

Miljö- och hälsoskyddsprogrammet 180hp



Hur förorenad är en dagvattendamm som inte sköts om?

- En jämförelse av två dagvattendammar

Ronja Nelson och Rebecka Svensson

Examensarbete inom miljö- och hälsoskydd 15hp

Halmstad 2017-06-05

Hur förorenad är en dagvattendamm som inte sköts om?

—En jämförelse av två dagvattendammar.

Högskolan i Halmstad

Kandidatexamen

Program: Miljö- och hälsoskyddsprogrammet 180hp

Handledare: Lars-Erik Widahl

Examinator: Antonia Liess

Ronja Nelson och Rebecka Svensson

2017-05-15

Sammanfattning

Dagvatten innehåller en mängd olika föroreningar och är en stor källa till spridning av farliga ämnen. Fordon och industrier är två faktorer som orsakar ökning av tungmetallerna koppar och zink. Utan hantering av dagvatten kan negativa effekter uppstå i våra vattendrag och sjöar. Dagvattendammar har anlagts i syfte att förhindra spridning av föroreningar genom olika reningsprocesser, exempelvis sedimentation. Dock behöver dagvattendammar underhållas för att bibehålla sin reningseffektivitet, vilket brister i flera dammar i Sverige.

Studien har undersökt två dagvattendammar lokaliserade intill motorvägar och utreder förekomsten av koppar och zink i dess sediment. I den ena dammen sker ingen skötsel i jämförelse med den andra dammen som har kontinuerlig skötsel. Koncentrationer av tungmetallerna har erhållits genom mätinstrumentet AAS och analyserats för statistisk signifikans. Koncentrationerna har även jämförts med Naturvårdsverkets bakgrundshalter för sediment i sjöar och vattendrag och resulterat till vilken damm som avskiljer mest.

Resultatet visar en signifikant skillnad ($p < 0.05$) med avseende på koppar och zinkkoncentrationer mellan dagvattendammarna. Den oskötta dammen uppvisade lägst koncentrationer av båda koppar och zink i jämförelse med dammen som sköts om. Det tyder på att den damm som försummas har dålig förmåga att rena i motsats till den damm som får kontinuerlig skötsel. Dock påverkas metallkoncentrationer i dagvattendammars sediment av flera faktorer. Fler kemiska och fysikaliska mätningar behöver utredas för att säkrare kunna fastställa vad den signifikanta skillnaden beror på.

Nyckelord

Dagvatten, dagvattendamm, sediment, koppar, zink.

Abstract

Stormwater contains a variety of pollutants and is a major contributor to the dispersion of hazardous substances. Vehicles and industries are two factors that cause the increase of copper and zinc. Without handling stormwater, adverse effects can occur to our freshwater systems. Stormwater ponds have been established to prevent contamination of pollutants through various treatment processes. Stormwater ponds however, need to be maintained in order to remain effective. Notably, in Sweden several stormwater ponds lack maintenance.

This study has investigated two stormwater ponds located near highways with a focus on the presence of copper and zinc in its sediment. One pond lacks maintenance in comparison to the other pond which receives continuous maintenance. Concentrations of heavy metals have been obtained through AAS and analyzed for statistical significance. Concentrations have also been compared with the Swedish Environmental Protection Agency's background levels for sediment in freshwater.

The investigation has shown a significant difference ($p < 0.05$) between the two stormwater ponds. Furthermore the pond that has been neglected has poor separation efficacy as opposed to the pond that is being routinely maintained. More chemical and physical measurements need to be investigated to determine with certainty what has caused the observed significant difference.

Keywords

Stormwater, stormwater pond, sediment, copper, zinc.

Förord

Detta examensarbete utgör den slutliga delen av kandidatprogrammet Miljö-och hälsoskydd på Högskolan i Halmstad. Kandidatuppsatsen har arbetats fram under våren 2017 och omfattar 15 hp.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Lars-Erik Widahl för all vägledning och stöd till vårt examensarbete. Vi vill även tacka Per Magnus Ehde för hjälp och kloka ord vid analysering av prover på högskolan. Tack Antonia Liess för att du tog dig tid att lotsa oss genom den statistiska delen av arbetet. Ett tack riktas också till Mats Lindqvist på Trafikverket och Olle Ljunggren på Göteborg stad - kretslopp och vatten, som under upprepade gånger har svarat på frågor relevanta för studien.

Halmstad, maj 2017

Ronja Nelson och Rebecka Svensson

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.2 Syfte och mål.....	2
1.3 Avgränsningar	3
1.4 Bakgrund	3
1.4.1 Dagvatten.....	3
1.4.2 Föroreningskällor.....	3
1.4.3 Dagvattendammar.....	5
1.4.4 Reningsprocess i dagvattendammar	5
1.4.5 Sedimentation	5
1.4.6 Hur dagvattendammar bör utformas.....	6
1.4.7 Underhåll och skötsel av dagvattendammar	7
1.4.8 Recipienter, dess förutsättningar och biologiska effekter	8
1.4.9 Tungmetaller och dess påverkan på sjöar och vattendrag	9
1.4.10 Vattendirektivet (2000/60/EG)	9
2. Material och metod	10
2.1 Dagvattendammarna.....	10
2.1.1 Rackabjär	10
2.1.2 Järnbrottsmotet	10
2.2 Insamling av data	11
Mätutrustning.....	12
Kemisk analys.....	12
Statistisk analys	13
2.2 Litteraturstudier	13
2.3 Databaser och sökord	13
3. Resultat	15
3.1 Mätresultat.....	15

3.2 Rackabjär.....	15
3.3 Järnbrottsmotet.....	15
3.4 Skillnader och samband	16
4. Diskussion.....	18
4.1 Tolkning av resultat.....	18
4.2 Relevanta miljömål	19
4.3 Hållbar utveckling.....	20
4.4 Förslag till fortsatt forskning.....	21
5. Slutsats	22
6. Referenser	23
6.1 Rapporter.....	23
6.2 Vetenskapliga artiklar	24
6.3 Hemsidor	26
6.4 Lagar och EU-direktiv.....	29
6.5 Muntliga referenser	30
7. Bilagor.....	31
Bilaga 1	31
Bilaga 2	32
Bilaga 3	33
Bilaga 4	34
Bilaga 5	35
Bilaga 6	37

1. Inledning

Världen står inför en stor utmaning vad gäller klimatförändringar. Mer intensivt regn orsakas av varmare atmosfär i den norra tempererade zonen (Egemose et al., 2014). Intensiv nederbörd som tidigare har inträffat vart 20:e år i Skandinavien kan bli ett faktum vart åttonde år, och under vintertid för en del platser, så ofta som vart tredje år. Vid dessa tillfällen förväntas mängden nederbörd öka upp till 40 % i Skandinavien. Dagens skyfall med 20 mm/dag skulle i framtiden innebära 28 mm/dag (SMHI, 2017). Utformningen av de avloppssystem som byggdes för decennier sedan är inte anpassade för den ökade belastningen av dagvatten. Till följd av ökad befolkning expanderar städer och då utökas också anläggning av vägar. Detta förhindrar att regn kan infiltrera genom naturliga processer och risk för översvämning ökar. En förbättrad dagvattenhantering är därför nödvändig (Egemose et al., 2014).

Dagvattenavrinning från asfalterade vägar kan även innehålla stora mängder av varierande föroreningar, såsom tungmetaller, kolväten, bekämpningsmedel och näringsämnen. Dessa föroreningar kan härröra från utsläpp av motordrivna fordon, kemisk avsättning på eller nära beläggningssytan, vittring av byggnader i området, korrosion av trottoaren, mänsklig verksamhet som exempelvis utgrävning, uppdämning och gödsling samt omgivande naturliga jordar. Risker kan uppstå för människor, djur eller växter vid höga koncentrationer av föroreningar, samt tekniska och estetiska problem.

För hantering av dagvattenavrinning har bland annat dagvattendammar skapats i syfte att dämpa och fånga upp dagvattenavrinning. Detta för att transport av sediment ska förhindras och att föroreningar som exempelvis tungmetaller och organiska föreningar ska avlägsnas innan de når recipienten (Jang et al., 2010). Eftersom en stor del av föroreningarna i vägars avrinning binds till partiklar är den huvudsakliga funktionen av dammarna borttagning av föroreningar genom sedimentering (Starzec et al., 2004). En dagvattendamm är tidsberoende och minskar volymmässigt när sediment ackumuleras. Dagvattendammar måste regelbundet kontrolleras och med jämna mellanrum måste sediment tas bort för att dammar ska förbli effektiva (Drake & Guo, 2008).

