på Göta älv

Då man jämför modelleringsresultaten med resultaten från provtagningen kan man se att de överrensstämmer väl med varandra. Koncentrationen i utsläppspunkten från anläggningen i modellen är jämförbara med koncentrationerna som uppmätts i det förorenade släckvattnet vid provtagning. De antaganden som gjorts i modellen angående fördelningskoefficient, vattenpåföring, sorption och förångning verkar därmed vara rimliga eller inte påverka modellen till den grad att resultaten blir orimliga.

I modellen finns ett antal faktorer som utesluts eller försummas. För att öka precisionen i modellen bör den partikelbundna fraktionen inkluderas då vissa ämnen är svårslösliga i vatten och istället binder till olika partikeltyper. Rimligtvis skulle koncentrationen bli högre om även den partikelbundna fraktionen användes i modellen. Fördelningskoefficienten som används i modellen är framtagen för att visa förhållandet mellan jord och vatten. I denna modellering görs antagandet att samma förhållande gäller för förbränt avfall och vatten. Detta antagande kan vara felaktigt då det är svårt att veta om avfallet har andra bindningsegenskaper än jord. Antagandet om att avfallet i modelleringen har samma sammansättning och förbränningsgrad, som bränderna i undersökningen där värdena är hämtade, kan vara orimlig då avfall ofta har en mycket komplex sammansättning. Ingen hänsyn tas heller till tiden det tar för vattnet att perkolera genom avfallshögen eller det faktum att allt vatten inte nödvändigtvis passerar genom branden. En fraktion av den påförda mängden vattnet kan rinna på avfallshögens yta och därmed ha en mycket liten kontakt med aska och partiklar från branden. Detta skulle i så fall minska koncentrationen förorening i vattnet då kontakten mellan vatten och förorening minskar. En viss mängd av det vatten som perkolerar genom brandhärden bör även bindas in i avfallet och därmed minska flödet ut genom brandhärden. I beräkningarna förutsätts att total omblandning råder i älven. Att de verkliga förhållandena ser ut på detta sätt är inte helt realistiskt. Sannolikt kommer inte total utspädning inträffa utan koncentrationstoppar förekommer rimligtvis lokalt i älven.

4.3.2 Modellering av släckvattens påverkan på Strävlidens reningsverk

Modelleringen av släckvattnets påverkan på Strävlidens reningsverk beräknar endast påverkan från föroreningar lösta i vatten. Med tanke på att även partikelbundna fraktioner av föroreningar finns i vattnet kommer koncentrationerna med största sannolikhet att bli högre i verkligheten än vad modellen visar. Som beskrivs i avsnitt 4.3.1 är fördelningskoefficienten framtagen för att visa förhållandena mellan jord och vatten och kan därför vara missvisande. I modellen görs även antagande att allt vatten som påförs brandhärden leds till utjämningsdammen. Så behöver inte vara fallet utan vart vattnet leds är beroende av brandens lokalisering. En viss mängd vatten bör även bindas in i avfallet och därmed aldrig nå utjämningsbassängen. Ett annat antagande är att omsättningstiden i utjämningsbassängen är så pass lång att total omblandning sker. Om mycket släckvatten når utjämningsbassängen kan omsättningstiden bli mycket kort och utspädningen därmed blir mycket mindre.

4.4 ÅTGÄRDER

Det är viktigt när man väljer åtgärder mot släckvattenproblem att välja resonabla lösningar som är ekonomiskt försvarbara. Förmodligen kan man skydda sig på sådant sätt att möjligheten till att brand uppstår är minimal men man måste väga kostnaden mot nyttan och sannolikheten.

En annan sak som man inte får glömma i samband med åtgärdsförslag är de förebyggande åtgärderna. Dessa åtgärder är minst lika viktiga som åtgärder under själva brandtillfället. Genom att förebygga bränder behöver man förhoppningsvis inte ens ta till de medel som föreslagits vid händelse av brand.

