

Evaluering av öppna dagvattensystem i Helsingborg vid kraftig nederbörd



Didrik Almqvist

Vattenförsörjnings- och Avloppsteknik
Institutionen för kemiteknik, LTH
Examensarbete 2015

Evaluering av öppna dagvattensystem i Helsingborg vid kraftig nederbörd

av

Didrik Almqvist

Examensarbete nummer: 2015-1

Vattenförsörjnings-och avloppsteknik
Institutionen för kemiteknik
Lunds universitet

Januari 2015

Handledare: **Professor Jes la Cour Jansen**

Examinator: **Docent Karin Jönsson**

Bild på framsida: Raus Vångs dagvattendamm. Foto taget av Didrik Almqvist

Postadress
P.O. Box 124
221 00 Lund, Sweden
Webadress
www.vateknik.lth.se

Besöksadress
Getingevägen 60

Telefon
046-222 82 85
046-222 00 00
Fax
046-222 45 26

Förord

Det här examensarbetet är det sista arbetet jag lämnar in under min tid på Lunds Tekniska Högskola. Jag vill tacka folket på NSVA för att de lät mig genomföra det här arbetet och jag vill rikta ett speciellt tack till Maria Karlsson Green för att hon har funnits där för att svara på frågor, kommit med idéer och tillhandahållit material som varit nödvändiga för att genomföra arbetet.

Ett stort tack till alla lärare och kurskamrater på LTH för er hjälp under min tid på skolan. De som jag speciellt vill rikta mig till här är handledaren för mitt examensarbete, Professor Jes la Cour Jansen och Karin Jönsson som har hjälpt mig inte bara under mitt examensarbete, utan under hela min specialisering inom vatten-och resurshantering. Jag vill också uttrycka min tacksamhet till Salar Haghighatafshar som har hjälpt mig att hitta relevant material och artiklar att använda under arbetet.

Slutligen vill jag rikta ett stort tack till alla runt om mig som har hjälpt mig under examensarbetet, men även under resten av min skolgång och i mitt privata liv. Till min familj, Sven, Kristina, Martin och Timo, tack så jättemycket för att ni har stöttat mig när jag har varit överbelastad. Till Catia, som har funnits där och lugnat ner mig otaliga gånger när jag blivit för stressad. Till Patrik Norgren som alltid ger en hjälpende hand när det behövs. Till Hallandspexet och till alla mina vänner, tack för allting ni har gjort och fortsätter göra. Det är svårt att med ord beskriva hur glad jag är att jag har er allihop.

Didrik Almqvist

Lund, December 2014

Abstract

The rain data investigated shows that none of the rains registered at Bendzgatan, Halalid and Sofieberg during 2007-2012 or at Gåsebäcksvägen during 1991-2008 had potential to flood the storm water retention basin in Rydebäck. The retention basin located in Raus Vång is likely to have been flooded several times during the same period, but due to the topography of the surrounding area, the buildings and roads in the area should not have been affected by the floodings. Regnbågsdammen, which is located in Barnens Skog, also seems to have been flooded multiple times during the period of 1991-2008, but the number of floodings during this period does not exceed the number of floodings which are to be expected during this interval, considering the design criteria of the retention basin.

The result of the evaluation is that none of the three retention basins require further adjustments.

Keywords: Rydebäck, Raus Vång, Barnens Skog, Helsingborg, dagvattendamm, Dahlström, Hernebring, översvämning

Summary

As the global exploitation increases, the amount of impervious surfaces in our societies increases with it. A direct result of this is that the amount of storm water which will be required to be stored and treated will increase, which will result in an increased load on the preexisting storm water systems. The purpose of this thesis is to evaluate how often flooding of three retention basins in Helsingborg, located in Rydebäck, Raus Vång and Barnens skog can be expected to occur. To carry out the evaluation, data from rain gauges have been used to estimate the amount of precipitation in three areas in Helsingborg during the period 2002-2008 and in one area in Helsingborg during the period 1991-2012. Aerial photographs and measuring tools from Eniro.se have been used to estimate the characteristics of the runoff areas, in order to calculate the runoff to each retention basin. Information regarding the design of the retention basins has been provided by NSVA.

