

25 kommunala dagvattendammar i Sverige - hur fungerar de?

*Godecke Blecken
Ahmed Al-Rubaei
Maria Viklander
Jiri Marsalek*



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SVU) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Röret & Klimat
Avlopp & Miljö
Management

SVU styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Anna Linusson, Ordförande
Daniel Hellström, Utvecklingsledare
Lena Blom
Tove Göthner
Bertil Johansson
Johan Olanders
Lisa Osterman
Petra Viklund
Hans Bertil Wittgren
Carl-Olof Zetterman

Svenskt Vatten
Svenskt Vatten
Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad
Sveriges Kommuner och Landsting
Norrwater
Ovanåkers kommun
Örebro kommun
Luleå kommun
Sweden Water Research/VA SYD
SYVAB

Författarna är ensamt ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 14057
167 14 Bromma
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se
Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	25 kommunala dagvattendammar i Sverige – hur fungerar de?
Title of the report:	25 municipal stormwater management ponds in Sweden – survey of the operational status
Författare:	Godecke Blecken, Ahmed Al-Rubaei, Maria Viklander, Jiri Marsalek, Luleå tekniska universitet
Rapportnummer:	2017-18
Antal sidor:	34
Sammandrag:	Rapporten presenterar en studie av 25 kommunala dagvattendammar i fem svenska kommuner. Den ger rekommendationer för design, drift och underhåll. Dammarnas långsiktiga funktion är beroende av att designen är lämplig och att dammarna enkelt kan inspekteras så att problem kan upptäckas och rättas till på ett tidigt stadium.
Abstract:	This report summarises a study on performance indicators of 25 Swedish municipal stormwater ponds. It provides recommendations for design, inspection and maintenance. The long-term performance of ponds is strongly dependent on elaborated design including accessibility for inspection. This enables detection of potential errors in an early stage.
Sökord:	Underhåll, dagvattendammar, dagvatten, sedimentackumulering, tungmetaller
Keywords:	Maintenance, stormwater ponds, stormwater, sediment accumulation, heavy metals
Målgrupper:	VA-huvudmän, konsulter, tillsynsmyndigheter
Omslagsbild:	Dagvattendamm i Umeå. Foto: Ahmed Al-Rubaei, Luleå tekniska universitet
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2017
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB
Om projektet	
Projektnummer:	17-101
Projektets namn:	Dagvattendammar
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling, Norrbottens forskningsråd samt Dag&Nät vid Luleå tekniska universitet.

Förord

I rapporten presenteras en studie av 25 svenska kommunala dagvattendammar. Studien har genomförts i fem svenska kommuner: Malmö, Växjö, Örebro, Umeå och Östersund. Resultaten har tidigare publicerats i en vetenskaplig artikel i Journal of Environmental Engineering – ASCE. För att göra resultaten mer tillgängliga för svenska intressenter sammanfattas de även i denna SVU-rapport.

Författarna tackar alla i kommunerna som har hjälpt till, bland andra Kristina Hall och Karin Fernström (VA Syd), Malin Engström och Elisabeth Olsberg (Växjö), Kristin Karlsson (Örebro), Jenny Haapala och Jenny Florberger (Östersund) samt Linnea Mothander (Väkin). Ett stort tack också till Laura Merriman som har genomfört inspektion och provtagning av dammarna tillsammans med Ahmed Al-Rubaei. En del av studien har finansierats av Norrbottens forskningsråd. Studien är en del av det arbete som görs inom forskningsklustret Dag&Nät på Luleå tekniska universitet.

Vi tackar också Birgitta Johansson för översättning och redigering av rapporten.

Godecke Blecken

Luleå tekniska universitet

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	6
Summary.....	7
1 Inledning.....	8
1.1 Nyckelfaktorer i dammarnas utformning.....	8
1.2 Viktigt med kontroll och underhåll.....	8
1.3 Kartläggning av 25 dagvattendammar.....	9
2 Material och metoder	11
2.1 Beskrivning av anläggningarna	11
2.2 Utvärdering av dammarna	11
2.3 Provtagning och analyser av sediment.....	14
2.4 Dataanalys	14
3 Resultat och diskussion.....	15
3.1 Dammutformning.....	15
3.2 Resultat av visuell kartläggning	18
3.3 Sedimentanalyser.....	20
4 Sammanfattning och slutsatser	26
4.1 Rekommendationer för design, drift och underhåll	26
5 Referenser.....	28

Sammanfattning

Rapporten presenterar en studie av funktionen hos 25 kommunala dagvattendammar i fem svenska kommuner. Den ger rekommendationer för design, drift och underhåll. Dammarnas långsiktiga funktion är beroende av att designen är lämplig och att dammarna enkelt kan inspekteras så att problem kan upptäckas och rättas till på ett tidigt stadium.

Under de senaste 50 åren har dagvattendammar anlagts för att minska de negativa miljöeffekterna av städernas dagvatten i mottagande sjöar och vattendrag. Men i många sammanhang har det fattats information om drifttillstånd och funktion hos sådana dammar. För att få veta mer gjordes en fältundersökning av 25 svenska kommunala dagvattendammar som var mellan tre och 26 år gamla. Kartläggningen genomfördes av forskningsklustret Dag&Nät vid Luleå tekniska universitet i fem svenska kommuner: Malmö, Växjö, Örebro, Umeå och Östersund.

Undersökningen uppskattade dammarnas hydrauliska belastning och effektivitet, tillståndet hos vegetationen, egenskaperna hos bottensedimenten i inlopps- och utloppszonerna, samt det övergripande drifttillståndet och tillgängligheten för underhåll. Dammarnas hydrauliska effektivitet är ett mått på deras förmåga att avskilja sediment. Den uppskattades utifrån dammarnas form samt inloppets läge i förhållande till utloppet, med stöd av litteraturdata. Den hydrauliska effektiviteten hade ett tydligt samband med dammarnas geometri, det vill säga förhållandet mellan längd och bredd. Den hade också ett samband med den hydrauliska belastningen, som är kvoten mellan dammarnas area och arean av deras hårdgjorda avrinningsområden.

Vegetationen observerades visuellt och visade sig vara förväxt i några anläggningar, vilket försvårade underhållet. Bottensedimenten i dammarna innehöll fraktioner av silt, lerpartiklar, sand och grus. Jämfört med litteraturdata verkade sedimenten vara relativt grova. Kemiska egenskaper hos sedimenten avspeglade mänskliga verksamheter som till exempel trafik, men oftast utan överdrivet mycket föroreningar som skulle ha motiverat särskilda krav på omhändertagande av sedimenten.

Av de undersökta 25 dammarna var fyra inhägnade och otillgängliga för maskiner. Utformningen av dessa fyra dammar var i själva verket sådan att den gjorde inspektion och underhåll mycket svåra, något som kan innebära potentiella risker för driften. Drygt hälften av de undersökta dammarna behövde en del mindre underhåll, främst därför att det hade ansamlats sediment och skräp vid inlopp och utlopp. Undersökningen visade på relativt få mindre problem som lätt kunde rättas till. Det här tyder på att det är viktigt med enkla och regelbundna inspektioner för att upptäcka mindre problem på ett tidigt stadium, innan de påverkar dammens funktion på ett allvarligt sätt.

Summary

During the past 50 years, wet stormwater ponds have been constructed to reduce negative environmental impacts of urban stormwater discharges on receiving aquatic environments. However, in many jurisdictions, there is little information on the current operational status of such ponds and their functioning. This paucity of information prompted a field survey of 25 Swedish municipal stormwater ponds aged between 3 and 26 years.

The pond survey focused on estimating the pond hydraulic loading and efficiency, the state of littoral vegetation, characteristics of bottom sediment in the inlet and outlet zones (sizes and the chemistry), and the overall operational pond status, including the access for maintenance. The hydraulic efficiencies of ponds were estimated for pond footprint shapes and relative locations of the inlets and outlets, using literature data. The estimated hydraulic efficiencies correlated well with the pond length-to-width ratios and the ratio of the pond surface area to the impervious area of the runoff contributing catchment (i.e., the hydraulic loading). Littoral vegetation was inspected visually and found to be overgrown at some facilities, which impeded the maintenance access. Benthic sediments in ponds contained silt and clay, sand and gravel fractions, and when compared to the literature data, such sediments appeared relatively coarse. Chemical characteristics of sediments reflected anthropogenic (traffic) activities, but without excessive contamination warranting special disposal requirements.

Of the 25 ponds surveyed, four were fenced off and inaccessible to machinery. In fact the design of these four ponds was such that it made inspection and maintenance very difficult, which may pose potential risks to ponds operation. Fifty-four percent of the investigated ponds were in need of minor maintenance, mainly due to sediment and litter accumulation in their inflow and outflow sections. The fact that the inspection survey revealed relatively few minor issues that could be easily corrected demonstrates the importance of relatively simple regular inspections serving to detect minor problems at an early stage, before they would seriously impact on pond functioning. The above survey methodology should be helpful for developing similar low-cost surveys in other jurisdictions.