Bland de förebyggande åtgärderna har bland annat lagring av avfall tagits upp. De riktlinjer som finns för lagring av avfall anses i vissa fall vara lite tveksamma eftersom de bland annat inte gör någon skillnad mellan olika sorters avfall. Hänsyn tas till om avfallet är balat eller löst lagrat men huruvida avfallet är torr eller blött finns inte med i beräkningarna. I en ny rapport som heter Biobränslen och avfall – Brandsäkerhet i samband med lagring, från Sveriges tekniska forskningsinstitut kritiserar de korta skyddsavstånden där man anser att det minsta skyddsavståndet på 4m generellt sett är alldeles för kort . Spridningsberäkningar och värmestrålningsberäkningarna som resulterade i det rekommenderade skyddsavståndet är gjorda med olika förutsättningar. Spridningsberäkningarna är utförda under olika vindförhållanden medan värmestrålningsberäkningarna endast är utförda under vindstilla förhållanden.

5 SLUTSATS

Ingen brand på en avfallsanläggning är den andra lik och hantering och åtgärder måste anpassas efter den aktuella brandens förutsättningar och utformning. För att kunna minimera antalet brandtillfällen och begränsa skadorna som uppstår vid en eventuell brand bör följande åtgärder och förutsättningar uppmärksammas:

- **Naturvärden**
Vid händelse av brand är det viktigt att veta vilka naturvärden som bör skyddas i första hand. Högst skyddsvärde vid Skräppekärrs sorteringsanläggning har Göta älv, där föroreningar potentiellt kan bli förödande för växt- och djurliv. Då dagvattenledningarna vid Marieholmsvägen leder till Göta älv skulle ett läckage ut mot vägen förmodligen generera lika stora skador på miljön som ett direktutsläpp till Göta älv.

Vid Kläpp kretsloppsstation bör främst läckage till Strävlidens reningsverk och dagvattendiket med opåverkat dagvatten undvikas. Då förorenat släckvatten når reningsverket kan hela reningssteg slås ut och vatten orenat ledas till reningsverkets recipient. Läckage till dagvattendiket med opåverkat dagvatten leds så småningom till en bäck med lågt flöde. Det låga flödet ger väldigt liten utspädningseffekt och kan generera höga koncentrationer i bäcken. Höga koncentrationer ändrar levnadsförhållandena i bäcken markant och kan ge stora miljöskador. Läckage mot de sedan tidigare förorenade områdena ger med stor sannolikhet mindre miljöskador.

- **Släckningsmetod vid brand i avfall**
Vid val av släckningsmetod bör hänsyn tas till släckmedlets lämplighet att bekämpa brand i det specifika materialet som brinner. Vid till exempel vätskebrand används med fördel skum eller koldioxid. Brand i elektronisk apparatur släcks bäst med pulver eller skumvätska. Genom att minimera användandet av släckmedel minskar risken för spridning av förorenat släckvatten och därmed även risken för skador på miljön. En stor släckvattenpåföring ökar även risken för ofullständig förbränning och därmed en mer komplex sammansättning av förbränningsprodukterna och släckvattnet.
- **Förebyggande åtgärder**
Första prioritet är att förhindra förorenat släckvatten från att lämna anläggningen. Åtgärder för att förhindra läckage är bland annat att försluta brunnar och ledningar. Förorenat släckvatten kan då samlas i dagvattendiken och utjämningsdamm på anläggningen. Alla ytor bör vara hårdbelagda och lutningen sådan att vatten rinner mot bestämda ytor. Vid risk för läckage till omgivningen kan tillfälliga vallar byggas upp för att förhindra spridning av förorenat släckvatten.

Lagringsförhållandena bör vara sådana att möjligheterna till antändning och spridning är minimala och plats för lämpning måste alltid finnas. Brandgator måste vara så pass breda att räddningstjänstens fordon kan passera.