The MIT-method have been used to identify and determine what qualifies as a rain with a short break, and what qualifies as two separate rains, separated by a dry interval. In the evaluation it is defined that a dry period with a duration of less than 8 hours is considered a break in a rain, while a dry period of 8 hours or more is a dry interval between 2 separate rain occurrences.

According to the data registered by the rain gauges, floodings of the retention basins are likely to have occurred on several occasions. The retention basin located in Rydebäck is designed to be able to manage the storm water of a 50-year-rain and should not have been flooded by any of the rains which were registered during the period of 1991-2012. The runoff-area for the retention basin in Raus Vång hard to define, due to a lack of sufficient information regarding the properties of the near-by area and therefore, 2 different scenarios have been investigated. In the two scenarios, the smallest and the largest runoff-areas which are likely to belong to the basin are described. By manually investigating the surroundings of the basin, a runoff-area to the basin have been estimated which should be similar to the real circumstances. The results of the evaluation of Raus Vångs retention basin show that it is likely to have been flooded on several occasions during the period for which rain data is available, due to several rains which had an unexpectedly high intensity and are therefore not representative for the area. Regnbågsdammen in Barnens Skog, which is designed to manage the storm water from a 2-year-rain, has been expanded due to constructions in the near-by areas and is likely to have been flooded on 8 separate occasions between 1991-2012. This does not, however, exceed the number of floodings which are to be expected during this interval, considering the design of the retention basin.

The result of the evaluation is that none of the three retention basins require further adjustments.

Sammanfattning

I takt med att den globala exploateringen fortsätter så ökar även mängden hårdgjorda ytor i våra samhällen. Ett resultat av detta är att mängden dagvatten som måste omhändertas blir större, vilket medför en ökad belastning på de sedan tidigare befintliga dagvattensystemen. Utöver att fördröja dagvattnets avrinning i samhället så har dagvattendammar även som syfte att rena vattnet från miljöfarliga ämnen som kan komma att infiltrera vattnet i atmosfären eller under dess avrinning.

Hur mycket dagvatten som en damm designas för att kunna omhänderta beror på dammens syfte, omgivningarna och de lokala klimatförhållandena och dammarnas utformning varierar därmed från område till område. Syftet med det här arbetet är att evaluera om utformningen på dagvattendammarna i Rydebäck, Raus Vång och Barnens skog i Helsingborg är korrekt utformade i förhållande till de nederbördsförhållanden som finns i Helsingborg och de regn som dammarna är utformade för. Som hjälpmedel användes data från regnmätare som finns placerade vid Halalid, Bendzgatan, Sofieberg och Gåsebäcksvägen i Helsingborg, flygfoton från Eniro.se, bilder från Google maps funktion ”gatuvy”, samt information om dammarnas utformning som tillhandahållits av NSVA.

För att definiera vad som räknas som två skilda regn och vad som räknas som ett regn med ett uppehåll användes MIT-metoden. I evalueringen görs definitionen att en torr period som varar i mindre än 8 timmar mellan två nederbördstillfällen betraktas som ett uppehåll under ett och samma regn. Om uppehållet istället varar i minst 8 timmar betraktas nederbördstillfällena före och efter den torra perioden som två skilda regn.

Enligt de regnmängder som registrerats av regnmätarna bör översvämningar av dammarna ha skett under ett flertal tillfällen. Dammen som ligger belägen i Rydebäck är designad för ett 50-årsregn och bör inte ha översvämmats av något av de regn som registrerades under perioden 1991-2012. Det exakta avrinningsområdet för dagvattendammen i Raus Vång är svårdefinierat, på grund av bristande information rörande den omgivande naturens utformning. Därför har 2 scenarion ställts upp, som beskriver det minsta, respektive största tänkbara avrinningsområdet till dammen. Genom att manuellt undersöka de omkringliggande områdena på plats har dock ett närliggande avrinningsområde uppskattats, som bör ligga nära de verkliga förhållandena. Resultatet av undersökningen av Raus Vångs dagvattendamm är att den troligtvis har översvämmats ett flertal gånger under perioden för vilken regndata finns, men regnen som orsakade översvämningarna hade oväntat höga intensiteter och ses därför inte som representativa för området. Regnbågsdammen i Barnens skog, som är designad för ett 2-års-regn, har byggts ut på grund av byggnationer i närområdet och har sannolikt översvämmats 8 gånger under samma tidsintervall. Detta överskrider dock inte antalet regn som kan förväntas översvämma dammen på grund av dess utformning.