1 Inledning

Dagvatten från städerna är en stor källa till föroreningar som kan försämra vattenkvaliteten i mottagande sjöar och vattendrag och påverka vattnens ekosystem och människors hälsa. Åtgärder för dagvattenrening har införts för att minska dagvattnets negativa miljöpåverkan.

Både i Sverige och i världen i övrigt är dagvattendammar en av de vanligaste typerna av dagvattenanläggningar. De har byggts för att kontrollera flödestoppar och för att förbättra dagvattnets kvalitet innan det släpps ut i recipienten. Reningen av dagvattnet sker i dammarna framför allt genom sedimentationsprocesser. En utförlig beskrivning av dagvattendammars funktion och reningsförmåga finns i SVU-rapporten 2016-05, Kunskaps-sammanställning dagvattenrening (Blecken 2016).

1.1 Nyckelfaktorer i dammarnas utformning

En typisk dagvattendamm har ett inlopp, ett utlopp, kanske en konstruktion för bräddning och/eller förbiledning av vattnet vid höga flöden, en permanent vattenvolym och en lagringsvolym för sediment. Dammen är ofta indelad i en mindre försedimenteringsdamm vid inloppet och en efterföljande större damm i slutet. I förbehandlingsdammen sedimenterar större partiklar (sand och grus) och gör att underhållet blir enklare och mindre kostsamt (McNett och Hunt 2011).

Försedimenteringsdammen är en nyckelfaktor när det gäller att göra sedimenteringen så effektiv som möjligt. Men för att maximera sedimenteringseffektiviteten bör man också tänka på några andra nyckelfaktorer när man utformar dammen. Till dessa andra nyckelfaktorer hör förhållandet mellan dammens area och avrinningsområdets hårdgjorda area, samt förhållandet mellan dammens längd och bredd. Från många studier och vägledning har det rapporterats att de här faktorerna kan spela en viktig roll när det gäller att förbättra dammens sedimenteringseffektivitet (Schueler 1987; Persson med flera 1999; Pettersson med flera 1999; Marsalek med flera 2005; Starzec med flera 2005).

1.2 Viktigt med kontroll och underhåll

För att en damm ska fungera effektivt över lång tid och ha ett tilltalande utseende behöver den kontrolleras och underhållas regelbundet. Men det har visat sig att det ofta brister när det gäller underhållet, något som kan äventyra dammens behandlingskapacitet (Blecken med flera 2017; Starzec med flera 2005).

Visuella inspektioner av inlopp och utlopp bör utföras ofta, särskilt efter stora regnhändelser. Inspektionerna underlättar tidig upptäckt av problem som kan äventyra dammens funktion. Felfunktioner hos dammarnas hydrauliska strukturer har visat sig vara ett stort problem (Hunt med flera

2011). Bristande kontroll och underhåll kan till exempel leda till ansamling av skräp vid utloppet, och det kan göra att vattennivån i dammen stiger och att vegetationen dör på grund av att den blir nedsänkt i vattnet (Hunt och Lord 2006). Andra problem som kan upptäckas vid visuell inspektion är erosion, skräpansamling i dammen samt att vegetationen antingen växer okontrollerat eller dör. Genom att inspektioner och underhåll sker regelbundet kan de här problemen kontrolleras innan de blir allvarliga. Man kan på det sättet undvika större skador på systemet som helhet, skador som skulle bli kostsamma eller omöjliga att rätta till.

Genom sedimentering avskiljer dammarna suspenderade partiklar från dagvattnet. Hur effektiv den avskiljningen är används ofta som indikator på dammarnas förmåga att kontrollera dagvattnets kvalitet (Guo och Adams 1994). Allt eftersom det ackumuleras sediment minskar den tillgängliga volymen för sedimentlagring, samtidigt som flödes hastigheten i dammen ökar. Tillsammans gör detta att effektiviteten i sedimenteringsprocessen minskar och att risken för transport av föroreningar till nedströms sjöar och vattendrag ökar (Marsalek och Marsalek 1997). Men med lämplig utformning och regelbundet underhåll kan den här processen stoppas och den långsiktiga funktionen hos dammen bevaras (Istenic med flera 2012).

Underhållet innefattar också planerad tömning av det ackumulerade bottensedimentet. Tömningen rekommenderas exempelvis när en inspektion visar att försedimenteringsdammen är fylld till 50 procent av sin lagringskapacitet (Hunt och Lord 2006) eller att sedimentlagringsvolymen i dammen är slut. När man tar bort bottensedimenten måste man göra en kemisk analys för att bedöma deras toxicitet och miljörisker (Karlsson med flera 2010).

1.3 Kartläggning av 25 dagvattendammar

Ofta utvärderas dagvattenanläggningars reningsförmåga utifrån fallstudier på nya pilotanläggningar. Men både forskare och praktiker har pekat på att det behöver samlas in mer data om befintliga dagvattenanläggningar och deras långsiktiga funktion och underhållsbehov (D'Arcy och Sieker 2015; Blecken med flera 2017). Åldrande och bristfälligt underhållna dagvattenanläggningar kan nämligen ha en kapacitet som ligger långt under de ursprungliga målen och uppmätta värden vid nya anläggningar. Otillräckligt underhåll och dålig design kan leda till misslyckade system (Istenic med flera 2012).

Det primära syftet med den studie som beskrivs i den här rapporten var därför att göra en kartläggning av driftstatusen hos 25 befintliga dagvattendammar i fem svenska kommuner. I studien görs bland annat en utvärdering av:

- 1) *grundläggande drag i utformningen* (med fokus på dammarnas hydrauliska effektivitet, förhållandet mellan dammens och avrinningsområdets area, förekomsten av en försedimenteringsdamm samt tillgängligheten för underhåll)
- 2) *löpande frågor kring inspektion och underhåll*, bland annat tillståndet hos vegetationen och egenskaper hos bottensedimenten i inlopps- och

utloppszonerna (kornstorleksfördelning samt metallkemi jämfört med miljöriktvärden).

I studien diskuteras också hur de här faktorerna påverkar funktionen och driften av dammarna.

2 Material och metoder

Syftet med studien var att göra en kartläggning av 25 kommunala dagvattendammar mellan tre och 26 år gamla, belägna i de svenska kommunerna Malmö, Örebro, Växjö, Umeå och Östersund. Kommunerna hade byggt dammarna i första hand för att dämpa flödestoppar och förbättra dagvattenkvaliteten.

2.1 Beskrivning av anläggningarna

De här 25 dammarna valdes till studien därför att de representerar ett brett spektrum av typiska driftförhållanden. De täcker de olika klimatförhållandena i landet, olika kommunstorlekar (44 000 till 280 000 invånare), olika åldrar samt olika storlekar och egenskaper hos avrinningsområdena.

I tabell 2.1 på nästa sida visas de viktigaste kännetecknen för var och en av de 25 dammarna, nämligen dammens area och djup, avrinningsområdets area och andelen hårdgjord area, samt kvoten mellan dammens area och avrinningsområdets hårdgjorda area. Dessutom finns i tabellen ett värde som kallas λ och är ett uppskattat värde på dammens hydrauliska effektivitet utifrån dess form. Ett λ -värde mindre än 0,5 innebär dålig hydraulisk effektivitet, ett värde mellan 0,5 och 0,75 innebär godtagbar hydraulisk effektivitet, och ett värde över 0,75 innebär god hydraulisk effektivitet.

2.2 Utvärdering av dammarna

Uppgifter om dammarnas area, avrinningsområdenas area och avrinningsområdenas hårdgjorda area fanns tillgängliga i kommunernas dokumentation. Uppgifterna användes för beräkning av kvoterna mellan dammarnas area och avrinningsområdenas hårdgjorda area (tabell 2.1).

Informationen användes sedan för att stödja bedömningen av den förväntade dammkapaciteten med tanke på tre faktorer:

- Hydraulisk belastning* (kvoten mellan dammens area och avrinningsområdets hårdgjorda area).
- Hydraulisk effektivitet* (λ -värdet). Hög hydraulisk effektivitet innebär att hela dammen utnyttjas, att flödet är jämnt utspritt genom dammen och att sedimenteringen blir bra. Låg hydraulisk effektivitet innebär att vattnet kan ta en kortare väg där flödeshastigheten är lägre; då utnyttjas inte hela dammen, och för en stor del av vattnet blir sedimenteringen ineffektiv (se beskrivning i avsnitt 2.2.1).
- Förekomsten av en *försedimenteringsdamm*.

2.2.1 Hydraulisk effektivitet

För att uppskatta dammarnas hydrauliska effektivitet (λ -värdet) bestämdes först med ledning av kartor och flygfoton deras form och läget på inlopp i förhållande till utlopp. Därefter jämfördes dammarna med geometrin i

Tabell 2.1 Egenskaper hos de 25 undersökta kommunala dagvattendammarna.