Maskiner bör placeras på utmärkt område där brännbart material rensats bort och en okulär besiktning av anläggningen dagligen är att rekommendera för att upptäcka bränder i ett tidigt skede.

- **Rutiner vid brand**
För att kunna hantera situationen som uppstår måste all personal ha relevant utbildning och känna till de rutiner som gäller vid händelse av brand.

6 REFERENSER

Internetkällor

Flir, <http://www.flir.com/thermography/eurasia/se/content/?id=11406>, hämtad 2009-06-29

Google Earth, www.googleearth.com, hämtad 2009-08-15

Göta älvs vattenvårdsförbund, <http://www.gotaalvvvf.org/mainpage/Resultat/vattenmagazinet.2009.pdf>, hämtad 2009-08-01

Kemikalieinspektionen, 2009 a, <http://apps.kemi.se/flodessok/floden/kemamne/cyanider.htm>, hämtad 2009-06-23

Kemikalieinspektionen, 2009 b, <http://apps.kemi.se/flodessok/floden/kemamne/fenol.htm>, hämtad 2009-06-23

Kemikalieinspektionen, 2009 c, <http://www.kemi.se/templates/PRIOPage.aspx?id=4102>, hämtad 2009-06-23

Kemikalieinspektionen, 2009 d, <http://www.kemi.se/templates/Page.aspx?id=4439>, hämtad 2009-08-10

Naturvårdsverket, 2009 a, <http://www.naturvardsverket.se/sv/Lagar-och-andra-styrmedel/Lag-och-ratt/Miljobalken/>, hämtad 2009-05-20

Naturvårdsverket, 2009 b, <http://www.naturvardsverket.se/Tillstandet-i-miljon/Miljogifter/Organiska-miljogifter/>, hämtad 2009-08-10

SMHI, 2009, <http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=7624&a=21522&l=sv>, hämtad 2009-09-08

Litteraturkällor

Andersson, J., Stridsman, D., Svedung, I., (2002). *Effekter av släckvatten*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap P21-198/97

Avfall och Miljö, nr 3 (2009), *Oväntat farliga utsläpp då elavfall brinner*, s. 10

Berg, P., (2002) *Miljökonsekvenser av olyckshändelser*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, P23-143/96

Blom, S., Geo, A., (2004), *Emissioner av toxiska ämnen i samband med brand i avfall*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, P21-455/04

Blomqvist, P., Hogland, W., Lönnermark, A., Persson, H., (2008), *Biobränslen och avfall – Brandsäkerhet i samband med lagring*, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, SP Rapport 2008:51

- Blomqvist, P., Lönnermark, A., (2005), *Emission from an automobile fire*, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
- Carling, M., Nilsson, M., Nilsson, G., Rosén, B., (2002), *Utsläpp i samband med olyckor – Metodutveckling av provtagning vid räddningstjänst*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
- Carlsrud, S., Mossdal, J., (2009) *Miljöförvaltningens riktlinjer och riktvärden för avloppsvattenutsläpp till dagvatten och recipienter*, Miljöskyddsavdelningen, Göteborgs Stad
- Chrysikou, L., Gemenetzi, P., Kouras A., Manoli, E., Terzi, E., Samara, C., (2008) Distribution of persistent organic pollutants, polycyclic aromatic hydrocarbons and trace elements in soil and vegetation following a large scale landfill fire in northern Greece, *Environ. Int.* 34, 210 - 225.
- Elert, M., Jones, C., Norman, F., (1996), *Development of generic guideline values*, Naturvårdsverket, rapport 4639
- Ettala, M., Keski-Rahkonen, O., Mangs, J., Rahkonen, P., Rossi, E., (1996) Landfill fires in Finland, *Waste Management and Research*, SF-02044
- Franzén, L., Jansson, G., (2007), *Skräppekärr sorteringsanläggning – Teknisk beskrivning*, Renova AB
- Gjengedal, E., Månge, A., Svane, T., Øygard, J.K., (2005), Effect of an uncontrolled fire and the subsequent fire fight on the chemical composition of landfill leachate, *Waste Management* 25, 712-718.
- Göta älvs vattenvårdsförbund, (2008,) *Vattendragskontroll*, Göteborg
- Hansson, P., (2009), *Förstudie: Släckvattenutredning Sobacken*, Borås Energi och Miljö AB
- Holm, G., Solyom, P., (1995), *Skumvätskors effekter på miljön*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, P21-101/95
- Larsson, I., Lönnermark, A., (2004). *Utsläpp från bränder – Analyser av brandgaser och släckvatten*, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP 2002:24
- Lindgren, A., Nessvi, K., Sandström, C., Yndemark, B., (2007), *Att minska risken för brand på deponier – Förslag till brandriskanalys*, Avfall Sverige Utveckling, D2007:05
- Miljösamverkan, (2002). *Vägledning vid bränder och utsläppsberedskap*, Borås (www.vregion.se/miljo/miljosamverkan)
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, (2007), *Utsläpp från olyckor – Påverkan på möjligheten att uppnå miljö kvalitetsmålen Giftfri miljö och Grundvatten av god kvalitet*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, P20-478/07