I samtliga fall är resultatet av evalueringen dock att ingen av dammarna är i behov av ytterligare åtgärder för att öka dagvattenkapaciteten.

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	1
1.1	Syfte.....	1
1.2	Frågeställningar	1
1.3	Avgränsningar	2
1.4	Metodik.....	2
2	Introduktion	3
2.1	Bestämmelser för utformning av dagvattendammar	5
2.2	Nederbörd	5
2.2.2	MIT-metoden.....	7
2.2.3	Beräkning av dagvattenmängd	9
2.2.4	Dagvattnets rinntid och avrinningshastighet	10
2.3	Metoder för beräkning av dagvattenavrinning	11
2.3.1	Rationella metoden	11
2.3.2	Tid-area metoden	11
2.4	Dagvattendammar.....	13
3	Helsingborgs dagvattendammar	15
3.1	Helsingborgs regndata	15
3.1.1	Tidigare regnstatistik	16
3.1.2	Uppskattning av skillnader mellan regnförhållanden i de olika områdena	18
3.2	Rydebäcks dagvattendamm	19
3.2.1	Evaluering av Rydebäcks dagvattendamm.....	22
3.2.2	Hur ofta kan översvämningar förväntas ske?	25
3.3	Raus Vångs dagvattendamm	27
3.3.1	Scenario 1	29
3.3.2	Scenario 2	31
3.3.3	Scenario 3	37
3.4	Vasatorps trädgård - Barnens skog.....	40
4	Diskussion	49
5	Slutsatser.....	53
6	Fortsatt arbete	55
7	Källförteckning.....	57
8	Appendix	61
	Appendix I.....	61
	Appendix II.....	64
	Appendix III	66
	Appendix IV	67

Appendix V 70

1 Bakgrund

I takt med att den globala exploateringen ökar så ökar dessutom mängden hårdgjorda ytor i våra städer. Ett direkt resultat från detta är att mängden dagvatten som måste omhändertas i våra samhällen blir högre, vilket ger en högre belastning på de idag befintliga dagvattensystemen. Med dagvatten menas vatten som på grund av nederbörd eller annan aktivitet tillfälligt rinner på marken. Trafikverket har följande definition av dagvatten:

”Med dagvatten avses tillfälliga flöden av nederbördsvatten d.v.s. regnvatten eller smältvatten som inte tränger ner i marken, utan avrinner på markytan” (Vägverket, 2008)

Det finns flera metoder för att omhänderta dagvatten. Till de vanligare metoderna hör att låta vattnet infiltrera marken och därmed bli grundvatten eller att leda vattnet direkt till recipienten. Den avrinnande vattenmängden kan om önskat även minskas genom exempelvis användning av gröna tak eller permeabel asfalt (Aalto, 2013).

Beroende på var avrinningen sker kan vattnet innehålla föroreningar så som oljor, tungmetaller, salter, etc. Detta beror på att föroreningarna ligger på marken, som följd av bland annat trafik och att föroreningar i luften tas upp av fallande regn. För att förhindra att föroreningarna leds ut i recipienten och därmed naturen har man på senare år börjat samla ihop och rena vattnet, bland annat genom användning av dagvattendammar (Karlsson *et al.*, 2012). I Helsingborg stad finns idag ett flertal dagvattendammar vars syfte är att fördröja och rena dagvattnet. Utformningen av dammarna har gjorts genom beräkningar som tar hänsyn till standardregn med olika återkomsttider. Beläggning och storlek på ytan där nederbörden faller spelar också roll för utformningen av dammarna, då dessa faktorer till stor del påverkar vilken vattenmängd som kan antas infiltrera marken och vilken vattenmängd som kommer rinna av till dammarna.

1.1 Syfte

Syftet med det här examensarbetet är att granska och evaluera ett antal dagvattendammar i Helsingborg och se hur hanteringen av dagvattnet fungerar vid kraftig nederbörd. Dammar med olika utformningar kommer att evalueras och metoder för hur evalueringarna bör genomföras kommer att diskuteras. Om en damm verkar vara utformad på ett sådant sätt att den översvämmas oftare än vad den är utformad för skall även åtgärder för detta diskuteras.