I november år 1996 öppnades den nya motorvägssträckan av E6:an mellan Falkenberg och Halmstad (Fastarp-Heberg). Stor hänsyn gällande den estetiska utformningen togs i jämförelse med tidigare likartade projekt. Dessutom ingick aspekter gällande kretslopp och ekologi i planeringen. Miljöåtgärder som beaktades främst för projektet var ett flertal dammar. Dessa skapades i syfte för att ta hand om bland annat dagvattnet (Vägverket, 1998). I kontakt med Trafikverket (tidigare Vägverket) framgår det att dessa dammar även tar emot dräneringsvatten från omkringliggande åkrar. Mats Lindqvist vid Trafikverket (personlig kommunikation, 15 mars 2017) menar att man inte bygger dammar på detta sätt idag och dammarna anses därför inte vara utpräglade dagvattendammar. De ligger heller inte på mark som förvaltas av Trafikverket vilket innebär att ingen skötsel sker i dagsläget.

Längs med Sveriges allmänna vägar har det från bara några få dagvattenanläggningar i mitten av 1990-talet tillkommit mer än 400 anläggningar. Flest av dem är så kallade våta dammar, vilket innebär att de alltid är vattenfyllda. Det brister dock i upprätthållandet av dammarna vilket innefattar avsaknad av dokumentation, underhållsbehov och andra grundläggande villkor (Starzec et al., 2005). Oklar ansvarsfördelning, otillräcklig kommunikation, brist på kunskap och finansiella hinder är sannolika skäl till att dammar försummas. De ekonomiska investeringar som uppkommit vid anläggning av nya dammar blir slöseri om underhåll av dammarna försummas. Dessutom förlorar dammarna sitt syfte och bidrar därmed inte till en mer hållbar miljö (Blecken et al., 2015).

1.2 Syfte och mål

Syftet med studien var att undersöka om det förelåg någon signifikant skillnad med avseende på förekomst av koppar och zink mellan två dagvattendammar i anslutning till motorvägar. Målsättning med studien är att kunna redovisa två dagvattendammars halter av tungmetaller uttryckt i mg/kg TS (torrsubstans) och jämföra dessa med Naturvårdsverkets bakgrundshalter, se bilaga 1. Den ena dammen har kontinuerlig skötsel till skillnad från den andra där ingen skötsel sker. Betydelsen av skötsel och underhåll av befintliga dagvattendammar kommer även att belysas.

Frågeställningar

1. Föreligger det något samband och/eller skillnad av metaller i in- och utlopp i respektive damm?

2. Vilka faktorer kan påverka koppar och zinkkoncentrationer i dagvattendammar?
3. Vilken damm uppvisar högst metallkoncentrationer?

1.3 Avgränsningar

Studien avgränsas till att undersöka två dagvattendammar i Halland och Västergötland. Provtagning har endast gjorts på bottensediment och därmed har inga vattenprover tagits. Insamlad data med sedimentprover är tagna under enbart ett tillfälle för respektive damm. Enbart analys av koppar och zink har genomförts eftersom metallerna påverkar vattenlevande organismer negativt. Andra tungmetaller, organiska ämnen och näringsämnen kommer inte att beröras.

1.4 Bakgrund

1.4.1 Dagvatten

Dagvatten är regn- och smältvatten som rinner av på hårdgjorda ytor som tak, vägar och markytor. Vattnet rinner vidare till vattendrag, sjöar eller hav via diken, dammar och ledningar (Laholmsbuktens VA, 2016). Dagvatten innehåller olika föroreningar såsom organiska föreningar, näringsämnen, avsningsmedel och tungmetaller (Karlsson et al., 2010). Innehållet av olika föroreningar i dagvattnet varierar i stor utsträckning och är beroende av årstid, nederbörd, markanvändning och kemikalieanvändning (Malmö stad, 2008).

1.4.2 Föroreningskällor

En källa till spridning av föroreningar är vägar och dess trafik. Ämnen som återfinns i dagvattnet från vägar är bland annat tungmetallerna nickel, zink, koppar, krom och kadmium som ackumuleras på vägbanan under torrperioder (Vägverket, 1998; Trafikverket, 2014). Tungmetallerna härrör från bromsbelägg, smörjolja, katalysatorer, avgaser och vägbanan. Dessa påverkar vägens kvalitet och mängden dammpartiklar, se tabell 1 (Trafikverket, 2014; Beasley & Kneale, 2002). Från fordonens däck slits även en liten mängd gummi av och en del fordon kan läcka olja, bränsle eller andra vätskor som förorenar dagvattnet (Vägverket, 1998). Koppar används som material till bromsbelägg i bland annat motorcyklar, personbilar och lastbilar. Den största härkomsten av zink kommer från bildäck (Whiley, 2011). En studie som gjordes år 2004 inventerades 26 dagvattendammar i Sverige. Resultatet visade att det

fanns en signifikant korrelation mellan trafikintensitet och ackumulation av tungmetallerna nickel, zink och krom i dagvattendammars sediment (Starzec et al., 2005).

Tabell 1. Härkomst av ämnen som återfinns i väg dagvatten. Notering: I Primär källa; II sekundär källa (Sansalone & Buchberger, 1997).

	Bromssystem	Däck	Kaross	Bränsle och oljor	Betong	Asfalt	Avisningssalter	Skräp
Kadmium	I	II						
Krom		II						
Koppar	II	II						
Järn		II	II					II
Bly	I	I		I			I	
Nickel		II						
Vanadin				II				
Zink	II	II	II					
Klorider							II	
Organiska fasta ämnen						II		II
Oorganiska fasta ämnen			I		I	II		II
PAH:s				I		II		
Fenoler						II		

Mängden föroreningar som återfinns i dagvatten på vägarna varierar med årstid. Halter av föroreningar ökar på vintern på grund av användning av dubbdäck som river upp metaller i vägbanan. Om vägbanans beläggning är sliten kan halterna av föroreningar öka i jämförelse med om vägbanans beläggning är mindre sliten (Vägverket, 1998). Tungmetallers rörlighet, biotillgänglighet och toxicitet beror på deras fysikaliska och kemiska form. Metallernas löslighet kan även ändras snabbt på grund av parametrar som jonstyrka, pH samt reduktion och oxidationsreaktion (Clozel et al., 2006).

Markanvändning som innefattar motorvägar och industriområden har uppvisat högre koncentrationer av föroreningar i dagvatten än vid andra typer av markanvändning (Alm et al., 2010). I en dansk studie undersöktes halter av bland annat koppar och zink i

dagvattendammars sediment. I studien ingick totalt 37 dammar, varav 26 var våta dammar. Dammarna delades in i fyra olika kategorier; 'obrukad', 'jordbruk', 'stad' samt 'industri'. Innehåll av metaller i sediment var högst i industriområden och minskade från stadsområden, jordbruksområden till obrukade områden. Koppar, krom, bly och nickel visade halter på 18-62 mg/kg TS medan zink visade högst halter i alla de olika områden, 166-451 mg/kg TS (Egemose et al., 2014). Søberg et al., (2015) kunde konstatera liknande resultat från två undersökta dagvattendammar. Dammen som mottog dagvatten från ett industriellt avrinningsområde visade högre koncentrationer av både koppar och zink än dammen som var belägen i ett bostadsområde.

1.4.3 Dagvattendammar

Enligt Vatteninformationssystem Sverige är en våt dagvattendamm en damm med permanent vattenspiegel (VISS, 2016). Vid intensiv nederbörd och snösmältning reduceras och försenas dagvattenflödet i dammen innan vattnet når recipienten (Trafikverket, 2008).

Omhändertagande av dagvatten kan utformas på olika sätt. De vanligaste anläggningarna i Sverige är våta dammar, konstruerade våtmarker, översilningsytor och öppna diken. Dessa anläggningar anläggs i syfte att rena dagvatten från föroreningar och näringsämnen med hjälp av naturliga processer. Våta dammar har permanent vattenyta som under avrinningstillfällen byts ut helt eller delvis mot dagvatten. Den permanenta vattenytan i våta dammar upprätthålls genom ett basflöde där sedimentering är den centrala funktionen för reningsprocessen av dagvatten (Larm, 2000).

1.4.4 Reningsprocess i dagvattendammar

Förbättring av kvaliteten av vatten i en dagvattendamm sker genom olika processer där jord, luft, vatten, mikroorganismer och växter samverkar. De vanligaste processerna för rening indelas i fysikaliska, biologiska och kemiska processer. De fysikaliska processerna syftar till sedimentation, filtrering, avdunstning och infiltration. De kemiska processerna är utfällning, adsorption och desorption. De biologiska processerna utgörs av biologisk nedbrytning, denitrifikation, nitrifikation och upptag av vegetation (Vägverket, 1998).

1.4.5 Sedimentation

I dagvattendammar avskiljs föroreningar genom sedimentation vilket resulterar till att transport av partiklar hämmas (Vägverket, 1998). Sedimentation är den mest förekommande

fysikaliska process som innebär att föroreningar som är bundna till partiklar sjunker till botten i dagvattendammen (Trafikverket, 2008). Sedimentationshastigheten är beroende av vattenflödes hastigheten, partikelstorlek samt av partiklarnas densitet (Persson., 1998). Detta resulterar i sediment med högre koncentrationer av föroreningar jämfört med naturliga sediment (Karlsson et al., 2010). Kontinuerlig ackumulering av sediment kan leda till att föroreningarna förflyttas genom sedimentet och att vattenkvaliteten försämras. En försämrad vattenkvalitet kan på sikt öka risken för att grundvattnet blir förorenat (Yousef et al., 1994).