Naturvårdsverket, (1999), *Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Sjöar och vattendrag*, Naturvårdsverket Förlag, Rapport 4913

Persson, S., (1996), *Brand och miljöeffekter – Kunskapsöversikt*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, P21-151/96

Renova, (2008), *Miljörapport Kläpp kretsloppsanläggning*, Renova, Göteborg

Renova, (2008), *Miljörapport Skräppekärr sorteringsanläggning*, Renova, Göteborg

Storkull, L., (2005) *Fakta om Göta älv*, Göta älvs vattenvårdsförbund

Svenska brandskyddsföretag, (2005), *Riktlinjer för miljöriktig hantering av släckmedel*, Svebra

Svenskt vatten AB, (2007), *Avloppsteknik 2, Reningsprocessen*, Stockholm, ISSN nr: 1654-5117

Särdqvist, S., (2006). *Vatten och andra släckmedel*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, U30-617/07

Muntliga källor

Andersson, Peter., Miljöhandläggare, Sysav, Malmö, 2009-06-02

Fors, Bo., Brandingenjör Räddningstjänsten, Göteborg, 2009-02-04

Forsberg, Berndt., Miljöinspektör på Miljökontoret, Uppsala, 2009-06-03

Lundgren, Monika., Miljöinspektör på Miljökontoret, Borås, 2009-06-02

Lövgren, Mikael., Brandingenjör, Räddningstjänsten, Göteborg, 2009-06-10

Strand, Lars., Brandingenjör, Räddningstjänsten, Stenungsund, 2009-06-08 och 2009-08-11

Bilaga 1 Övriga lagar, förordningar och föreskrifter

- Plan- och bygglagen (SFS 1987:10)
- Lagen (SFS 1994:847) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m.
- Förordningen (SFS 1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd
- Förordningen (SFS 1998:900) om tillsyn enligt miljöbalken
- Förordningen (SFS 1998:901) om verksamhetsutövarens egenkontroll
- Förordningen (SFS 1998:950) om miljöstraffavgifter
- Förordningen (SFS 1998:1242) om områdesskydd
- Lagen (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor (Sevesolagen)
- Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2003:24) om skydd mot mark- och vattenförorening vid lagring av brandfarliga vätskor
- Förordningen (SFS 2003:789) om skydd mot olyckor
- Förordningen (SFS 2007:667) om allvarliga miljöskador

Bilaga 2 Inkommande fraktioner avfall till Skräppekärr år 2008

Tabell 2:1 Inkommande fraktioner avfall till Skräppekärr år 2008 (Miljörapport Skräppekärr, 2008)