1.2 Frågeställningar

De frågor som kommer tas upp och besvaras under arbetet är:

- Vilka regn är dagvattendammarna i Helsingborg utformade för?
- Hur ofta kan dagvattendammarna förväntas bli översvämmade?
- Vilka eventuella justeringar kan göras för att förbättra dagvattendammarna?

1.3 Avgränsningar

Dagvattendammar kan installeras av många olika anledningar. Förutom att begränsa mängden dagvatten som rinner i våra samhällen används de även för att rena vattnet från miljöfarliga ämnen. I det här arbetet undersöks enbart huruvida dammarna omhändertar vattnet utan att översvämmas. Vilken renande effekt på dagvattenet som dammarna har kommer inte att undersökas. Under evalueringen av dammarna används enbart regndata från regnmätare placerade vid Bendzgatan, Halalid och Sofieberg under perioden 2007-2012 och vid Gåsebäcksvägen under perioden 1991-2008. Hur resultatet av evalueringen påverkas av avrinningskoefficientens förändring under ett kraftigt regn undersöks inte under arbetet. Dagvattenflöden som diskuterats i det här arbetet är enbart dagvatten som är ett direkt resultat av regn. Hänsyn har inte tagits till dagvatten som resultat av snösmältning.

1.4 Metodik

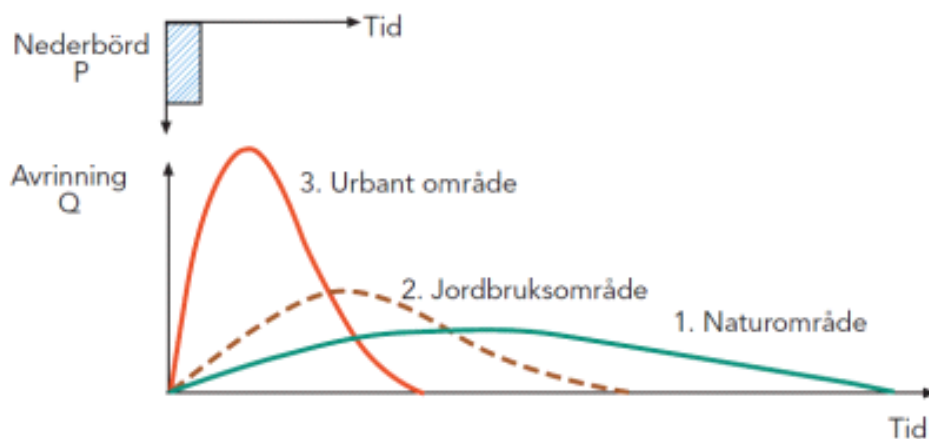
Det här examensarbetet utförs med hjälp av kursböcker och artiklar för att bland annat beskriva funktionen hos dagvattendammar, definiera vad som räknas som ett regntillfälle och beräkna avrinningskoefficienter för de olika avrinningsområdena. För att undersöka om dagvattendammarna fungerar för det syfte som de är designade för, att fördröja och rena dagvattnet i Helsingborg, används ritningar över dammarna och regndata som tillhandahållits från NSVA (Nordvästra Skånes Vatten och Avlopp) för områdena Bendzgatan, Halalid, Sofieberg och Gåsebäcksvägen. Regnatan beskriver regnmängden, varaktigheten och intensiteten för varje regn för Bendzgatan, Halalid och Sofieberg under perioden 2007-2012 och för Gåsebäcksvägen under perioden 1991-2008.

För att undersöka avrinningsområdena för diverse dammar har information om områdena tillhandahållits av NSVA. Då fullständig information om områdena har funnits har denna använts. Då informationen har varit bristfällig eller inte funnits har metoden manuell kartering använts för att uppskatta vilka egenskaper avrinningsområdet har.