1.4.6 Hur dagvattendammar bör utformas

En damms effektivitet beror på vattnets omsättning (hydrologi), hur vattnet flödar (hydraulik) och reningsprocesser. Även dammens volym har betydelse för att förhindra materialet i botten från att slammas upp, erodera och för att kunna upprätthålla aeroba förhållanden. För att tungmetaller ska ackumuleras i sedimentet är det nödvändigt med aeroba förhållanden istället för att genom kemiska processer lösas upp. Normalt ska en damms djup vara 1-1,5 meter och möjliggöra en ökning till 2-2,5 meter vid regn (Trafikverket, 2008). Vattnet sprids bättre i en damm om djupzoner konstrueras tvärs flödesriktningen. Även vattnets hastighet reduceras med hjälp av djupzoner, vilket då främjar sedimentation av suspenderat material. Djupzon vid inflödet i en damm är därför rekommenderat. Vid inloppet upptar de större partiklarna avsevärt större volym än de små partiklarna som sedimenteras vid utloppet, vilket resulterar i en snabbare ökning av sediment vid inloppet. Trots att mängden tungmetaller är störst vid inloppet, är koncentrationen högre i det finare sedimentet vid utloppet (WSR, 2013). Att högre koncentrationer av metaller associeras med små partiklar beror på att de har en stor yta där metallerna kan adsorberas. I en studie undersöktes koncentrationer av olika metaller i två dagvattendammars sediment. Resultatet visade att koncentrationerna av både zink och koppar minskade från inloppet till utloppet (Søberg et al., 2015).

Uppehållstiden bör vara 12-24 timmar för att partikelbundna föroreningar, som tungmetaller ska kunna sedimentera (Trafikverket, 2008). För sedimentering av små partiklar krävs det att uppehållstiden är längre än för större partiklar (Wu et al., 1996). I en långsmal damm kan flödet spridas jämnt över hela dammen och dess yta får en effektivare användning. Denna typ av utformning anses bättre än en kort och bred damm. Således bör en damm ha ett högt längd/breddförhållande (Trafikverket, 2015). Enligt VISS (2016) föreslås ett förhållande på minst 3:1. I en studie gjord av Starzec et al. (2005) kunde en statistisk effekt gällande hur

snabbt ämnen ackumuleras och dammens form inte säkerställas. Inga skillnader avseende metallhalt mellan en långsträckt och cirkulär damm påträffades.

1.4.7 Underhåll och skötsel av dagvattendammar

För att upprätthålla dammarnas renande funktion måste dagvattendammar underhållas. Eftersom sediment långsiktigt ackumuleras i dammarna måste skötsel vidtas för att bibehålla dammarnas ursprungliga djup (Drake & Guo., 2008). En alltför kort uppehållstid eller för hög strömningshastighet uppstår när den fria vattenvolymen blir för liten. När halva dammens djup utgörs av sediment eller om sedimentet är minst 30 centimeter tjockt rekommenderas en tömning. Uppföljningar både nationellt och internationellt visar en sedimentökning inom intervallet 1-6 cm per år i dagvattendammar (WRS, 2013). Drake & Guo (2008) undersökte underhållet av ett flertal dagvattendammar i olika kommuner i Ontario, Kanada. Man fann att majoriteten av provinsens dagvattendammar inte övervakas eller underhålls. Regelbunden underhållning underlättar för kommuner vid planering av borttagning av sediment eftersom föroreningshalterna i dammarnas sediment kan förutsägas. Inspektionsprogrammet säkerställer att dammens infrastruktur och utlopp är intakta och funktionella medan övervakningsprogrammet inriktas på vattenkvalitet, sedimentackumulation och hydraulisk funktion. Bristande underhåll av dagvattendammar har även visats i Sverige. En granskning av 26 dagvattendammar visade att hälften av dammarna saknade någon form av dokumenterat underhållsprogram (Starzec et al., 2005)

År 2008 skapade Vägverket en handbok om hur öppna dagvattenanläggningar ska skötas som de själva ansvarar för. Sedimentations- och fördröjningsdammar med eller utan vegetation och översilningsytor har ett specifikt skötselprogram. Skötselprogrammet omfattas av dammens syfte, data, beredskaps- och skötselplan samt dokumentation från genomförda inspektioner. Inspektioner genomförs två gånger varje år och kontrollerar tekniska installationer och renande funktioner. Kontroll av in- och utlopp, diken samt vegetationstillväxt och erosionsskador omfattas vid inspektion av renande funktioner. Oljeavskiljare, avstängningsventil samt flödesreglerare omfattas vid kontroll av tekniska installationer. Åtgärder för skötsel av dammar kan vara att vid in- och utlopp rensa galler och brunnar, smörja och reparera eventuella skador på de tekniska installationerna samt slyröjning och beskärning av slänter. Hur ofta rensning av sediment ska genomföras beror på dammens storlek, växtlighet och dimensionering, trafikintensitet och funktionaliteten av

sedimentavskiljaren uppströms. Vid in- och utlopp kan återkommande rensning behöva göras (Vägverket, 2008).

1.4.8 Recipienter, dess förutsättningar och biologiska effekter

Recipienter är sjöar, vattendrag och kusthav som tar emot dag- och avloppsvatten (Naturvårdsverket, 2016; Alm et al., 2010). Den primära källan till föroreningar i sjöar och vattendrag i närhet eller i städer bedöms vara från dagvatten. Långsiktigt kan dagvatten leda till negativa biologiska effekter på djur och växter som lever i recipienten om halterna av föroreningar är tillräckligt höga och uppträder frekvent. Akvatiska ekosystem kan påverkas negativt genom att biodiversitet och habitat går förlorade på grund av att vattenkvaliteten försämras. Många organiska föreningar, liksom tungmetaller bioackumuleras vilket innebär att ämnena koncentreras i levande organismer som på sikt kan leda till att ämnena biomagnifieras och ansamlas i näringskedjan. Dessa ämnen klassas som persistenta och kan leda till att fisk och skaldjur blir kontaminerade, något som i förlängningen via konsumtion även kan drabba människan. En försämrad vattenkvalitet kan även påverka dricksvatten (Alm et al., 2010). Vid bedömning av biologiska effekter i recipienten har årstiden betydelse. Recipientens vattenkvalitet är extra betydelsefull under vår och sommar när akvatiska djur har sin reproduktionstid och yngelperiod (Vägverket, 1998). Recipienter har varierande förutsättningar att ta emot förorenat vatten. Art och storlek av dagvattnets påverkan på recipienten beror på följande parametrar:

- storlek och typ av recipient
- karaktär av nederbörd (pH, föroreningsinnehåll)
- ekologiska förändringar
- förekomst, varaktighet och omfattning av belastning
- markanvändning vid avrinningsområde (Vägverket, 1998)

Vad marken används till ger upphov till vilka typer av föroreningar som medföljer dagvattnet och slutligen till recipienten (Alm et al., 2010). Sedimentets karaktär och vad för typ och storlek recipienten har påverkar dess förmåga att ta upp och/eller späda ut föroreningar vilket motverkar att toxiska effekter uppstår (Vägverket, 1998).

1.4.9 Tungmetaller och dess påverkan på sjöar och vattendrag

Koppar och zink är metaller som är betydelsefulla, biologiska mikronäringsämnen för djur och växter eftersom de spelar en stor roll för uppbyggnad av vävnad och tillväxtprocesser. Vid höga koncentrationer blir metallerna istället toxiska och kan bidra till missbildningar (Beasley & Kneale, 2002). Vattenlevande organismer är särskilt känsliga för zink och koppar i jämförelse med människor. Det är till följd av att däggdjurens lever och njurar ingår i ett mer välutvecklat avgiftningssystem till skillnad från andra organismer. Kräftdjur och fiskar har påvisats vara 10-100 gånger mer sensibla jämfört med däggdjur för koppar (Zhiyou et al., 2016). Studier på dagvatten har visat att koppar tillhör de avsevärt mest toxiska metallerna, på grund av dess låga tröskel för toxicitet. Tungmetaller har en benägenhet att ackumuleras i levande organismer och är inte biologiskt nedbrytbara. De bedöms därmed vara toxiska och carcinogena (Egemose et al., 2014).

1.4.10 Vattendirektivet (2000/60/EG)

Den 23 oktober 2000 upprättades EU:s ramdirektiv för vatten. Direktivet syftar till att alla medlemsländer i EU ska skydda alla former av vatten och förhindra försämring av EU:s vattenförekomster. Enligt Artikel 1 i direktiv 2000/60/EG ska inlandsytvatten, vatten i övergångszon, kustvatten och grundvatten skyddas vilket kommer att bidra till;

- en hållbar vattenanvändning som erfordras genom att grund – och ytvatten finns i god kvalitet och tillräcklig förekomst
- kontaminering av grundvattnet kommer avsevärt att minskas
- åtgärder som förebygger och avlägsnar föroreningar i den marina miljön vilket leder till att spill och utsläpp av prioriterade farliga ämnen upphör eller successivt avlägsnas, som mål att den marina miljöns koncentrationer ligger nära bakgrundsnivåer för naturligt existerande ämnen och syntetiskt framställda ämnen av människan ska vara nära noll.