Inkommande fraktion (ton/år)	
Brännbart	13 057
Blandat	38 122
Ris	2 114
Obrännbart	7 080
Trä	11 118
Skrot	68
Tryckimpregnerat trä	324
Kylmöbler	463
Vitvaror	453
Däck	155
Förpackningsmaterial	12 165
Gips	3 928
Totalt	89047

Tabell 2:2 Inkommande fraktioner farligt avfall till Skräppekärr (Miljörapport Skräppekärr, 2008)

Inkommande fraktion farligt avfall (ton/år)	
Slam från oljeavskiljare	11,9
Olja från oljeavskiljare	1,1
Gaser i tryckbehållare (även haloner) som innehåller farliga ämnen	0,01
Lösningsmedel	0,2
Annan olja och annat fett	0,3
Elektrisk och elektronisk utrustning	3,3
Totalt	16,8

Bilaga 3 Inkommande fraktioner avfall till Kläpp år 2008

Tabell 7 Inkommande fraktioner avfall till Kläpp under 2008

Inkommande fraktion avfall (ton/år)	
Gödsel	964
Hushållsavfall inkl. komposterbart	8486
Kompostering/jordbehandling	4456
Sortering	5151
Fint	709
Grovt brännbart	553
Trä	1756
Tryckimpregnerat trä	116
Ris	582
Skrot	227
Well	36
Tidningar	38
Glas, ofärgat	6
Glas, färgat	6
Plast	6
Elektronik	119
Totalt	23 211

Tabell 3:2 Inkommande fraktioner farligt avfall till Kläpp 2008

Inkommande fraktion farligt avfall (ton/år)	
Färg & Lack	19,6
Vattenblandad färg	17,1
Lösningsmedel	1,9
Ljuskällor	0,4
Småkemikalier	1,3
Spillolja	11,8
Oljefilter	1,2
Bilbatterier	21,1
Konsumtionsbatterier	4,1
Asbest	0
Medicin	0,01
Alkalier	0,2
Syror, övr. surt	0,3
Nödraketer	0
Kvicksilver	0
Övrigt avfall	0,06
Bekämpningsmedel	0,2
Tryckbehållare	0
Elektronik	0,3
Summa	79,7

Bilaga 4 Modellering av metallutsläpp från bränder i avfall till Göta älv

Tabell 8 Modellering av påverkan på Göta älv, normalstor avfallsbrand

Modellering	Pb	As	Cu	Cd	Zn	Ni	Hg
Q _{in} [L/s]	40	40	40	40	40	40	40
Q förångning (35 %)	14	14	14	14	14	14	14
Q _{ut} [L/s]	26	26	26	26	26	26	26
K _d [l/kg]	1000	30	500	30	100	100	200
C _{sed} [g/kg]	0,23	2,70E-03	0,09	3,00E-04	0,27	1,50E-02	8,40E-05
C _{ut, 1} [g/L]	2,30E-04	9,00E-05	1,80E-04	1,00E-05	2,70E-03	1,50E-04	4,20E-07
Q Göta älv [L/s]	1,78E+05	1,78E+05	1,78E+05	1,78E+05	1,78E+05	1,78E+05	1,78E+05
C _{bakgrund} [µg/L]	0,06	0,07	0,23	2,50E-03	4,3	1	7,00E-04
C _{bakgrund} [g/L]	5,70E-08	7,1E-08	2,31E-07	2,5E-09	4,3E-06	1,00E-06	7E-10
Flöde av ämnet [g/s]	5,98E-03	2,34E-03	4,68E-03	2,60E-04	7,02E-02	3,90E-03	1,09E-05
mängd bakgrund [g/s]	1,01E-02	1,26E-02	4,11E-02	4,45E-04	7,65E-01	1,78E-01	1,25E-04
mängd Göta älv [g/s]	1,61E-02	1,50E-02	4,58E-02	7,05E-04	8,36E-01	1,82E-01	1,36E-04
C _{Göta älv} [µg/L]	0,09	0,08	0,26	3,96E-03	4,69	1,02	7,61E-04