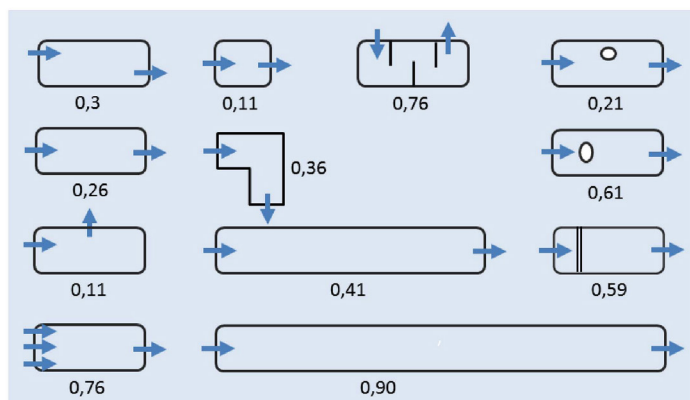
Damm nr	Dammens area (ha)	Dammens djup (m)	Avrinnings- områdets area (ha)	Avrinnings- områdets hård- gjorda area (%)	Kvoten dammarea/hård- gjord area (%) ¹	Lambda (λ) ²	Byggnadsår	Ålder vid undersök- ningen (år)
1	0,45	1,5	84	97	0,6	0,59	2000	13
2	0,21	0,6	6	45	8	0,6	2007	6
3	0,75	0,5	55	75	2	0,9	2006	7
4	0,05	0,5	10	40	1,3	0,3	2004	9
5	0,73	2	19	40	9,6	0,3	2006	7
6	0,16	0,4-1,75	13	69	1,8	0,36	2006	7
7	0,2	-	18	-	-	0,11	1996	17
8	0,2	-	20	-	-	0,11	1993	20
9	0,5	-	120	-	-	0,26	2007	6
10	0,26	0,5	27	26	3,7	0,76	2009	4
11	0,3	-	48	-	-	0,61	2002	11
12	1,18	1-1,5	40	16	18,4	0,9	1996	17
13	0,48	0,2-2	77	60	1	0,3	2000	13
14	0,08	1,75	10	70	1	0,76	1994	19
15	0,5	2,2	30	80	2,1	0,11	2006	7
16	0,8	1,8	31	75	3,4	0,76	2006	7
17	0,33	-	30	5	22	0,76	2007	6
18	2,21	1,25-1,8	1 490	22	0,7	0,76	2010	3
19	0,35	-	69	30	1,7	0,21	2007	6
20	0,65	-	177	46	0,8	0,3	1989	24
21	0,09	-	130	46	0,2	0,59	1987	26
22	1,76	-	254	95	0,7	0,3	1995	18
23	0,47	-	-	-	-	0,76	2010	3
24	0,3	-	-	-	-	0,76	2003	10
25	0,13	-	89	54	0,3	0,76	2010	3

¹ Kvoten mellan dammens area och avrinningsområdets hårdgjorda area.

² $\lambda \leq 0,5$ = dålig hydraulisk effektivitet; $0,5 < \lambda \leq 0,75$ = godtagbar hydraulisk effektivitet; $\lambda > 0,75$ = god hydraulisk effektivitet (Persson med flera 1999; Persson 2000).

– Ett streck i tabellen innebär att det inte har gått att få någon information från kommunen.

13 olika dammformer som har föreslagits av Persson med flera (1999) som hjälp för uppskattning av hydraulisk effektivitet (figur 2.1). De lämpligaste värdena för hydraulisk effektivitet antogs eller räknades fram utifrån de 13 formerna.



Figur 2.1

Dammformer som har undersökts i studien (inte skalenliga) och deras hydrauliska effektivitet (λ -värden), anpassade efter Persson med flera 1999: $\lambda \leq 0,5$ = dålig hydraulisk effektivitet, $0,5 < \lambda \leq 0,75$ = godtagbar hydraulisk effektivitet, $\lambda > 0,75$ = god hydraulisk effektivitet. Pilarna visar var dammarnas inlopp och utlopp är placerade. Ellipserna representerar öar i dammarna. Linjer som går inåt dammen från utkanten är skiljeväggar för vattenflödet. De dubbla linjerna representerar en barriär som fördelar vattenflödet åt sidorna.

De λ -värden som användes av Persson med flera (1999) var härledda från modellsimuleringar av flödesutsläpp och spårämnestransport genom grunda dammar med konstant djup. Dammarna hade olika designgeometrier och olika lägen på inlopp och utlopp. λ -värdena definierades som $\lambda = t_p/t_n$ där t_p är tiden till den högsta koncentrationen av spårämnet och t_n är den nominella uppehållstiden (= dammens volym/flöde) (Persson 2000). Det innebär att λ -värdet visar hur jämnt flödeshastigheterna och spårämneskoncentrationerna är fördelade i dammen, och i vilken utsträckning ”döda” zoner undviks (Persson med flera 1999). Persson med flera klassificerade också de 25 dammarnas hydrauliska effektivitet enligt λ -värdena som de beskrivs i tabell 2.2. I olika internationella manualer föreslås det att den hydrauliska effektiviteten och λ -värdena ska användas vid design och dimensionering av dagvattendammar. En del potentiella begränsningar i det tillvägagångssättet har dock påpekats av Nix (1985) och Marsalek med flera (2005), och kommer att diskuteras senare i den här rapporten.

Tabell 2.2 Klassificering av de 25 undersökta dammarna efter deras hydrauliska effektivitet uttryckt i λ , samt antal dammar i respektive klass.

λ -värde	Klassificering av hydraulisk effektivitet	Antal dammar
$\lambda \leq 0,5$	Dålig hydraulisk effektivitet	11
$0,5 < \lambda \leq 0,75$	Godtagbar hydraulisk effektivitet	4
$\lambda > 0,75$	God hydraulisk effektivitet	10

2.2.2 Försedimenteringsdamm

I dagvattendammar i USA började man använda försedimenteringsdammar för mer än 30 år sedan (Schueler 1987). Dessa sedimentfällor fångar i första hand sand och grus, och är utformade för att hindra spridning av grova sediment genom dammen och för att underlätta underhåll och tömning av sediment (Blecken med flera 2017; US EPA 1999). Därför registrerades det också om det fanns försedimenteringsdammar i de 25 studerade dammarna och i vilket tillstånd de i så fall befann sig.

2.2.3 Checklista för inspektion

Det är nödvändigt med regelbunden inspektion av dammar för att garantera att driften blir tillfredsställande. Därför inkluderades tillgängligheten för inspektion och underhåll i kartläggningen av dammarnas drifttillstånd.

En checklista för inspektion och underhåll togs fram för att bestämma dammarnas driftförhållanden. Checklistan presenteras i detalj i tabell 3.1 i rapportens resultatdel. Checklistan kräver att man bedömer bland annat följande faktorer:

- Ansamling av sediment och skräp vid inlopp och utlopp
- Tillståndet hos inlopps- och utloppskonstruktionerna
- Tillståndet hos vattenvegetationen
- Förekomst av ogräs eller skräp som bör tas bort.

2.3 Provtagning och analyser av sediment

Sedimentprover samlades in från provtagningsställena nära inloppen och utloppen hos de 25 studerade dammarna. Vid varje provtagningsställe togs tre prover. Dessa tre prover slogs samman så att de följande analyserna gjordes på bara ett sammanslaget prov för varje provtagningsställe.

2.3.1 Metallanalyser

Sedimentproverna analyserades på kadmium, krom, koppar, nickel, bly och zink (i mg/kg torrsvikt) med hjälp av masspektrometri (*inductively coupled plasma-sector field mass spectrometry, ICP-SFMS*). Proverna analyserades av ett SWEDAC-ackrediterat laboratorium enligt standarden SS EN ISO 17294-1, 2 och enligt det amerikanska naturvårdsverket US EPA:s metod 200.8 (*Determination of trace elements in waters and wastes by ICP-SFMS*).

De här sex metallerna valdes dels därför att de vanligen hittas i dagvatten i mängder som innebär risker om de släpps ut i miljön, dels därför att de kan tas bort från dagvatten med hjälp av dammar (Marsalek med flera 2005). Kadmiumkoncentrationerna i sedimenten var under detektionsgränsen på 0,1 mg/kg i ungefär hälften av dammarna. I de fortsatta beräkningarna antogs som det värsta scenariot att dessa koncentrationer var lika med detektionsgränsen.

2.3.2 Kornstorleksfördelning

Delprover av sediment analyserades när det gäller kornstorleksfördelning. För de flesta proverna användes torrsiktning med standardiserade siktar i enlighet med ISO 3310-1 och med standardiserade testmetoder (ASTM D422-63). Men ungefär en tredjedel av proverna våtsiktades därför att partiklarna hade häftat fast vid varandra och bildat hårda klumpar.

Efter siktningen klassificerades sedimentpartiklarna i tre klasser (figur 3.3):

- 1) ler- och siltpartiklar som är mindre än 0,063 mm
- 2) sandpartiklar som är större än 0,063 mm och mindre än 2 mm
- 3) gruspartiklar som är större än 2 mm.

2.4 Dataanalys

I allmänhet var uppmätta data normal- eller log-normalfördelade och uppvisade homogenitet i variansen vid bedömning med Levenes test. T-test användes för att bedöma signifikansen av de observerade skillnaderna mellan sand- och lerfraktionerna från dammarnas inlopps- och utloppsområden.