2 Introduktion

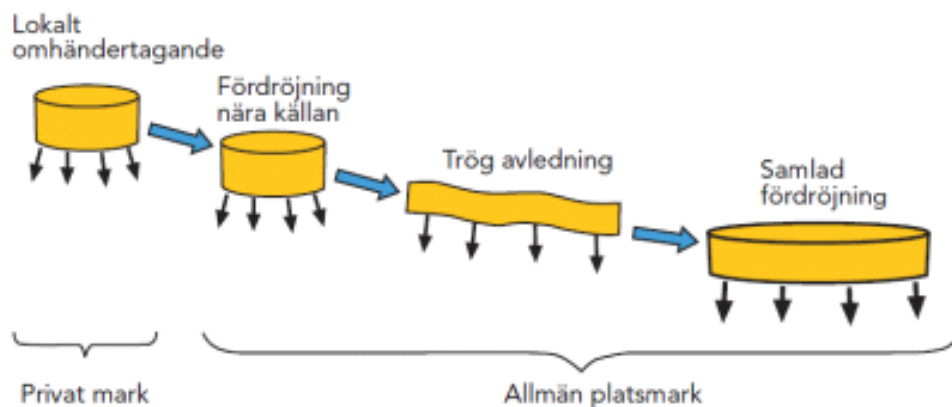
Med dagvatten avses vatten som tillfälligt rinner på markytan, framför allt som följd av regn eller annan nederbörd. Var vattnet tar vägen beror dels på hur mycket dagvatten som finns och dels vilket material som markytan består av. Om markytan är täckt av gräs så infiltrerar dagvattnet marken och bildar grundvatten såvida vattenmängderna inte är så stora att marken blir mättad, vilket då leder till att vattnet samlas på ytan och bildar vattenpölar. Hur snabbt vattnet kan infiltrera marken och vilka mängder som har möjlighet att infiltrera beror på vilken nivåskillnad som finns mellan grundvattnet och dagvattnet, samt jordlagrens genomsläpplighet (Lidström, 2010). Om marken däremot är täckt av ett ogenomträngligt material, såsom asfalt, så hindrar detta vattnet från att infiltrera marken och vattnet måste därför ledas bort. Detta görs med hjälp av brunnar som är kopplade till en dagvattenledning, i vilken vattnet kan transporteras. Om dagvattnet inte leds bort på ett tillfredsställande sätt kan detta leda till vattenpölar, hala fläckar under de kallare säsongerna, samt fuktskador på byggnader eller deras grunder (Dagvattenguiden, u.å.)

Tiden för avrinning, samt intensiteten hos flödet av dagvatten beror på vilket material markytan består av. Då liten eller ingen infiltration in i marken äger rum på betong- eller asfaltsytor så når dagvattnet ett högre flöde än samma vattenmängd skulle göra på en grönjord yta. Även vattnets avrinningshastighet är högre på hårdgjorda ytor. I takt med att den globala urbaniseringen ökar så ökar därför även den samlade mängden dagvatten som måste tas om hand (Stahre, 2004). Hur avrinningen kan skilja sig för ett givet regn före och efter urbanisering illustreras i figur 2-1.



Figur 2-1. Beskrivning av avrinning före och efter urbanisering, med tillstånd (Svenskt Vatten P110, 2014)

Beroende på var i avrinningsområdet man väljer att sätta in åtgärder för att begränsa dagvattenmängden så finns det 4 olika kategorier av dagvattenlösningar, som illustreras i figur 2-2.



Figur 2-2. Principiell beskrivning av dagvattenlösningar, med tillstånd (Svenskt Vatten P110, 2014)