Tabell 9:2 Modellering av påverkan på Göta älv, worst case scenario

Modellering	Pb	As	Cu	Cd	Zn	Ni	Hg
Q _{in} [L/s]	160	160	160	160	160	160	160
Q förångning (5 %)	8	8	8	8	8	8	8
Q _{ut} [L/s]	152	152	152	152	152	152	152
K _d [l/kg]	1000	30	500	30	100	100	200
C _{sed} [g/kg]	0,92	1,08E-02	0,36	1,20E-03	1,08	0,06	3,36E-04
C _{ut, 1} [g/L]	9,20E-04	3,60E-04	7,20E-04	4,00E-05	1,08E-02	6,00E-04	1,68E-06
Q Göta älv [L/s]	1,46E+05	1,46E+05	1,46E+05	1,46E+05	1,46E+05	1,46E+05	1,46E+05
C _{bakgrund} [µg/L]	5,70E-02	7,10E-02	0,23	2,50E-03	4,3	1	7,00E-04
C _{bakgrund} [g/L]	5,7E-08	7,1E-08	2,31E-07	2,5E-09	4,3E-06	1,00E-06	7E-10
Flöde av ämnet [g/s]	0,14	0,05	0,11	6,08E-03	1,64	0,09	2,55E-04
mängd bakgrund [g/s]	8,32E-03	0,010366	0,033726	3,65E-04	0,63	0,15	1,02E-04
mängd i Göta älv [g/s]	0,15	0,07	0,14	0,01	2,27	0,24	3,58E-04
C _{tot} [µg/L]	1,01	0,45	0,98	0,04	15,54	1,62	2,45E-03

Bilaga 5 Modellering av påverkan från förorenat släckvatten på Strävlidens reningsverk

Tabell 10:1 Modellering av påverkan på Strävliden reningsverk, normalstor avfallsbrand

Modellering	Pb	As	Cu	Cd	Zn	Ni	Hg
K_d [l/kg]	1000	30	500	30	100	100	200
C_{sed} [g/kg]	0,23	0,0027	0,09	0,0003	0,27	0,015	0,000084
C_{ut} [g/L]	0,00023	0,00009	0,00018	0,00001	0,0027	0,00015	4,2E-07
$V_{släckv}$ (2h) [L]	2,88E+05	2,88E+05	2,88E+05	2,88E+05	2,88E+05	2,88E+05	2,88E+05
m_{tot} [g]	6,39E+01	2,50E+01	5,00E+01	2,78E+00	7,51E+02	4,17E+01	1,17E-01
$V_{utjämn}$ [L]	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05
C_{tot} [µg/L]	150,45	58,87	117,74	6,54	1766,12	98,12	0,27
Konc. Som inhiberar rening [µg/L]	100	50	5-500	20	80	250	2-2500

Tabell 5:2 Modellering av påverkan på Strävlidens reningsverk, worst case scenario

Modellering	Pb	As	Cu	Cd	Zn	Ni	Hg
K_d [l/kg]	1000	30	500	30	100	100	200
C_{sed} [g/kg]	0,92	0,0108	0,36	0,0012	1,08	0,06	0,000336
C_{ut} [g/L]	0,00092	0,00036	0,00072	0,00004	0,0108	0,0006	1,68E-06
$V_{släckv}$ (2h) [L]	2,88E+05	2,88E+05	2,88E+05	2,88E+05	2,88E+05	2,88E+05	2,88E+05
m_{tot} [g]	2,56E+02	1,00E+02	2,00E+02	1,11E+01	3,00E+03	1,67E+02	4,67E-01
$V_{utjämn}$ [L]	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05	4,25E+05
C_{tot} [µg/L]	601,79	235,48	470,96	26,16	7064,47	392,47	1,10
Konc. Som inhiberar rening [µg/L]	100	50	5-500	20	80	250	2-2500