2. Material och metod

2.1 Dagvattendammarna

2.1.1 Rackabjär

Rackabjär är lokaliserat nära samhället Getinge i Hallands län i direkt anslutning till motorvägen E6, 17 km norr om Halmstad (Vägverket, 1998). Dammen tar emot dagvatten från bland annat motorväg, betesmarker, åkrar, blandskogar och bebyggda marker som tillsammans utgör ett cirka 110 hektar stort område, varav cirka 70 hektar utgörs av åkermark (Amcoff & Magnusson, 1997). Mätningar genomförda år 2014 visade att trafikintensiteten på motorväg E6 i direkt anslutning till dammen var 23330 fordon/dygn (Trafikverket, 2017). Rackabjär uppstod på grund av att en dräneringsledning från motorvägen hade sitt utflöde till Suseån vilket resulterade till att dagvattnet från motorvägen transporterades direkt till Suseån (Vägverket, 1998). Efter anläggningen leds istället dagvattnet till dagvattendammen i syfte att avskilja föroreningar naturligt och fördröja vattnet innan det når Suseån (Amcoff & Magnusson, 1997).

2.1.2 Järnbrottsmotet

Järnbrottsdammen ligger i stadsdelen Frölunda söder om Järnbrottsmotet och ansvaret för drift och underhåll har Kretslopp och vatten. Dammens syfte är att rena dagvatten innan det når recipienten Stora Ån. Dammen sköts om regelbundet genom provtagningar och tillsyn (Kretslopp och vatten, 2016). Djupet i dammen varierar mellan tre zoner, inlopp-, övergångsamt utloppszon. Djupet vid inlopp är i huvudsak 1,3 meter, med en mindre del på 1,1 meter. Mellan inlopp och utlopp finns övergångszonen med djup på 0,6 meter. Anledningen till utformningen är betingad av geotekniska förhållanden. Stabiliteten mot skred är väldigt låg i övergångszonen, 0,6 meter är maximalt möjligt djup. I denna zon sker ingen sedimentation. Zonen vid utlopp är 1,2 meter djup. Flödet till dammen kommer från ett 425 hektar stort avrinningsområde längs Dag Hammarskjöldsleden, uppifrån cirka slottsskogsvallen. Avrinning från söderleden/västerleden kommer inte till dammen (Ljunggren, personlig kommunikation, 28 mars 2017). Avrinningsområdet består av grönområden, vägar samt även hårt belastat av industriverksamhet (Kretslopp och vatten, 2016). Under året 2013 genomfördes mätningar av trafikintensitet på väg 158 som uppmättes till 26540 fordon i anslutning till dammen (Trafikverket, 2017).

Tabell 2. Teknisk information av Rackabjär och Järnbrottsmotet (Starzec et al, 2005, Trafikverket, 2017, Olle Ljunggren, personlig kommunikation, 28 mars 2017)

	Rackabjär	Järnbrottsmotet
Byggår	1996	1996
Area (m ²)	2100	6500
Volym (m ³)	4000	6500
Längd/breddförhållande	2:1	4:1
Djup (m)	-	0,6-1,3
Trafikintensitet (dygn ⁻¹)	23330	26540
Recipient	Suseån	Stora Ån
Underhåll	Ingen skötsel	Skötsel

2.2 Insamling av data

Via mail och telefonkontakt med Trafikverket och Göteborg stad - Kretslopp och vatten har fakta om respektive damm samlats in. Insamling av data genomfördes genom att ta sedimentprover i dammarna vid två tillfällen i mars 2017. Sammanlagt togs 24 sedimentprover, 12 prover togs i Rackabjär och 12 stycken togs i Järnbrottsmotet. För respektive damm togs sex sedimentprover i närhet till inflödet och sex prover togs i närhet till utflödet, se figur 1.



Figur 1. A visar inlopp (vänster) och utlopp (höger) för Rackabjär. B visar utlopp (vänster) och inlopp (höger) för Järnbrottsmotet.

Mätutrustning

För att ta sedimentprover användes ett provtagningsrör, se figur 2. Efter provtagning bevarades sedimentprover i plastburkar försedda av Halmstad högskola. Proverna förvarades i kylväskor under transport tillbaka till högskolan för att sedan förvaras i kylskåp. Alla analyser har genomförts på Högskolan i Halmstad.



Figur 2. Provtagningsrör som användes vid provtagning. Taget vid utloppet i Järnbrottsmotet.

Kemisk analys

Analysen påbörjades genom att mäta våt- respektive torrsubstanshalten för varje sedimentprov. Aluminiumformar ställdes in i ett värmeskap i 105 °C under en timme och fick

sedan svalna i en exsickator, vilket är en glasbehållare för lagring av prover i en torr atmosfär. Därefter vägdes minst 40 gram vått sediment i varje aluminiumform. Det våta sedimentet placerades i värmeskåp i 105 °C över natten för att under påföljande dag svalna i exsickatorn. Efter att proverna därefter vägts, användes vikten för att beräkna vattenhalten i procent, se Bilaga 2. Med vattenhalten kunde torrsubstansen räknas ut, se bilaga 3. Analysen baserades enligt Svensk standard SS 02 81 13, 1981.

Det torra sedimentet mortlades för att vägas till 1 gram för varje prov på en analysvåg. 20 ml 7 M HNO₃ tillsattes i vardera prov. Ett syrablandprov gjordes bestående endast av 20 ml 7 M HNO₃. Samtliga prover autoklaverades vid 120 °C i 30 minuter och fick sedan svalna till rumstemperatur. Därefter filtrerades proverna med glasfiberfilter av typen GF/C. Alla prover överfördes till mätkolvar som spädes till 100 ml med avjoniserat vatten. Därefter uppmättes halter av koppar och zink i de 24 proverna med AAS (atomabsorptionsspektroskopi, se labtraining, 2017) en gång, enligt Svensk standard SS 02 81 50, 1993 och Svensk standard SS 02 81 87, 1986.

Statistisk analys

Med hjälp av mjukvaran IBS SPSS Statistics 24 genomfördes statistiska analyser. Data testades för normalfördelning med Kolmogorov-Smirnovs test, se Bilaga 4. Data testades med tvåvägs-ANOVA för signifikant skillnad mellan dammarna med avseende på faktorerna in- och utlopp och damm, se Bilaga 5.

2.2 Litteraturstudier

Sökning efter adekvat litteratur till studien har genomförts via internet. En stor andel av litteraturen har tagits av stöd från vetenskapliga artiklar. Litteratur kommer även från myndigheters hemsidor och rapporter. Fjärrlån av ett examensarbete från Högskolan i Luleå som specifikt berör dagvattendammen Rackabjär har också använts.

2.3 Databaser och sökord

Vid sökning av vetenskapliga artiklar har databaser som Web of science, Science direct och Scopus använts. Sökord som har använts för att tillhandahålla relevanta vetenskapliga artiklar

är: 'stormwater pond', 'heavy metal', 'stormwater pond maintenance', 'copper toxic aquatic organisms', "inlet", "outlet".

3. Resultat

3.1 Mätresultat

Samtliga uppmätta koncentration av zink och koppar i Rackabjär och Järnbrottsmotet, deras medelvärde, samt Standard Error of the Mean (SEM) finns i bilaga 6. Den statistiska analysen visade en signifikant skillnad av koppar och zink mellan Järnbrottsmotet och Rackabjär där $p < 0,05$, se bilaga 5.

3.2 Rackabjär

I Rackabjärs (ingen skötsel) inlopp uppmättes de högsta koncentrationerna av koppar i motsats till zink som förekom i de lägsta koncentrationerna. Medelvärdet för koppar i inloppet var 24.5 mg/kg TS och för zink 109.67 mg/kg TS. I utloppet minskade koncentrationerna av koppar till 12 mg/kg TS och halterna av zink ökade till 116.83 mg/kg TS. Se tabell 3.