3 Resultat och diskussion

3.1 Dammutformning

Den följande utvärderingen av dammdesignen innehåller bedömningar och diskussioner av:

- 1) den hydrauliska belastningen (kvoten mellan dammarean och avrinningsområdets hårdgjorda area)
- 2) den hydrauliska effektiviteten
- 3) förekomsten av en försedimenteringsdamm
- 4) tillgängligheten för underhåll.

3.1.1 Hydraulisk belastning

Kvoten mellan dammarean och avrinningsområdets hårdgjorda area, det vill säga den hydrauliska belastningen ($R = A_{\text{Damm}} / A_{\text{Hårdgjort avrinningsområde}}$), är en nyckelfaktor i dammutformningen (Hvitved-Jacobsen med flera 1994; US EPA 1999). Kvoter på 150–250 m²/ha (det vill säga 1,5–2,5 procent) har rekommenderats av bland andra Pettersson med flera (1999) och Starzec med flera (2005). Tabell 2.1 visar värdet på den här kvoten för var och en av de studerade dammarna. Kvoterna varierade kraftigt, från 0,2 till 22 procent. Bara fyra dammar låg inom det rekommenderade intervallet (1,7–2,1 procent), medan sju av dammarna verkade vara överdimensionerade (3,4–22 procent) och resten underdimensionerade med mycket låga kvoter på 0,2–1 procent.

Många studier har visat att den hydrauliska belastningen är en bra indikator på dammars förmåga att avlägsna föroreningar (till exempel Pettersson med flera 1999). Dessutom drog US EPA (1983) och Hvitved-Jacobsen med flera (1994) slutsatsen att det går att relatera dammens föroreningsavskiljande förmåga till dess volym. Hvitved-Jacobsen föreslog till exempel att det behövs en damm på 240 m³/ha för att hålla kvar 60 procent av den totala fosformängden i inkommande dagvatten. Pettersson med flera (1999) visade däremot att dammens förmåga att avlägsna föroreningar gradvis avstannar med ökande dammarean när dammarean väl har uppnått ett tröskelvärde på ungefär 250 m²/ha.

Men det här betyder inte nödvändigtvis att de dammar av de 25 undersökta som har kvoter under eller över det rekommenderade intervallet inte har bra föroreningsretention. Eftersom sedimentkoncentrationerna i vattnet i dammen inte hade mätts var det omöjligt att bekräfta eller förkasta möjliga hypoteser om förhållandet mellan dammstorlekar och förmåga att ta bort föroreningar, eller att direkt jämföra uppnådda resultat med tidigare rapporterade.

Utöver kvoten R beror dessutom dammens prestanda på egenskaper dels hos det inkommande dagvattnet (inklusive kornstorleken hos det medföljande sedimentet), dels på dammens hydrauliska effektivitet som varierade bland de studerade anläggningarna.

3.1.2 Hydraulisk effektivitet

En annan nyckelfaktor att ta hänsyn till vid dammdesign är den hydrauliska effektiviteten, och/eller kvoten mellan längden och bredden hos dammen (längd/bredd). Långsmala dammar med högre värden på den här kvoten (> 3) minskar risken för kortslutning och utökar uppehållstiden för partiklar och förbättrar därmed partikelsedimenteringen (Persson med flera 1999; Pettersson med flera 1999; Larm 2000). Sedimenteringseffektiviteten i dammar med låga värden på kvoten längd/bredd ($< 2-3$) kan förbättras genom att vattnets väg genom dammen förlängs exempelvis med hjälp av flödeshinder i form av flytväggar och/eller öar med mera (Matthews med flera 1997; Persson 2000).

Den modell för hydraulisk effektivitet som har utvecklats av Persson med flera (1999) erbjuder några praktiska fördelar, särskilt för långsiktig prestandabedömning. Den användes därför i den här studien för att uppskatta dammarnas effektivitet när det gäller att framkalla sedimentering. Samtidigt måste man vara medveten om de begränsningar som uppstår ur de förenklande antaganden som gjordes av Persson med flera (1999) och som har påpekats av till exempel Nix (1985) och Marsalek med flera (2005):

- 1) *Konstant dammdjup* (en oregelbunden botten påverkar flödet och cirkulationen i dammen).
- 2) *Ingen vindpåverkan* längs dammens yta (Shaw med flera visade 1997 vindens effekter på flödeshastigheten i dammen).
- 3) *Frånvaro av nedsänkt eller oförutsedd vegetation* i dammen (sådan vegetation påverkar flödeshastigheter och flödesvägar).
- 4) *Ingen stratifiering* av dammvattnet (sådan skiktbildning påverkar hastighetsfördelningen och möjligen kemikalietransporten vertikalt, enligt Song med flera 2013).
- 5) Det karakteristiska λ -värdet härleddes för ett enskilt stadigt inflöde (i motsats till en stor mängd olika och ostadiga avrinningsflöden under verkliga regn).
- 6) *Inloppsrören var vinkelräta mot stranden* (så ser det inte alltid ut i verkliga dammar, och inloppsplaceringen påverkar flödescirkulationen).
- 7) Resultaten för *flödet hos spårämnet gäller bara för en viss fraktion* av mycket fina fasta ämnen med låg densitet.

Det bör observeras att många av de här begränsningarna gäller för dynamiska och kortsiktiga processer i dammar, det vill säga under individuella händelser, men deras betydelse minskar när man ska titta på långsiktiga prestanda hos dammar. Det ska också betonas att enbart hög hydraulisk effektivitet hos en sedimentationsdamm inte garanterar hög sedimentretention. Denna beror också på hastigheten hos de sjunkande partiklarna, typen av sedimentation (separata partiklar kontra partiklar som bildat aggregat), dammdimensioner och hydraulisk belastning (här definierad som kvoten R).

I studien användes det tillvägagångssätt som tagits fram av Persson med flera (1999), och λ -värden uppskattades för var och en av de kartlagda dammarna i intervallet från 0,11 till 0,9 (tabellerna 2.1 och 2.2). Elva av de studerade dammarna (44 procent) rankades som att de hade dålig hydraulisk effektivitet (enligt Perssons kriterier), medan resten hade godtagbar eller till

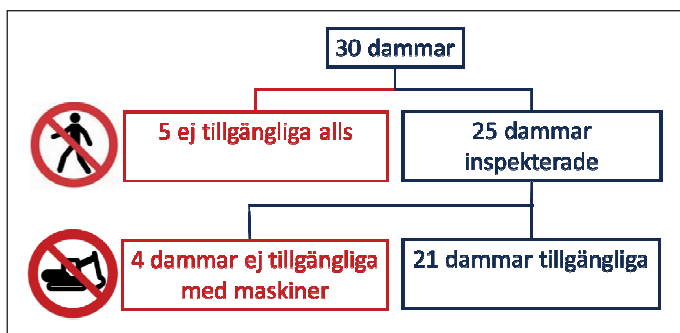
och med god hydraulisk effektivitet (tabell 2.2). Dålig hydraulisk effektivitet brukar minska dammens förmåga att fånga fina sediment och de metaller som är bundna till de fina sedimenten. Den relativt låga hydrauliska effektiviteten i många av de kartlagda dammarna skulle kunna förbättras genom att man utrustar dammarna med nedsänkta barriärer, flytande väggar, plastdraperier, öar eller liknande strukturer. Det skulle höja dammarnas förmåga att fånga fina sediment.

3.1.3 Försedimenteringsdamm

Trots att fördelarna med försedimenteringsdammar har varit erkända och accepterade under lång tid (Schueler 1987) hade bara sju av de 25 utvärderade dammarna en försedimenteringsdamm. Att det saknas en försedimenteringsdamm innebär inte nödvändigtvis att dammens förmåga att avskilja fina sediment försämras, men det bidrar till att sediment sprids genom hela dammen och försvårar sedimenttömning. En försedimenteringsdamm bör vara en självklar sak vid utformning av nya dammar i framtiden.

3.1.4 Tillgänglighet för underhåll

Dammar behöver som all infrastruktur underhållas, och de flesta designrekommendationer kräver att dammen och dess konstruktioner vid inlopp och utlopp är tillgängliga för underhåll (Larm 2000; Hunt och Lord 2006; Putnam med flera 2013). Från början skulle 30 dammar ingå i undersökningen, men fem av dem var inte nåbara ens till fots och måste uteslutas ur studien på ett tidigt stadium (figur 3.1). Fyra av de undersökta 25 dammarna var inte enkelt tillgängliga för inspektörer eller underhållsmaskiner eftersom de var omgivna av ett stängsel utan grind och/eller tät vegetation (figur 3.2). Det här är ett problem eftersom det betyder att nio av 30 dammar designades och byggdes på ett sätt som omöjliggör eller försvårar inspektion och underhåll.



Figur 3.1 Dammarnas tillgänglighet för underhåll.