- *Lokalt omhändertagande (LOD)*: Lokalt omhändertagande av dagvatten beskrivs av Stahre (2004) som ”Lokalt omhändertagande av dagvatten används som samlade benämning på olika åtgärder för att minska eller fördröja dagvattenavrinningen från privat mark innan vattnet tillförs det allmänna dagvattensystemet”. Fördelen med LOD är att belastningen på det allmänna dagvattensystemet är mindre än om detta skulle behöva hantera allt dagvatten. Exempel på lokalt omhändertagande av dagvatten är gröna tak, uppsamling och återanvändning och infiltration på gräsytor (Länsstyrelsen, 2009).
- *Fördröjning nära källan*: ”Fördröjning av dagvatten nära källan innefattar olika anläggningar för att minska eller fördröja avrinningen av dagvatten i de övre delarna av det allmänna dagvattensystemet” (Stahre, 2004). Vid fördröjning nära källan sker dagvattenhanteringen på allmän platsmark och det är därför en kommunal angelägenhet (Stahre, 2004). Som namnet antyder så innebär systemet att dagvattnet hanteras i ett tidigt skede. Detta kan ske genom genomsläppliga beläggningar, infiltration på gräsytor eller med hjälp av dagvattendammar (Länsstyrelsen, 2009).
- *Trög avledning*: ”Trög avledning av dagvatten innefattar olika avledningssystem på allmän platsmark för långsam transport av dagvatten från de övre delarna av avrinningsområdet” (Stahre, 2004). Inom ett trögt avledningssystem transporteras dagvattnet långsamt iväg, ofta med hjälp av befintliga diken, bäckar och kanaler i området. Även denna process sker på allmän platsmark och ansvaret tillfaller därmed den kommun som har hand om området (Länsstyrelsen, 2009).
- *Samlad fördröjning*: ”Samlad fördröjning av dagvatten innefattar anläggningar för att minska eller fördröja avrinningen från större upptagningsområden (Stahre, 2004). Dagvattnet samlas i de nedre delarna av avrinningsområdet och dess avrinning fördröjs med hjälp av dammar, våtmarksområden eller sjöar (Länsstyrelsen, 2009).

Vilken av metoderna som bör användas i ett område beror bland annat på hur mycket plats som kan användas av dagvattenlösningen och vilken vattenmängd som förväntas förekomma. Utöver att fördröja dagvattnet så används systemen som beskrivs ovan dessutom för att tillåtna vattnet att infiltrera jorden för att på så sätt minska mängden dagvatten. En fördel med detta är att vattnet ofta innehåller föroreningar, såsom tungmetaller, kväve och fosfor, som urskiljs då vattnet infiltrerar jorden. När vatten som innehåller föroreningar samlas och fördröjs i dammen sker rening genom infiltration i jorden, sedimentering av partiklar och slam, samt kan tungmetaller separeras från vattnet av växter (Lidström, 2010).

2.1 Bestämmelser för utformning av dagvattendammar

Det finns inte någon definierad precis utformning av hur en dagvattendamm idag ska se ut, eftersom mängden dagvatten som måste omhändertas varierar från område till område. Mängden dagvatten – och därmed även den nödvändiga utformningen av en dagvattendamm, beror på ett flertal olika faktorer (Lidström, 2010):

- **Nederbörd:** Då man talar om nederbörd bör både regnens intensitet och varaktighet beskrivas. Med intensitet menas hur mycket regn per tidsenhet som faller, vanligtvis i enheten mm/h. Med benämningen varaktighet menas hur länge regnet varar, vanligtvis angivet i timmar eller minuter.
- **Avrinningsyta:** Med avrinningsyta menas landytan från vilken dagvattnet rinner av till områdets uppsamlingsområde.
- **Markbeläggning:** Vilken typ av yta som täcker marken spelar en stor roll i frågan om hur mycket dagvatten som behöver omhändertas. Om marken är täckt av impermeabel asfalt kommer praktiskt taget all nederbörd behöva ledas bort, då det inte finns någon möjlighet för dagvattnet att infiltrera marken och därmed bilda grundvatten eller tas upp av plantor och växter i området. Därför kan en uppskattning av hur stor andel av nederbörden i ett område som kommer behöva ledas bort göras genom en undersökning av mängden vägar, grönområden och bebyggelser i det aktuella området.