3.3 Järnbrottsmotet

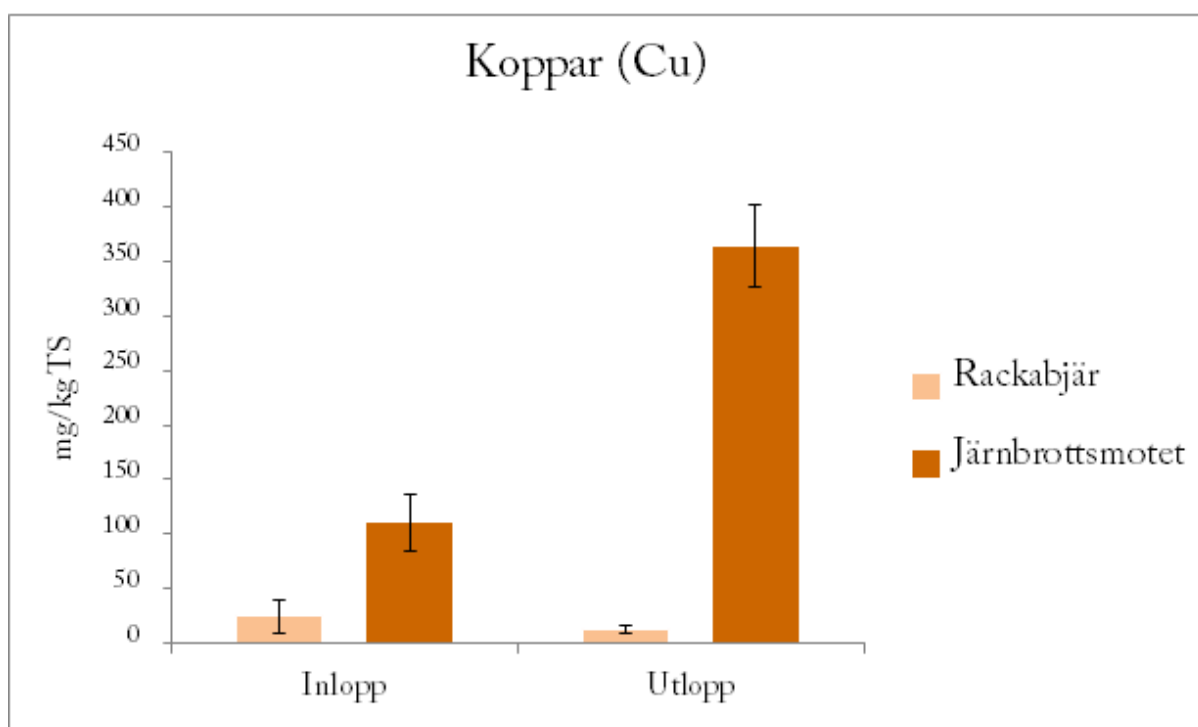
I Järnbrottsmotet (skötsel) var koncentrationerna av koppar och zink lägst i inloppet och högst i utloppet, se figur 2. I inloppet var medelvärdet för koppar 110,33 mg/kg TS och zink var 471 mg/kg TS. I utloppet var medelvärdet för koppar 364,17 mg/kg TS och zink var 1162,67 mg/kg TS. Se tabell 3.

Tabell 3.

Damm	Lokal	Medelvärde Zink mg/kg TS	Medelvärde Koppar mg/kg TS
Rackabjär (ingen skötsel)	Inlopp	109,67	24,5
Rackabjär (ingen skötsel)	Utlopp	116,83	12
Järnbrottsmotet (skötsel)	Inlopp	471	110,33
Järnbrottsmotet (skötsel)	Utlopp	1162,67	364,17

3.4 Skillnader och samband

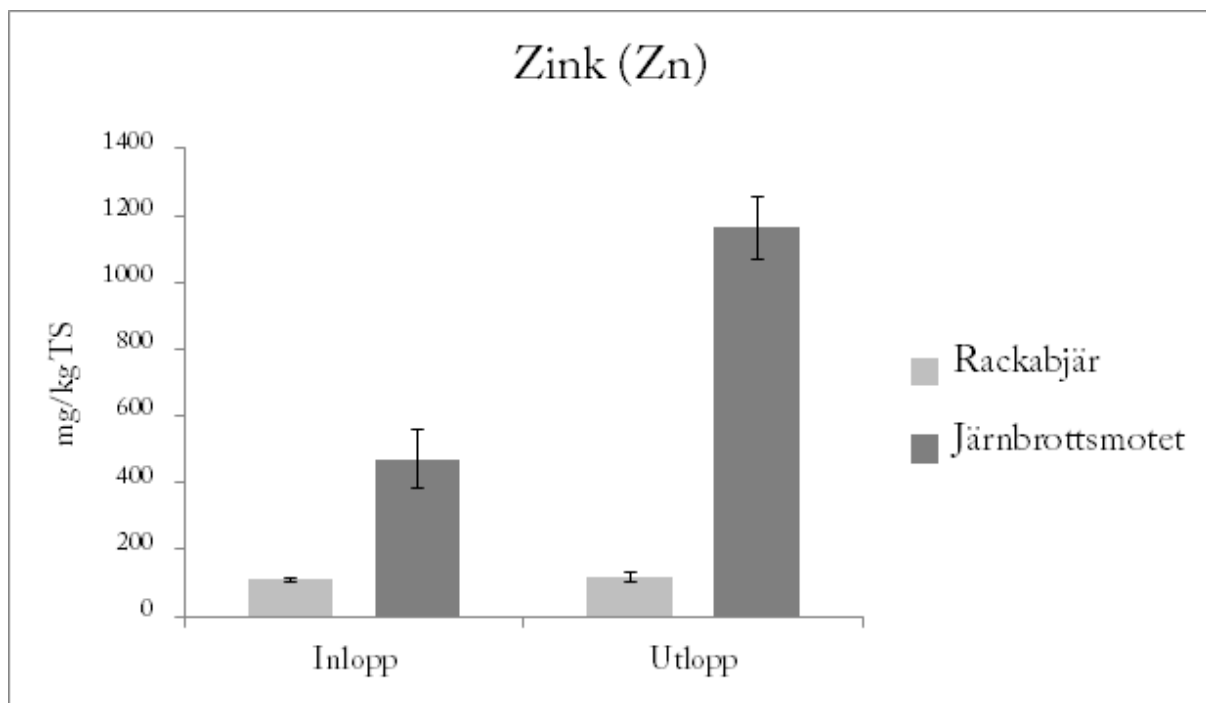
Högsta koncentrationer av zink och koppar uppmättes i Järnbrottsmotet (skötsel) där koncentrationerna av metallerna var högre i både inlopp och utlopp jämfört med Rackabjär (ingen skötsel). Medelvärde för zink i Järnbrottsmotets inlopp var 471 mg/kg TS och för koppar 110,33 mg/kg TS, jämfört med Rackabjärs inlopp där koncentration av zink var 109,67 mg/kg TS och för koppar 24,5 mg/kg TS. I utloppet i Järnbrottsmotet var medelvärdet för zinkkoncentrationerna 1162,67 mg/kg TS och för koppar 364,17 mg/kg TS, jämfört med Rackabjärs utlopp där zink uppmättes till 116,83 mg/kg TS och för koppar 364,17 mg/kg TS. Ytterligare en skillnad var dammarnas utlopp då halterna av koppar uppmättes högst i Järnbrottsmotets utlopp, 364,17 mg/kg TS jämfört med Rackabjärs utlopp där koncentrationen av koppar var lägst, 12 mg/kg TS, se figur 3.



Figur 3. Fördelning av koppar i inlopp och utlopp för Rackabjär (ingen skötsel) och Järnbrottsmotet (skötsel).

Samband påträffades för båda dammarnas in - och utlopp då koncentrationerna av zink var högre än koppar, se figur 4. I Järnbrottsmotets inlopp var zinkkoncentrationen 471 mg/kg TS jämfört med kopparkoncentration som uppmättes till 110,33 mg/kg TS. Likaså för Rackabjärs inlopp med zinkkoncentrationen 109,67 mg/kg TS jämfört med kopparkoncentrationen 24,5 mg/kg TS. I Rackabjärs utlopp uppmättes zinkkoncentrationen högre med medelvärde 116,83

mg/kg TS jämfört med kopparkoncentrationen 12 mg/kg TS. I Järnbrottsmotets utlopp uppmättes zinkkoncentrationen till 1162,67 mg/kg TS jämfört med koncentration av koppar som var 364,17 mg/kg TS. För båda dammarna fanns även ett samband att koncentrationerna av zink blev högre i utloppet jämfört med inloppet, se figur 5. Järnbrottsmotets zinkkoncentration i utlopp var 1162,67 mg/kg TS jämfört med inloppet där zinkkoncentrationen var 471 mg/kg TS. Rackabjärs utlopp uppmätte zinkkoncentrationen till 116,83 mg/kg TS i jämförelse med inloppet där zinkkoncentrationen var 109,67 mg/kg TS.



Figur 4. Fördelning av zink i inlopp och utlopp för Rackabjär (ingen skötsel) och Järnbrottsmotet (skötsel).