För att säkra att tillgängligheten för kontroll och underhåll blir så enkel som möjligt är det viktigt att undvika att omge försedimenteringsdammen och utloppsstrukturen med mycket tät vegetation. Det var ett argument som framfördes av Putnam med flera (2013) i en tidigare diskussion om dagvattendammars underhåll och förbättring av deras estetiska värden. På liknande sätt diskuterade Hunt och Lord (2006) behovet av inspektion och underhåll för våtmarker och dagvattendammar. De drog slutsatsen att

tillgängligheten för underhåll av försedimenteringsdammen och utloppet måste tillgodoses vid dammarnas utformning.

Också svenska designrekommendationer lyfter fram att det är mycket viktigt med tillgänglighet för underhåll (Larm 2000). I ljuset av dessa rekommendationer är det något förvånande att så många av de studerade dammarna var otillgängliga. Om det behövs kan stängslen runt dammarna utrustas med grindar. För att kunna göra regelbundna inspektioner måste underhållspersonalen ha obehindrad tillgänglighet.

3.2 Resultat av visuell kartläggning

3.2.1 Resultat av inspektioner

Dammar kräver regelbundna inspektioner för att deras säkerhet och behandlingseffektivitet ska upprätthållas (Blecken med flera 2017). Men för flertalet av dammarna i studien fanns det inga inspektions- och underhållsplaner. Trots det visade våra fältobservationer att de flesta av dammarna var i relativt god kondition (tabell 3.1). Det visar i någon mån att dammar som åtgärd för dagvattenhantering är driftmässigt robusta.

Tabell 3.1 Resultaten av inspektionerna, med stöd av checklistan.

Inspektionsfråga	Antal dammar	
	Ja	Nej
Finns det tillgänglighet för maskiner?	21	4
Finns det en separat försedimenteringsdamm?	7	18
Är dammen fri från skräpansamling?	23	2
Är inloppspunkten fri från sedimentansamling?	0	25
Behöver sedimentet tömmas? (Kontrollera djupet och ta bort sediment om mer än 50 procent av lagringskapaciteten är upptagen.)	4	21
Är alla tekniska konstruktioner i god kondition? (sektioner i mark, ledningar, ramper etc.)	24	1
Är dammen fri från avfallsdumpning? (byggavfall, oljedunkar etc.)	25	0
Är vegetationen i rätt tillstånd? (täthet, frånvaro av ogräs etc.)	23	2
Behöver det göras nyplantering?	2	23
Behöver det tas bort ogräs i dammen?	6	19
Finns det tecken på sättning eller erosion i släntpartier?	0	25
Finns det skador eller vandalism på de tekniska konstruktionerna?	1	24
Är utloppskonstruktionen fri från skräp?	23	2
Behöver utloppskonstruktionen ändras med tanke på öppningens storlek och nivå?	0	25

Våra inspektioner avslöjade att 14 av de inspekterade dammarna (56 procent) behövde en del mindre underhåll, huvudsakligen beroende på ansamling av sediment och skräp vid inlopps- och utloppspunkter. Å andra sidan visade ingen av dammarna tecken på avfallsdumpning, och alla utom två var fria från skräp (figur 3.2). Konstruktionerna vid inlopp och utlopp var i allmänhet i god kondition. Bara utloppskonstruktionen i en av dammarna var skadad och läckte. Men i kommunen var man medveten om det här läckaget och reparerade skadan kort tid efter vår inspektion. Det här betonar behovet av att kommunernas driftpersonal genomför regelbundna inspektioner för att upptäcka skador så tidigt som möjligt. Om det här problemet hade inträffat vid någon av de otillgängliga dammarna skulle det förmodligen inte ha upptäckts förrän långt senare.



Figur 3.2 Bilderna visar olika problem i dagvattendammar: Ansamling av sediment och skräp vid inloppet (uppe till vänster), skada på utloppskonstruktionen (uppe till höger), träd och vedartade växter nära inlopp och utlopp (mitten till vänster), ett stängsel och tät vegetation som hindrar maskiner att komma in (mitten till höger), ansamling av sediment vid utloppet (nere till vänster) och ansamling av skräp vid utloppet (nere till höger).

Två av de 25 kartlagda dammarna var helt utan vegetation i vattnet, medan vegetationen i de andra dammarna var i tillfredsställande skick. Däremot behövde sex av de 25 dammarna rensas från ogräs (tabell 3.1).

Sammanfattningsvis var dammarna i tillfredsställande kondition även om flera mindre problem upptäcktes, och alla av de upptäckta problemen kunde rättas till med liten ansträngning. Men fyra av de 25 dammarna (16 procent) var utformade och drevs på ett sätt som gjorde det mycket svårt att upptäcka problem under vanliga inspektioner, eftersom det inte fanns någon inspektionsstrategi eller tillräckligt bra tillgänglighet för underhåll.

Kartläggningens omfattning begränsades av att det inte fanns kompletta data hos kommunerna. Förutom att det saknades uppgifter om vissa basala egenskaper hos dammarna (tabell 2.1) var det också svårt att få fram vissa andra relevanta data, till exempel detaljerade designkriterier (uppehållstid, kontroll av toppflöden, volym för sedimentlagring, sedimentinflöde till dammarna, dammgeometri, bottenegenskaper med mera). Avsaknaden av basal damminformation innebär risker för framgångsrik drift och under-

hållsplanering för anläggningarna. Exempelvis blir det en utmaning att bestämma intervall för sedimenttömning.

3.2.2 Större underhållsbehov: sedimenttömning

Inspektionerna visade att sediment hade ackumulerats i alla dammarna. Men sedimentavlagringarna var i de flesta fall inte särskilt djupa, och det visade sig att bara fyra dammar (16 procent) skulle behöva borttagning av sediment och skräp. Utan detaljerad bedömning av sedimentavlagringarna var det dock svårt att uppskatta behovet av sedimenttömning. Ett annat problem var att vissa kommuner inte hade ritningar på dammarna, vilket hindrade bedömningen av nivåerna för sedimentansamling och därmed behovet av tömning. Fördjupande studier av dammarna behövs för att bestämma tömningsbehovet.

3.3 Sedimentanalyser

3.3.1 Kornstorleksfördelning

Resultaten av analysen av kornstorleksfördelningen presenteras i figur 3.3, som visar att fördelningen av kornstorlekarna varierade kraftigt i de 25 dammarna. Sandfraktionen dominerade i de flesta fall, följd av silt/lerpartiklar och därefter grus. Väsentliga mängder fina fraktioner avskildes i nio av dammarna, och andelen silt/lerpartiklar i de här dammarna översteg 50 procent.

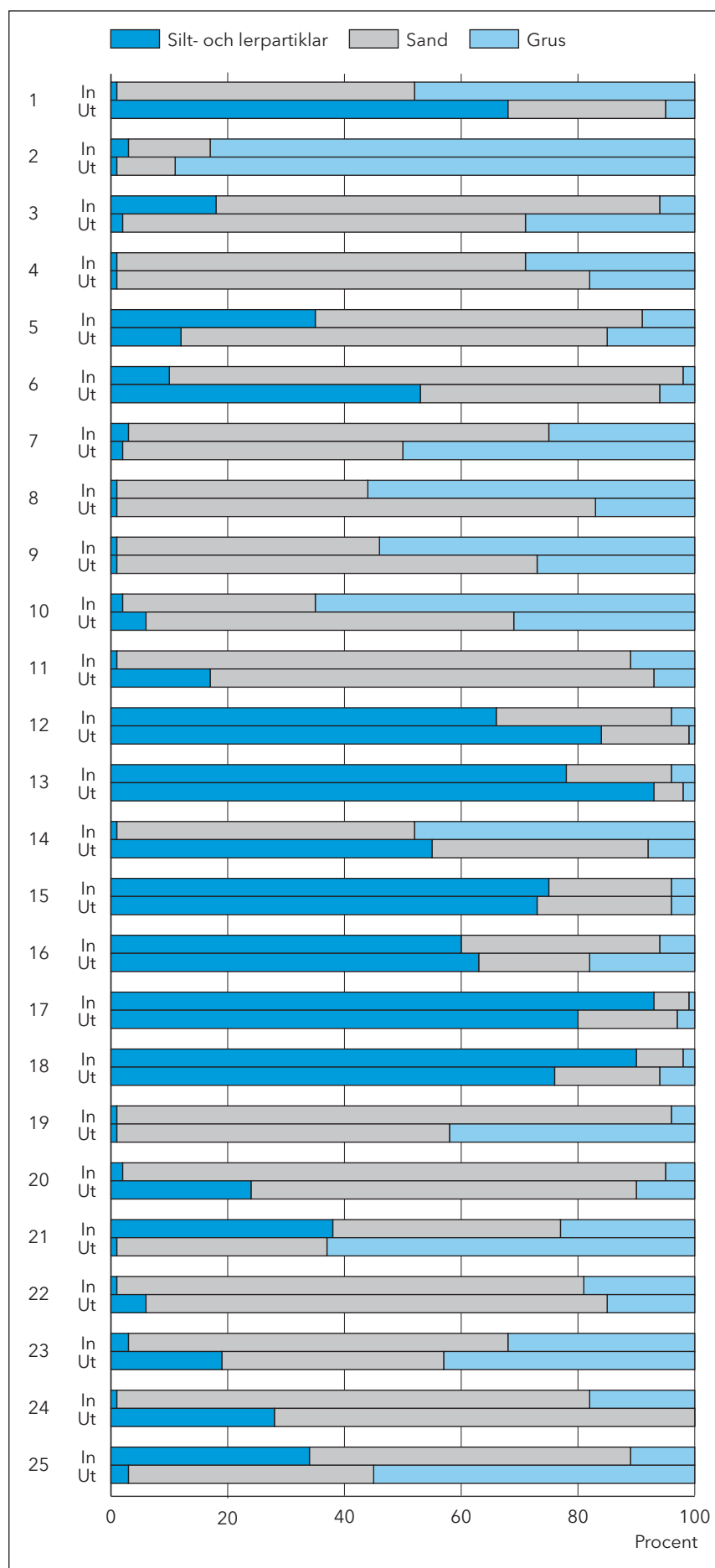
Två aspekter som hänger ihop med varandra och framgår av de data som visas i figur 3.3 förtjänar vidare diskussion:

- 1) Underrepresentationen av finmaterial (silt- och lerpartiklar) i utloppszonen i ett antal dammar.
- 2) Överrepresentationen av grova sediment i utloppszonen hos några dammar.