2.2 Nederbörd

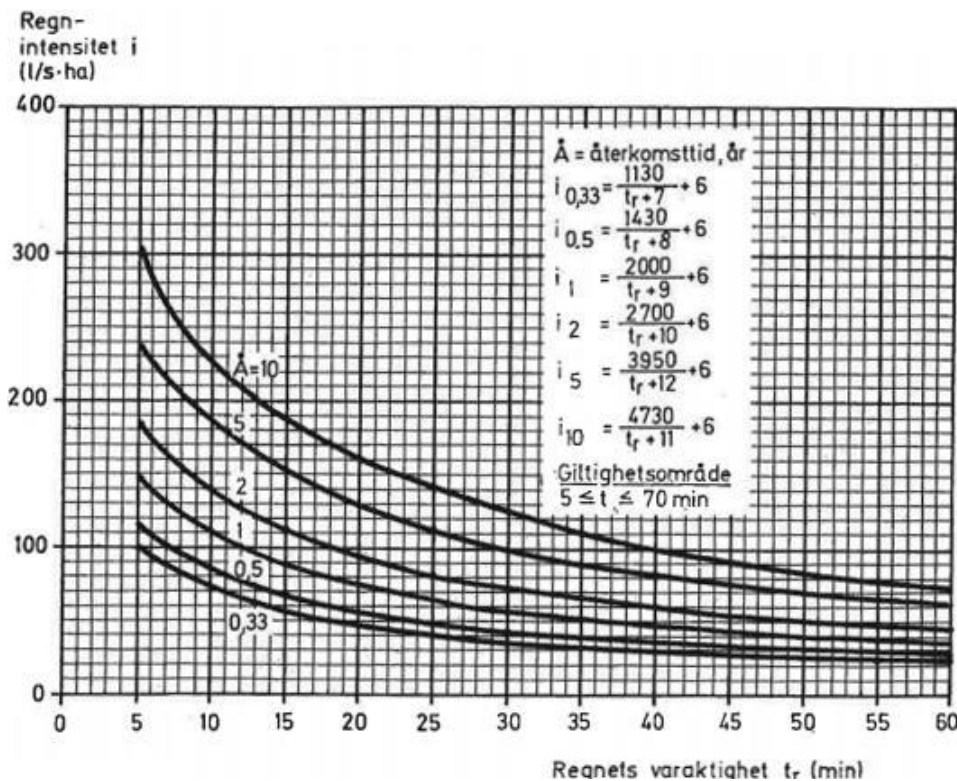
Mängden dagvatten i ett område är direkt anknutet till den mängd nederbörd som förekommer i området. För att uppskatta vattenmängden som kommer som följd av ett regn används vanligtvis en regnmätare. Dessa kan vara av standardtyp, d.v.s. de fylls upp under regnet och kan sedan avläsas när nederbörden upphört, eller så kan en självtömmande regnmätare användas. Fördelen med att använda en självtömmande regnmätare är att den självtöms när den fyllts och klockslaget för varje tömning registreras i en dator. På så sätt kan man få en uppfattning inte bara av regnets intensitet och varaktighet, utan man kan även se hur intensiteten varierar under regnets gång (Lidström, 2010).

För att utforma ett system som effektivt omhändertar dagvatten behövs dock ofta undersökningar av nederbörden göras under ett brett tidsspektrum och det kan därför vara svårt att uppskatta vilken dagvattenmängd som kan förväntas förekomma genom att mäta mängden regn under ett fåtal år. På grund av att stora lokala variationer i ökande eller

minskande intensitet och varaktighet kan förekomma bör man använda regndata från så många år som möjligt för att få en bild av vilken mängd dagvatten som kan behöva komma att omhändertas. För de flesta orter i Sverige finns normaldata tillgängligt att undersöka hos SMHI under perioden 1960-1990 (SMHI 1, 2014).

Ett samband har kunnat påvisas mellan ett regns varaktighet och dess intensitet. Under kartläggandet av olika regn har man konstaterat att det som regel ligger till så att ju högre intensitet ett regn har, desto mindre blir dess varaktighet. Omvänt gäller att ju längre ett regn varar, desto mindre regn faller varje minut. Dessutom har man observerat att ett regns återkomsttid är anknuten till dess intensitet, d.v.s. att ett regn med hög intensitet har en längre återkomsttid än ett regn med låg intensitet (Lidström, 2010).

Sambandet mellan ett regns intensitet och dess varaktighet kan illustreras med en IDF-kurva (Intensity, Duration, Frequency – Intensitet, Varaktighet, Frekvens). På grund av variationer i meteorologi används olika IDF-kurvor beroende på i vilken del av landet man är intresserad av att undersöka nederbörden. Ett exempel är IDF-kurva för Göteborg som presenteras i figur 2-3.