4. Diskussion

4.1 Tolkning av resultat

Det finns flera faktorer som påverkar halter av metaller i sediment, såsom trafikintensitet, avrinningsområde, dammens utformning, nederbörd, pH och syreförhållanden. Resultatet visar att Järnbrottsmotet (skötsel) totalt har högre halter av både zink och koppar jämfört med Rackabjär (ingen skötsel). Järnbrottsmotet har något högre trafikintensitet, 26540 fordon (i jämförelse med 23330 fordon), något större avrinningsområde och tar emot dagvatten från industrier. Tidigare utförda studier visar att dagvattendammar i nära anslutning till industrier har högsta halterna av både koppar och zink vilket stämmer med resultatet från denna studie. Starzec et al (2005) fann ingen skillnad i metallkoncentrationer mellan en långsträckt och cirkulär damm vilket avviker från denna studie. Resultatet visar olika koncentrationer i förhållande till utformning. Enligt VISS uppnår Järnbrottsmotet optimal längd/breddförhållande i motsats till Rackbjär. Detta kan vara ytterligare en faktor till dammarnas olika koncentrationer.

Det kan antas att de högre halterna i Järnbrottsmotet möjligen också beror på kontinuerlig skötsel. Vid kontinuerlig skötsel kan dammen behålla sin vattenvolym och därmed avskiljningsförmåga. Kan en damm avskilja effektivt resulterar det i högre halter i sedimentet. Rackabjär, som inte sköts kontinuerligt, kan en minskad vattenvolym förväntas och därmed kan möjligen sediment ha resuspenderats. Eller också har metallerna lösts upp i anaeroba processer till följd av minskad volym i dammen och leds till närliggande vattendrag. Detta skulle kunna vara en orsak till de lägre halterna i Rackabjär. Båda dammarna uppmätte högre koncentrationer av zink. Starzec (2005) hittade en korrelation mellan trafikintensitet och koncentrationer av zink, krom och nickel. Detta kan förklara de högre koncentrationerna av zink, eftersom dammarna ligger intill trafikerad motorväg. Dock skiljer koncentrationen av zink betydligt mellan dammarna. Det beror sannolikt på att Järnbrottsmotet dessutom tar emot dagvatten från industrier.

En tydlig skillnad av halter kan ses mellan dammarnas in- och utlopp. För Järnbrottsmotet uppmätts betydande högre halter av både zink och koppar i utloppet jämfört med inloppet. För Rackabjär har koncentrationen av koppar halverats i utloppet jämfört med dess inlopp och zink uppvisar liknande halter både vid in- och utlopp. Teoretiskt ska högre halter av

metaller återfinnas i utloppet eftersom små partiklar har en stor ytareal som tillåter adsorbering av metaller. Detta stämmer med resultaten från Järnbrottsmotet men inte Rackabjär. Liknande resultat som Rackabjär fann Søberg et al (2015) för två dagvattendammar. De lägsta koncentrationerna av koppar och zink återfanns i utloppet. För små partiklar krävs en ännu längre uppehållstid för sedimentering. Detta skulle kunna vara förklaringen till de lägre halterna av koppar och de nästintill oförändrade halterna av zink i utloppet. Möjligtvis kan uppehållstiden i Rackabjär vara för kort, vilket gör att tungmetaller inte hinner sedimenteras.

Bakgrundshalter definieras som förekommande halter av ett ämne utan antropogen påverkan (SLU, 2009). Högsta medelvärdet för zink i Järnbrottsmotet visar en koncentration på 1162,67 mg/kg TS, cirka 11 ggr högre än Naturvårdsverkets bakgrundshalt, 100 mg/kg TS. Koppar visar 364,17 mg/kg TS, cirka 24 ggr högre jämfört med bakgrundshalten på 15 mg/kg TS. Rackabjärs högsta medelvärde för zink var 116,83 mg/kg TS, vilket är snarlikt Naturvårdsverkets bakgrundshalt på 100 mg/kg TS. Högsta medelvärdet för koppar i Rackabjär var 24,50 mg/kg TS, vilket är något högre än bakgrundshalten 15 mg/kg TS. Sediment i en dagvattendamm ska innehålla högre koncentrationer jämfört med naturligt sediment. Rackabjär uppvisar snarlika halter som Naturvårdsverkets bakgrundshalter, trots att dammen tar emot dagvatten från bland annat trafik och åkermark. Det tyder på en dålig avskiljningsförmåga i Rackabjär.

I studien har ett flertal praktiska moment genomförts vilket kan påverkat resultatet. Vid analys hanterades proverna i flera steg vilket ökar risken för eventuella mätfel. Analysen utfördes endast en gång. För att bättre kunna säkerställa studiens resultat och undvika felaktigheter borde mätningen upprepas i AAS. Vid inhämtning av teknisk information för respektive damm har olika källor presenterat olika siffror. Den senare källans tekniska information har presenterats i denna studie. Övrig information från vetenskapliga artiklar har bedömts trovärdiga.

4.2 Relevanta miljömål

År 1999 beslutade Sveriges riksdag att det skulle finnas femton nationella miljökvalitetsmål och i november 2005 fastslogs det sextonde målet om biologisk mångfald.

Miljökvalitetsmålen redogör för vilken kvalitet den svenska miljön ska ha till ett utsatt årtal,

år 2020, och som miljöarbetet ska resultera till. Dagvatten berörs av följande miljömål; Giftfri miljö, Levande sjöar och vattendrag, Hav i balans samt levande kust och skärgård, God bebyggd miljö och Grundvatten av god kvalitet. I dagsläget kommer dessa miljömål inte att uppnås till år 2020 (Miljömål, 2016). Dagvatten berör många av Sveriges miljömål och möjligheterna för att uppnå målen påverkas indirekt av dagvatten. Därför är det ytterst viktigt att ha en effektiv dagvattenhantering. Dagvattendammar är ett viktigt komplement till att skydda Sveriges recipienter från skadliga ämnen som återfinns i dagvatten.

4.3 Hållbar utveckling

Begreppet Hållbar utveckling myntades år 1987 genom FN:s Brundtlandrapport "Vår gemensamma framtid" som definierar hållbar utveckling enligt följande:

"Hållbar utveckling är utveckling som möter dagens behov utan att äventyra framtida generationers förmåga att möta sina egna behov." (FN, 1987)

Vidare ska de tre aspekterna miljö, social och ekonomi samverka med varandra för att uppnå en hållbar framtid. Implementering av dagvattendammar innefattas av dessa tre aspekter och är ett viktigt steg mot hållbar utveckling. Vattendirektivet som har införts i svensk lagstiftning syftar till att skydda alla former av vatten och förhindra försämring av EU:s vattenkvalitet. Den fundamentala funktionen med dagvattendammar är deras motverkan för spridning av förorenat dagvatten. Således är dagvattendammar en bra åtgärd för att skydda recipienter och är enligt Hossain et al. (2005), ett kostnadseffektivt medel för att förbättra vattenkvaliteten i dagvatten. Genom att försumma skötsel av anlagda dagvattendammar förlorar de dock sitt syfte till en mer hållbar miljö och kan paradoxalt istället bli ett hot för både grundvatten och recipienter. Det blir kritiskt om föroreningar når grundvattnet då grundvatten är en betydelsefull resurs. Det är dessutom kostsamt att behandla (Vägverket, 1996). Att anlägga dessa dammar utan hänseende att underhålla dem blir en ekonomisk förlust för samhället med avseende på tid, pengar och resurser.

Innan installation av dagvattendammar bör det finnas en beslutad plan med tydliga instruktioner för framtida tillsyn, skötsel och provtagningar. För att undvika utebliven skötsel eller andra oklarheter bör även en ansvarig myndighet eller aktör utses. Till följd av globala klimatförändringar som pågår nu kommer en ökning av nederbörd att ske, vilket ökar kraven

på samhällets hantering av dagvatten. Mängden hårdgjorda ytor kommer också att bli flera i samband med en växande population. Detta leder till att gröna ytor tas i anspråk och naturlig infiltration minskar. Att anlägga dagvattendammar och underhålla befintliga dagvattendammar blir därför viktigt för att bibehålla reningsprocesserna. De skapar även ett estetiskt tilltalande inslag i naturen som ger möjlighet till rekreation för människor. Således bör dagvattenhantering vara en högt prioriterad fråga mot arbetet för en hållbar utveckling.

4.4 Förslag till fortsatt forskning

Med stöd från denna studie finns det många aspekter inom dagvattendammar som kan utredas i fortsatt forskning. Flera mätningar bör genomföras i dammarna på ämnen som är listade i vattendirektivet som prioriterade ämnen. Även en mer ingående utredning för dammarnas fysikaliska och kemiska parametrar bör undersökas för att kunna fastställa dagvattendammarnas förmåga att rena det inkommande dagvattnet. Det krävs också upprepade mätningar under en lång tidsperiod för att kunna göra mer kvalificerade jämförelser och slutsatser angående dagvattendammars effektivitet.

5. Slutsats

Denna studie visar att det finns en signifikant skillnad av både zink och koppar mellan de två undersökta dagvattendammar. Att högre halter av de båda metallerna återfinns i Järnbrottsmotet beror sannolikt på att dammen tar emot dagvatten från industrier. Även dammens utformning talar för de högre koncentrationerna. I jämförelse med Naturvårdsverkets bakgrundshalter samt halternas fördelning i dammarna, tyder det på att Rackabjär inte avskiljer effektivt i motsats till Järnbrottsmotet. För att skydda recipienter mot föroreningar krävs skötsel för att upprätthålla dagvattendammars reningsförmåga. En effektiv dagvattenhantering är dessutom ett viktigt steg för att nå hållbar utveckling.