Från data i figur 3.3 beräknades medelfördelningen av sediment i de tre storleksklasserna så här:

- Inloppszonen: 24 procent silt/lerpartiklar, 54 procent sand, 22 procent grus.
- Utloppszonen: 31 procent silt/lerpartiklar, 46 procent sand, 23 procent grus.

Det här är en lite grov gradering av sediment i dagvattendammar, med underrepresentation av finsediment och överrepresentation av sand och grus jämfört med andra datakällor. Till exempel rapporterade Marsalek med flera (1997) att det i en dagvattendamm fanns två olika principer för sedimenteringen. Vid inloppet formades ett delta av grova sediment som var 25 m långt och upptog mindre än 5 procent av dammarean. Det innehöll ungefär 71 procent sand och 29 procent grus, medan kornstorleksfördelningen på andra ställen i dammen var 95 procent silt- och lerpartiklar och 5 procent sand. Inget grus upptäcktes utanför deltazonen. En liknande trend av minskande förekomst av grövre material längs vägen från inlopp till utlopp observerades av McNett och Hunt (2011) i tio dagvattendammar, där andelen grov sand var högre nära inloppet än vid utloppet. En flyktig översikt över fyra dammar i Toronto indikerade 80 procent silt/lerpartik-



Figur 3.3

Andelar i procent för partikelfraktionerna grus (> 2 mm), sand (> 0,063 mm och < 2 mm) och silt/lerpartiklar (< 0,063 mm) i de ackumulerade sedimenten vid inlopp och utlopp i 25 dagvattendammar.

lar och 20 procent sand. Och omfattande data från USA (US Nationwide Urban Runoff Program, NURP) över partikelstorlekar i dagvatten indikerar en jämförbar klassfördelning: 40 procent lerpartiklar, 50 procent sand och 10 procent grus (US EPA 1983).

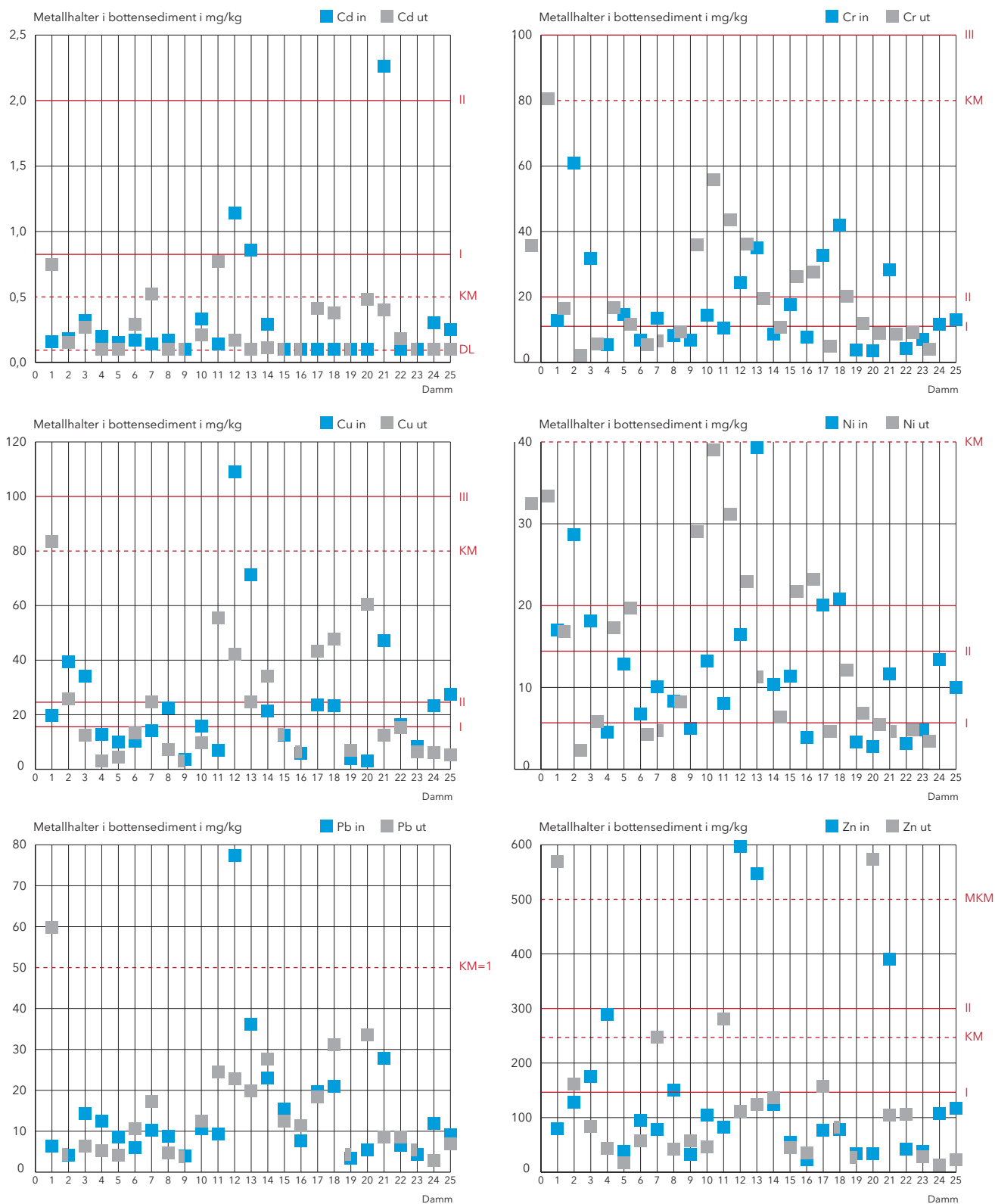
Som förklaring till de grova sedimenten i de kartlagda svenska dammarna kan nämnas lokal geologi som karakteriseras av dels vittrade grova material, dels sand och grus som sprids på vintervägar. Några av de kartlagda dammarna kan ha blivit föremål för urlakning av finsedimenten under kraftiga oväder, särskilt de dammar som hade låg hydraulisk effektivitet (λ -värde) och låga kvoter mellan längd och bredd, vilket underlättar snabba flöden genom dammen.

Den andra anmärkningsvärda aspekten var den rikliga förekomsten av grus i utloppszonen, i några fall till och med högre än i inloppszonen. Eftersom gruspartiklar är relativt stora avsätts de vanligen i omedelbar närhet av inloppet (Marsalek med flera 1997). Men varken de här processerna eller potentiell sedimenttransport under intensiva oväder ger någon tillfredsställande förklaring till grusförekomsten i utloppszonen; den skulle kunna tyda på lämningar från dammbygget.

3.3.2 Tungmetaller i dammsediment

Koncentrationerna av de utvalda tungmetallerna (kadmium, krom, koppar, nickel, bly och zink) i sedimentprover som samlades in i inlopps- och utloppszonerna i de kartlagda dammarna visas i figur 3.4. Koncentrationerna av kadmium (Cd) var under detektionsgränsen ($< 0,1$ mg/kg torrsubstans) i nästan hälften av dammarna; de detekterade värdena låg mellan 0,77 och 2,26 mg/kg torrsubstans (TS). Koncentrationerna av resten av metallerna låg för krom (Cr) mellan 2 och 81 mg/kg TS, för koppar (Cu) mellan 3 och 109 mg/kg TS, för nickel (Ni) mellan 2 och 39 mg/kg TS, för bly (Pb) mellan 3 och 77 mg/kg TS, och för zink (Zn) mellan 14 och 597 mg/kg TS. I tolv dammar var metallkoncentrationerna högre i utloppssedimenten än i sedimenten vid inloppet, vilket troligen berodde på ansamling av finsediment vid utloppet (Sansalone och Buchberger 1997). De fina sedimenten ger metallerna större yta att binda till.