Dock påverkas metallkoncentrationer i dagvattendammars sediment av flera faktorer. Viktiga parametrar i samband med provtagning har inte beaktats, vilket har lett till en del antaganden. Mätning av pH, kvalitativ mätning av djup i in- och utlopp, flödet samt vattenprover i samband med sedimentprover är alla parametrar som hade behövts för att säkrare kunna fastställa vad den signifikanta skillnaden beror på.

6. Referenser

6.1 Rapporter

Anthony, J & Whiley, P.E. (2011)

Copper and Zinc Loading Associated with Automotive Brake-Pad and Tire Wear. Publication no. 11-10-087 Washington State Department of Ecology

Alm, H., Banach, A., Larm, T. (2010)

Förekomst och rening av prioriterade ämnen, metaller samt vissa övriga ämnen i dagvatten. Svenskt Vatten AB. Rapportnummer: 2010-06 Projektnummer: 29-101

Andersson, J., Stråe, D., Byström, Y., Van der Nat, D., Granath, M. (2013)

Skötsel av dagvattendammar - en handbok.

Oxsunda vattensamverkan. Rapport nr 2013-0555-A

Herbert, R., Björkvald, L., Wällstedt, T., Johansson, K. (2009)

Bakgrundshalter av metaller i Svenska inlands- och kustvatten.

Institutionen för vatten och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet. Rapport 2009:12.

Karlsson, M. (2011)

Vägdagvatten – Råd och rekommendationer för val av miljöåtgärd.

Trafikverket Publikation: 2011:112 ISBN: 978-91-7467-179-7

Larm, T. (2000)

Utformning och dimensionering av dagvattenreningsanläggningar.

VAV AB. Projektnr: 99-107 VA -FORSK-rapport 2000-10

Lindqvist, M., Sjöstedt, O., Svensson, A. (1998)

Vägar och våtmarker. Ett ekologiskt inspirationsprojekt utefter nya E6 i Halland.

Göteborg, Vägverket Region Väst.

Naturvårdsverket, (2007)

Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag.

Bilaga A till handbok 2007:4, ISSN 1650-2361

Persson, J & Pettersson, T. (2006)

Dagvattendammar, Om provtagning, avskiljning och dammhydraulik.

Vägverket, enhet Samhälle och Trafik, avdelning Vägteknik. Publikation: 2006:115

ISSN: 1401-9612

Seffel, A. (2015)

Öppna vägdagvattenanläggningar - Handbok för inspektion och skötsel.

Trafikverket. Publikationsnummer: 2015:147 ISBN: 978-91-7467-809-3

Wadstein, E & Arm, M. (2008)

Skötsel av öppna vägdagvattenanläggningar.

Vägverket. Publikationsnummer: 2008:30

ISSN: 1401-9612

Persson, J. (1998)

Utformning av dammar: En litteraturstudie med kommentarer om dagvatten-, polerings- och miljödammor. Andra upplagan. Rapport B:64. Pages 92. Institutionen för vattenbyggnad, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

6.2 Vetenskapliga artiklar

Beasley, Gary. & Kneale, Pauline. 2002. Reviewing the impact of metals and PAHs on macroinvertebrates in urban watercourses. *Progress in Physical Geography* 26 (2): 236–270. Doi: 10.1191/0309133302pp334r a

Blecken, Godecke-Tobias., Hunt III, William F., Al-Rubaei, Ahmed Mohammed., Viklander, Maria & Lord, William G. 2015. Stormwater control measure (SCM) maintenance considerations to ensure designed functionality. *Urban Water Journal* 14 (3): 278-290. Doi: 10.1080/1573062X.2015.1111913

Clozel, Blandine., Ruban, Véronique., Durand, Cédric & Conil, Pierre. 2006. Origin and mobility of heavy metals in contaminated sediments from retention and infiltration ponds. *Applied Geochemistry* 21 (10): 1781–1798. Doi: 10.1016/j.apgeochem.2006.06.017

Drake, Jennifer & Guo, Yiping. 2008. Maintenance of Wet Stormwater Ponds in Ontario. *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques* 33 (4): 351-368. Doi: 10.4296/cwrj3304351

Egemose, Sara., Sønderup, Melanie J., Grudinina, Anna., Hansen, Anders S & Flindt, Mogens R. 2015. Heavy metal composition in stormwater and retention in ponds dependent on pond age, design and catchment type. *Environmental Technology* 36 (8): 959-969. Doi: 10.1080/09593330.2014.970584

Fu, Zhiyou., Wu, Fengchang., Chen, Lulu., Xu, Bingbing., Feng, Chenglian., Bai, Yingchen., Liao, Haiqing., Sun, Siyang., Giesy, John P., Wenjing, Guo. 2016. Copper and zinc, but not other priority toxic metals, pose risks to native aquatic species in a large urban lake in Eastern China. *Environmental Pollution* 219 (2016): 1069–1076. Doi: 10.1016/j.envpol.2016.09.007

Hossain, M Akram., Mahbub, Alam., Younge, David R., Prashanta, Dutta. 2005. Efficiency and Flow Regime of a Highway Stormwater Detention Pond in Washington, USA. *Water, Air and Soil Pollution* 164 (1-4): 79-89. Doi: 10.1007/s11270-005-2250-1

Jang, Yong-Chul., Jain, Pradeep., Tolaymat, Thabet., Dubey, Brajesh., Singh, Shrawan & Townsend, Timothy. 2010. Characterization of roadway stormwater system residuals for reuse and disposal options. *Science of The Total Environment* 408 (8): 1878–1887 Doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.01.036

Karlsson, Kristin., German, Jonas & Viklander, Maria. 2010. Stormwater Pond Sediments: Temporal Trends in Heavy Metal Concentrations and Sediment Removal. *Journal Soil and Sediment Contamination: An International Journal* 19 (2): 217-230 Doi: 10.1080/15320380903548490

Karlsson, Kristin., Viklander, Maria., Scholes, Lian., Revitt, Mike. 2010. Heavy metal concentrations and toxicity in water and sediment from stormwater ponds and sedimentation

tanks. *Journal of Hazardous Materials* 178 (1–3): 612–618. Doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.01.129

Sansalone, John J. & Buchberger, Steven G. 1997. Partitioning and first flush of metals in urban roadway storm water. *Journal of Environmental Engineering*. 123 (2): 134. Doi: 10.1061/(ASCE)0733-9372

Starzec, Peter., Lind, Bo B., Lanngren, Anders., Lindgren, Åsa & Svensson, Torbjörn. (2005) Technical and Environmental Functioning of Detention Ponds for the Treatment of Highway and Road Runoff. *Water, Air, and Soil Pollution* 163 (1-4): 153–167. Doi: 10.1007/s11270-005-0216-y

Søberg, Laila C., Vollertsen, Jes., Blecken, Godecke-Tobias., Haaning Nielsen, Asbjørn & Viklander, Maria. 2015. Bioaccumulation of heavy metals in two wet retention ponds. *Urban Water Journal* 13 (7): 697-709 Doi: 10.1080/1573062X.2015.1024689

Wu, Jy S., Holman, Robert E & Dorney, John R. 1996. Systematic Evaluation of Pollutant Removal by Urban Wet Detention Ponds. *Journal of Environmental Engineering* 122 (11): 983.

Yousef, Y A., Hvitved-Jacobsen, Thorkild., Sloat, J & Lindeman, Win.1994. Sediment accumulation in detention or retention ponds. *The Science of the Total Environment* 146/147: 451-456 Doi: 10.1016/0048-9697(94)90268-2

6.3 Hemsidor

FN. 2017. FN:s arbete för utveckling och fattigdomsbekämpning.
<http://fn.se/vi-gor/vi-utbildar-och-informerar/fn-info/vad-gor-fn-2/fns-arbete-for-utveckling-och-fattigdomsbekampning/>
[2017-05-03]

Havs-och vattenmyndigheten. 2016. *Ramdirektivet för vatten- utgångspunkt för svensk vattenförvaltning*.
<https://www.havochvatten.se/hav/samordning--fakta/miljomal--direktiv/vattendirektivet.html>

[2017-04-04]

Lab training. 2017. *What is AAS/Atomic Absorption Spectroscopy.*

<http://lab-training.com/aas/>

[2017-05-12]

LBVA. 2016. *Dagvatten.*

<http://www.lbva.se/dagvatten.4.2a6655cf1385cbac811800060006.html>

[2017-03-22]

Länsstyrelsen. 2010. *Suseån.*

<http://www.lansstyrelsen.se/Halland/Sv/djur-och-natur/skyddad-natur/naturreservat/falkenberg/Pages/susean.aspx>

[2017-04-07]

Malmö stad. 2008. *Dagvattenstrategi för Malmö.*

https://www.vasyd.se/~media/Documents/Broschyrer/Vatten%20och%20avlopp/Dagvatten/Dagvattenstrategi_2008.ashx

[2017-04-04]

Miljömål. 2016. *Giftfri miljö.*

<http://www.miljomal.se/Miljomalen/4-Giftfri-miljo/>

[2017-04-05]

Miljömål. 2016. *God bebyggd miljö.*

<http://www.miljomal.se/Miljomalen/15-God-bebyggd-miljo/>

[2017-04-05]

Miljömål. 2016. *Grundvatten av god kvalitet.*

<https://www.miljomal.se/Miljomalen/9-Grundvatten-av-god-kvalitet/>

[2017-05-01]

Miljömål. 2016. *Hav i balans samt levande kust och skärgård.*

<http://www.miljomal.se/Miljomalen/10-Hav-i-balans-samt-levande-kust-och-skargard/>

[2017-04-05]

Miljömål. 2016. *Levande sjöar och vattendrag*.

<http://www.miljomal.se/Miljomalen/8-Levande-sjoar-och-vattendrag/>

[2017-04-05]

Miljömål. 2012. *Vem gör vad?*

<http://www.miljomal.se/sv/Vem-gor-vad/>

[2017-04-05]

Naturvårdsverket. 2016. *Miljökvalitetsmålen*.

<http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/>

[2017-04-05]

Naturvårdsverket. 2016. *Vägledning om villkor och krav för avloppsreningsverk*.

<http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Vagledning-om-villkor-och-krav-for-avloppsreningsverk/>

[2017-04-06]

SMHI. 2017. *Klimatberäkningar visar på mer extremt väder*.

<http://www.smhi.se/forskning/forskningsnyheter/nya-klimatberakningar-visar-pa-mer-extremt-vader-1.12922>

[2017-05-01]

Trafikverket. 2017. *Dagvatten- det smutsiga vattnet från våra vägar*.

<http://www.trafikverket.se/nara-dig/Stockholm/Dagvatten--det-smutsiga-vattnet-fran-vara-vagar/> [2017-03-22]

Trafikverket. 2013. *Årsmedeldygnstrafik*.

<http://vtf.trafikverket.se/tmg101/AGS/tmg102.aspx?punktnrlista=6130178,6130178&laenkrolista=2,3&typ=Stickprov,Stickprov>

[2017-05-01]

Trafikverket. 2014. *Årsmedeldygnstrafik*.

<http://vtf.trafikverket.se/tmg101/AGS/tmg102.aspx?punktnrlista=4230160&laenkrollista=3&typ=Stickprov>

[2017-05-01]

Vattenmyndigheterna. 2017. *Vattendirektivet och vattenförvaltningsförordningen*.

<http://www.vattenmyndigheterna.se/Sv/introduktion-till-vattenforvaltning/Pages/vattendirektivet-och-vattenforvaltningforordningen.aspx>

[2017-04-04]

VISS. 2016. *Dagvattendamm*.

<https://viss.lansstyrelsen.se/Measures/EditMeasureType.aspx?measureTypeEUID=VISSMEASURETYPE000785>

[2017-03-22]

VISS. 2017. *Ekologisk status/potential*

<http://extra.lansstyrelsen.se/viss/Sv/detta-beskrivs-i-viss/statusklassning/ekologisk-statuspotential/Pages/ekologisk%20status.aspx>

[2017-04-06]

VISS. 2017. *Kemisk status*.

<http://extra.lansstyrelsen.se/viss/Sv/detta-beskrivs-i-viss/statusklassning/kemisk-status/Pages/default.aspx>

[2017-04-06]

VISS. 2012. *Suseån*.

<https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterEUID=SE630458-131183>

[2017-04-03]

6.4 Lagar och EU-direktiv

Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område.

Miljöbalk 1998:808.

5 kap. *Miljökvalitetsnormer och miljökvalitetsförvaltning.*

6.5 Muntliga referenser

Lindqvist, Mats. Miljöspecialist/ekolog. Trafikverket. 15 mars 2017.

Ljunggren, Gunvald Olle. Göteborg stad - Kretslopp och vatten. 28 mars 2017.

7. Bilagor

Bilaga 1

Uppskattade bakgrundshalter för metaller i Sverige (Naturvårdsverket, 2007)

	Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni	Co	As	V	Hg
Vattendrag, större (µg/l)										
Uppskattad bakgrundshalt	1	3	0,003	0,05	0,2	0,5	0,05	0,2	0,1	0,001
Vattendrag, mindre (µg/l)										
Uppskattad bakgrundshalt	0,3	1	0,002	0,02	0,1	0,3	0,03	0,06	0,06	0,001
Sjöar (µg/l)										
Uppskattad bakgrundshalt	0,3	1	0,005	0,05	0,05	0,2	0,03	0,2	0,1	0,001
Sediment (mg/kg ts)										
Uppskattad bakgrundshalt	15	100	0,3	5	15	10	15	8	20	0,08

Bilaga 2

Vattenhalt (%)

Prov IN	Rackabjär	Järnbrottsmotet
1	54	74
2	51	72
3	56	47
4	61	55
5	52	55
6	51	49
Prov UT		
1	78	77
2	60	79
3	69	76
4	79	72
5	81	73
6	55	78

Bilaga 3

TS-halt (%) = 100 - vattenhalt

Prov IN	Rackabjär	Järnbrottsmotet
1	46	26
2	49	28
3	44	53
4	39	45
5	48	45
6	49	51
Prov UT		
1	22	23
2	40	21
3	31	24
4	21	28
5	19	27
6	45	22

Bilaga 4

Normalfördelning med Kolmogorov-Smirnovtest.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			
		Cu mg/kg	Zn mg/kg
N		24	24
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	127,75	465,04
	Std. Deviation	154,899	462,584
Most Extreme Differences	Absolute	,229	,251
	Positive	,229	,251
	Negative	-,205	-,190
Test Statistic		,229	,251
Asymp. Sig. (2-tailed)		,002c	,000c
a. Test distribution is Normal.			
b. Calculated from data.			
c. Lilliefors Significance Correction.			

Bilaga 5

Signifikans med ANOVA-test.

<i>Tests of Between-Subjects Effects</i>						
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	log Cu	8,685a	3	2,895	29,835	,000
	log Zn	4,051b	3	1,350	95,797	,000
Intercept	log Cu	64,832	1	64,832	668,189	,000
	log Zn	138,136	1	138,136	9799,625	,000
Damm	log Cu	7,712	1	7,712	79,480	,000
	log Zn	3,463	1	3,463	245,680	,000
InUt	log Cu	,385	1	,385	3,970	,061
	log Zn	,339	1	,339	24,026	,000
Damm * InUt	log Cu	,537	1	,537	5,534	,030
	log Zn	,183	1	,183	12,983	,002
Error	log Cu	1,844	19	,097		
	log Zn	,268	19	,014		
Total	log Cu	77,817	23			
	log Zn	145,079	23			

Corrected Total	log Cu	10,528	22			
	log Zn	4,319	22			
a. R Squared = ,825 (Adjusted R Squared = ,797)						
b. R Squared = ,938 (Adjusted R Squared = ,928)						

Bilaga 6

Damm	Lokal	Zink mg/kg TS	Koppar mg/kg TS	Medelvärde Zink	Medelvärde Koppar	SEM Zink	SEM Koppar
Rackabjär	Inlopp	93	15				
Rackabjär	Inlopp	112	7				
Rackabjär	Inlopp	110	14				
Rackabjär	Inlopp	137	98				
Rackabjär	Inlopp	100	8				
Rackabjär	Inlopp	106	5	109.67	24,50	6.16	14.79
Rackabjär	Utlopp	148	22				
Rackabjär	Utlopp	103	6				
Rackabjär	Utlopp	99	5				
Rackabjär	Utlopp	140	19				
Rackabjär	Utlopp	152	20				
Rackabjär	Utlopp	59	0	116.83	12	14.83	3.84
Järnbrottsmotet	Inlopp	672	172				
Järnbrottsmotet	Inlopp	796	204				
Järnbrottsmotet	Inlopp	297	57				
Järnbrottsmotet	Inlopp	333	70				
Järnbrottsmotet	Inlopp	454	107				
Järnbrottsmotet	Inlopp	274	52	471	110.33	88.4	26.12
Järnbrottsmotet	Utlopp	1595	470				
Järnbrottsmotet	Utlopp	1041	277				
Järnbrottsmotet	Utlopp	1213	387				
Järnbrottsmotet	Utlopp	1150	390				
Järnbrottsmotet	Utlopp	1055	432				
Järnbrottsmotet	Utlopp	922	229	1162.67	364.17	95.55	37.8

Ronja Nelson och Rebecka Svensson



Besöksadress: Kristian IV:s väg 3
Postadress: Box 823, 301 18 Halmstad
Telefon: 035-16 71 00
E-mail: registrator@hh.se
www.hh.se