Metallkoncentrationerna i dammsediment beror på flera faktorer: avrinningsområdets storlek och typ (Yousef med flera 1990; Istenič med flera 2012), kvoten mellan dammarean och det hårdgjorda avrinningsområdet (Pettersson med flera 1999; Starzec med flera 2005) samt den lokala geologin (Frost med flera 2014). Den stora variationen hos metallkoncentrationerna som observerades i den här studien kan ha orsakats av att dammarna har vitt skilda egenskaper. De tar emot dagvatten från avrinningsområden med varierande storlek och markanvändning, och avrinningsområdena varierar kraftigt när det gäller andelen hårdgjord area – mellan 5 och 97 procent (tabell 2.1). Men det gick inte att hitta något signifikant samband mellan avrinningsområdets hårdgjorda andel och sedimentens metallkoncentrationer. Å andra sidan fanns det ett starkt samband mellan metallkoncentrationerna och kvoten (R) mellan dammarean och den hårdgjorda avrinningsarean.



Figur 3.4 Koncentrationer av de utvalda tungmetallerna kadmium (Cd), krom (Cr), koppar (Cu), nickel (Ni), bly (Pb) och zink (Zn) i sedimenten vid inlopps- och utloppskonstruktionerna i de 25 kartlagda dagvattendammarna (i mg/kg torrsbstans). De horisontella referenslinjerna hänför sig till Naturvårdsverkets klassifikationssystem (2000 och 2009). DL är detektionsgränsen. KM och MKM är riktvärden för riskbedömning av sediment i Sverige. Värdena I, II och III är svenska standardvärden för sediment i vatten. Numren på provtagningsställen är desamma som i tabell 2.1.

I allmänhet finns det tungmetaller i sedimentfraktioner av alla kornstorlekar: grus, sand och ler/silt. Men de högsta koncentrationerna finns i de fina fraktionerna (Sansalone och Buchberger 1997). I vår studie var metallkoncentrationerna högre i inloppssedimenten än i utloppssedimenten i alla dammar där inloppsproverna hade större andel ler/silt än utloppsproverna (figurerna 3.3. och 3.4). De här fynden ligger i linje med tidigare studier (Viklander 1998; McNett och Hunt 2011) och indikerar att det är högre metallkoncentrationer i finsedimenten. Men information om inlopps- och utloppskoncentrationerna räcker inte för att bedöma avskiljningen av föroreningar i dammarna, till exempel total suspenderad substans (TSS) och metaller (Marsalek med flera 2005), eftersom det inte fanns data om massan hos föroreningarna i de avsatta sedimenten. Insamling av sådana data skulle kräva stora ansträngningar och låg utanför den här studiens ram.

Förhöjda metallnivåer kan ha toxiska effekter och följaktligen skada ekosystemen i dammarna och i vatten nedströms dammarna (Naturvårdsverket 2000). För att utvärdera kvaliteten på de ansamlade sedimenten i de 25 dammarna bedömdes de uppmätta koncentrationerna i sedimenten mot Naturvårdsverkets riktlinjer för skydd av mottagande vatten och ekosystem (2000). Dessa riktlinjer definierar fem nivåer för sedimentförorening i sjöar och vattendrag: mycket låga koncentrationer (klass 1), låga koncentrationer (klass 2), måttligt höga koncentrationer (klass 3), höga koncentrationer (klass 4) och mycket höga koncentrationer (klass 5). Inlopps- och utloppskoncentrationerna av bly låg inom klass 1, som motsvarar nivåer som inte förväntas orsaka ogynnsamma effekter (Naturvårdsverket 2000). De uppmätta kadmiumkoncentrationerna vid inlopp och utlopp låg i klasserna 2 eller 3. Motsvarande värden för krom, koppar, nickel och zink låg i klasserna 1 till 3 (figur 3.4). Det är värt att notera att ungefär 40 procent av dammarna innehöll sediment med krom-, koppar-, nickel- eller zinkkoncentrationer i klass 3, som kan ha ogynnsamma biologiska effekter i recipienterna (Naturvårdsverket 2000).

Muddring och tömning av ackumulerade sediment måste göras med vissa intervall för att återställa dammens lagrings- och behandlingskapacitet och för att minska risken för återsuspension och/eller föroreningstransport till nedströms vattendrag. Det muddrade sedimentet kan vara förorenat eller till och med farligt, och tömningen kan öka föroreningarnas rörlighet och innebära miljörisker som är kostsamma att åtgärda. Därför jämfördes de uppmätta metallkoncentrationerna också med Naturvårdsverkets riktlinjer (Naturvårdsverket 2009) för förorenade sediment. Riktlinjerna definierar riktvärden för mindre känslig markanvändning (MKM) och känslig markanvändning (KM). Inlopps- och utloppskoncentrationerna av de flesta metaller låg i de flesta fall under riktvärdena för känslig markanvändning (figur 3.4). Men koncentrationerna av koppar, bly och zink överskred i vissa dammar KM-värdet, något som skulle kunna ha konsekvenser för hanteringen av sediment som tagits bort i samband med dammunderhåll och för kostnaderna för sådana åtgärder. Därför bör metoderna för tömning och bortskaffande av sediment från dessa dammar planeras noga.

Sedimentkoncentrationerna av koppar, bly och zink var i den här studien lite högre än de som rapporterades av Starzec med flera (2005). De stude-

rade den tekniska och miljömässiga funktionen hos 26 dagvattendammar och hittade koncentrationer i sedimenten av koppar, bly och zink gott och väl under gränserna i Naturvårdsverkets riktlinjer (Naturvårdsverket 2000). Däremot var koncentrationerna av kadmium, krom och nickel av samma storleksordning som i den här studien. Andra författare har också rapporterat liknande metallkoncentrationer i dagvattendammars sediment (Istenič med flera 2012). Men i några studier har man hittat mycket högre metallkoncentrationer i sedimenten än de som presenteras i den här rapporten (Karlsson med flera 2010). Sådana variationer i resultaten är inte överraskande med tanke på de stora variationerna i kvaliteten på det dagvatten som kommer in i dammarna.

Det är viktigt att komma ihåg att dagvattendammar kan göra stor miljönytta även om föroreningskoncentrationerna i sedimenten är relativt låga. När man studerar funktionen hos dagvattendammar är det i allmänhet bättre att mäta mängden metaller som har avskilts och inte bara koncentrationerna. Men detta var inte möjligt i den här studien eftersom det saknades dokumentation.

När man hanterar det muddrade sedimentet är det viktigt att vara medveten om att metallerna kan finnas i rörlig form och att de kan frisättas under hantering och avvattning av sedimentet (se diskussion i Blecken 2016).

4 Sammanfattning och slutsatser

25 svenska kommunala dagvattendammar mellan tre och 26 år gamla har kartlagts när det gäller deras driftstatus. Kartläggningen innefattade utvärdering av följande egenskaper hos dammarna:

- a) hydraulisk belastning (kvoten mellan dammarea och hårdgjord avrinningsarea)
- b) hydraulisk effektivitet (enligt Persson med flera 1999)
- c) förekomsten av en försedimenteringsdamm
- d) tillgängligheten för underhåll
- e) dammens allmänna kondition (visuell översikt av inlopps- och utlopps-konstruktioner, vegetationens tillstånd)
- f) egenskaper hos dammens sediment (kornstorlekar, ackumulering, kemiska egenskaper och de risker som de kan medföra).

4.1 *Rekommendationer för design, drift och underhåll*

Ett antal slutsatser kan dras från studiens resultat, och de leder till några rekommendationer för design, drift och underhåll av dammarna:

- Om registren över dammarnas bakgrundsdata och designparametrar är ofullständiga (som de var för några av dammarna i studien) så försämrar det planeringen av anläggningarnas underhåll, särskilt sedimenttömningsen. För att undvika sådana problem bör man för alla dammar skapa och kontinuerligt underhålla databaser över anläggningarnas skötsel.
- Funktionen hos dagvattendammar behöver kontrolleras och utvärderas regelbundet, med målet att underhålla och/eller förbättra deras funktion samt upptäcka eller rätta till eventuella försämringar så tidigt som möjligt. När det gäller de 25 undersökta dammarna inspekterades inte alla regelbundet på ett sätt som kunde bidra till att säkra deras rätta funktion. Ungefär hälften av dammarna behövde mindre underhåll, men i allmänhet var dammarna i tillfredsställande kondition och de upptäckta problemen kunde rättas till med ganska små ansträngningar. Det här visar på den relativa robustheten i dammdriften och vikten av att upptäcka små problem på ett tidigt stadium innan de på allvar börjar påverka funktionen hos dammarna. Det betyder också att försummade rutininspektioner kan försämra den långsiktiga funktionen hos dagvattendammar.
- Tvärtemot vanliga rekommendationer för dammutformning var fyra av de 25 dammarna inte enkelt tillgängliga för kontrollanter och underhållsmaskiner, och fem dammar från den ursprungliga listan på 30 dammar måste uteslutas ur studien på ett tidigt stadium på grund av bristen på tillgänglighet. Det här är ett stort problem som innebär att 16 procent av de 25 undersökta dammarna (och en tredjedel av de 30 dammar som fanns med på den ursprungliga listan) var designade på ett sätt som gjorde kontroll och underhåll ganska svårt eller till och med omöjligt.

Bristen på tillgänglighet gör troligen att inspektionerna minskar i antal eller förhindras helt och hållet.

- Det visade sig att det lambdavärde (λ) som föreslogs av Persson med flera (1999) är ett praktiskt och enkelt sätt för dammdesigner att uppskatta den långsiktiga hydrauliska effektiviteten hos både nya och befintliga dammar – utifrån deras form.
- Kornstorleksanalys av de ackumulerade sedimenten visade att sandfraktionen dominerade i de flesta dammarna, följd av silt- och lerpartiklar ($< 0,063$ mm) och grus. Nio dammar avskilde avsevärda mängder finmaterial; andelen ler i deras sediment var över 50 procent. Metallkoncentrationerna i sedimenten varierade kraftigt mellan dammarna. Metallkoncentrationerna i sedimenten jämfördes med Naturvårdsverkets riktlinjer för riskbedömning av förorenade sediment. Både inlopps- och utloppskoncentrationerna av koppar, bly och zink överskred i några dammar riktvärdena för känslig markanvändning (KM). Sådana överskridanden får konsekvenser för planeringen av slamtömning av dammarna samt behandling och deponering av dammsedimenten – och kostnaderna för åtgärderna.
- En försedimenteringsdamm för att fånga grova sediment rekommenderas för att underlätta tömningen av dammsedimenten.

De presenterade resultaten lyfter fram att den långsiktiga funktionen hos dammarna beror på att designen är lämplig. Den ska bland annat ta hänsyn till vad som behövs för driften (tillgänglighet, försedimenteringsdamm) och för regelbunden inspektion och utvärdering av funktionen hos befintliga dagvattendammar. Data som är förknippade med detta ska arkiveras. Fältundersökningen visade att dessa förhållanden inte var tillgodosedda helt och hållet vid alla anläggningar, och att lämplig design och skötsel av dammarna hela tiden måste betonas för att försäkra att deras funktioner blir hållbara på sikt.

Data från undersökningen understryker också att den använda, relativt enkla och billiga kartläggningen (jämfört med till exempel omfattande flödesproportionella provtagningar) kan producera datauppsättningar som ger adekvat information för att bedöma dammars driftstatus och för att planera inspektioner, underhåll eller förbättring av utrustningen i dammanläggningar.

5 Referenser

Blecken, G. T., Hunt, W. F., Al-Rubaei, A. M, och Viklander, M. (2017). Stormwater control measure (SCM) maintenance considerations to ensure designed functionality. *Urban Water Journal*. 14(3), 278–290.

Blecken, G. T. (2016). Kunskapssammanställning dagvattenrening. SVU rapport 2016-05. Svenskt Vatten AB, Bromma.

Camponelli, K. M., Lev, S. M., Snodgrass, J. W., Landa, E. R., och Casey, R. E. (2010). Chemical fractionation of Cu and Zn in stormwater, roadway dust and stormwater pond sediments. *Environmental Pollution*, 158(6), 2143–2149.

D’Arcy, B.J., och Sieker, H. (2015). Germany’s long-term support for SUDS development. *Water21*, Februari 2015 (17.1), 26–28.

Frost, P.C., Song, K., Buttle, J.M., Marsalek, J., McDonald, A., och Xenopoulos, M.A., (2014). What can the sediments of stormwater management ponds tell us? *Urban Ecosystems*, 18, 763–775.

Guo, Y., and Adams, B. J. (1994). Long term performance modelling of stormwater quality ponds. Current practices in modelling the management of stormwater impacts. Utgiven av W. James. Lewis Publishers, Boca Raton, kapitel 7, 99–119.

Hunt, W. F., och Lord, W. G (2006). Maintenance of stormwater wetlands and wet ponds. Fact Sheet AGW-588-07, North Carolina Cooperative Extension Service, Urban Water Ways Series.

Hunt, W. F., Greenway, M., Moore, T. C., Brown, R. A., Kennedy, S. G., Line, D. E., och Lord, W. G. (2011). Constructed storm-water wetland installation and maintenance: Are we getting it right? *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 137(8), 469–474.

Hvitved-Jacobsen, T., Johansen, N. B., och Yousef, Y. A. (1994). Treatment systems for urban and highway run-off in Denmark. *Science of the Total Environment*, 146, 499–506.

Istenič, D., Arias, C. A., Vollertsen, J., Nielsen, A. H., Wium-Andersen, T., Hvitved-Jacobsen, T., och Brix, H. (2012). Improved urban stormwater treatment and pollutant removal pathways in amended wet detention ponds. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 47(10), 1466–1477.

Karlsson, K., Viklander, M., Scholes, L., och Revitt, M. (2010). Heavy metal concentrations and toxicity in water and sediment from stormwater ponds and sedimentation tanks. *Journal of Hazardous Materials*, 178(1), 612–618.

Larm, T. (2000). Utformning och dimensionering av dagvattenreningsanläggningar. VA-Forsk rapport 2000-10. VAV AB, Stockholm. ISBN: 91-89182-47-2

- Marsalek, J., och Marsalek, P. M. (1997). Characteristics of sediments from a stormwater management pond. *Water Science and Technology*, 36(8), 117–122.
- Marsalek, J., Urbonas, B. och Lawrence, I. (2005) Stormwater Management Ponds. In: *Pond Treatment Technology*, kapitel 20, 432–459. Utgivare Andy Shilton. IWA Publishing, London, UK.
- Marsalek, J., Watt, W. E., Anderson, B. C., och Jaskot, C. (1997). Physical and chemical characteristics of sediments from a stormwater management pond. *Water Quality Research Journal of Canada*, 32(1), 89–100.
- Matthews, R.R., Watt, W.E., Marsalek, J., Crowder, A.A., och Anderson, B.C. (1997). Extending retention times in a stormwater pond with retrofitted baffles. *Water Quality Research Journal of Canada*, 32(1), 73–87.
- McNett, J. K., och Hunt, W. F. (2011). An evaluation of the toxicity of accumulated sediments in forebays of stormwater wetlands and wet ponds. *Water, Air, & Soil Pollution*, 218(1-4), 529–538.
- Naturvårdsverket (2000). Environmental quality criteria – lakes and watercourses. Report 5050, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Naturvårdsverket (2009). Riktvärden för förorenad mark – modellbeskrivning och vägledning. Rapport 5976, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Nix, S.J. (1985). Residence time in stormwater detention basins. *Journal of Environmental Engineering*, 111(1), 95–100.
- Persson, J., Somes, N. L. G., och Wong, T. H. F. (1999). Hydraulics efficiency of constructed wetlands and ponds. *Water Science and Technology*, 40(3), 291–300.
- Persson, J. (2000). The hydraulic performance of ponds of various layouts. *Urban Water*, 2(3), 243–250.
- Pettersson, T. J., German, J., och Svensson, G. (1999). Pollutant removal efficiency in two stormwater ponds in Sweden. In: *Proc. 8th International Conference on Urban Storm Drainage*, Vol. 2, 866-873, Sydney, Australia, 30 aug–3 sep, 1999.
- Putnam, G., Doll, B., och Winston, R. (2013). Stormwater Ponds: Improving Aesthetics, Value & Function. Fact Sheet, UNC-SG-13-06, North Carolina Sea Grant, Sustainability series.
- Sansalone, J. J., och Buchberger, S. G. (1997). Characterization of solid and metal element distributions in urban highway stormwater. *Water Science and Technology*, 36(8), 155–160.
- Schueler, T. R. (1987). Controlling urban runoff: A practical manual for planning and designing urban BMPs. Metropolitan Washington Council of Governments, publication no. 87703, Washington, DC, USA.

Shaw, J.K.E., Watt, W.E., Marsalek, J., Anderson, B.C., och Crowder, A.A. (1997). Flow pattern characterization in an urban stormwater detention pond and implications for water quality. *Water Quality Research Journal of Canada*, 32(1), 53–71.

Song, K., Xenopoulos, M.A., Buttle, J.M., Marsalek, J., Wagner, N., Pick, F.R., och Frost, P.C. (2013). Short-term thermal stratification patterns in urban ponds and their relationship with vertical nutrient gradients. *Journal of Environmental Management*, 127: 317–323.

Starzec, P., Lind, B. B., Lanngren, A., Lindgren, Å., och Svenson, T. (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.

US EPA. (1983). Results of the Nationwide Urban Runoff Program. Final report. Water Planning Division, United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

US EPA. (1999). Storm Water Technology Fact Sheet: Wet Detention Ponds. EPA 832-F-99-048. United States Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.

Viklander, M. (1998). Particle size distribution and metal content in street sediments. *Journal of Environmental Engineering*, 124(8), 761–766.

Yousef, Y. A., Hvitved-Jacobsen, T., Harper, H. H., and Lin, L. Y. (1990). Heavy metal accumulation and transport through detention ponds receiving highway runoff. *Science of the Total Environment*, 93, 433–440.



Box 14057 • 167 14 Bromma
Tfn 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se