Figur 2-3. Exempel på en IDF-kurva, publicerad med tillstånd från Hans Bäckman (Svenskt Vatten P90, 2004)

Formler har tagits fram för att beskriva en IDF-kurva. Dahlström publicerade 2010 ett korrektur av en tidigare publicerad formel som används för att beräkna medelvärdet för ett svenskt regns intensitet. Formeln bör enbart användas för regn med en varaktighet upp till ett dygn (Lidström, 2010). Detta beror på att de regn som användes för att utveckla formeln låg inom detta intervall (Dahlström, 2010).

$$i = 190 * \sqrt[3]{\bar{A}} * \frac{\ln(T_R)}{T_R^{0,98}} + 2 \tag{1}$$

där

i = Regnets intensitet [l/s, ha]

Δ = Återkomsttid [månader]

T_R = Varaktighet [minuter]

För att beskriva vilken intensitet och varaktighet ett regn har måste man först definiera vad ett regn är, d.v.s. var sätter man gränsen för vad som räknas som två regn och vad som räknas som ett regn som har ett uppehåll? Det finns flera olika artiklar som diskuterar hur man definierar ett regn och vilken av flera olika metoder som är mest passande.

I artikeln ”A point based Eulerian definition of rain event based on statistical properties of inter drop time intervals: An application of Chibolton data” beskriver Ignaccolo och Michele (2010) de två metoderna “The Minimum Inter event Time” (MIT) och Adjacent wet intervals (AWI). Dessa är metoder som med fokus på olika faktorer båda kan användas för att definiera vad som räknas som ett regn.

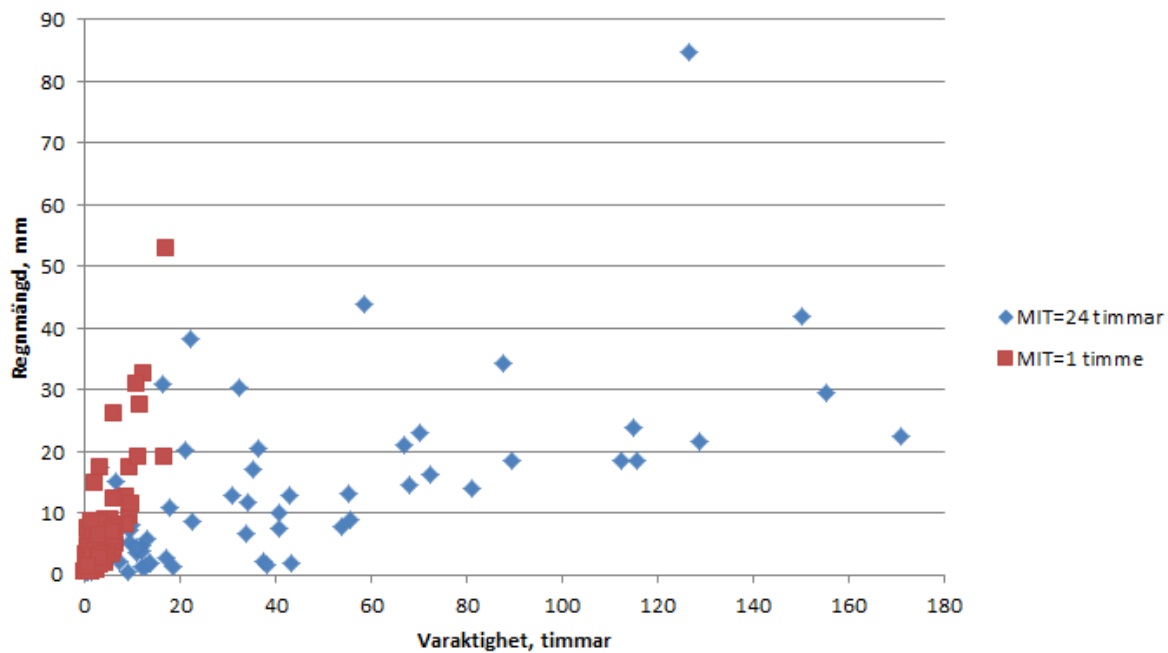
2.2.1 AWI-metoden

I AWI-metoden beskrivs ett regn som “en sekvens våta tidsintervall (tidsintervall då nederbörd förekommer) med varaktigheten Δ ”. När varaktigheten som krävs för att definiera ett regn har fastställts så klassificeras ett nederbördstillfälle enbart som ett regn om det har en varaktighet på minst Δ timmar. Om Δ bestämdes som 2 timmar skulle till exempel ett nederbördstillfälle med varaktigheten 1 timme inte betraktas som ett regn. Alla nederbördstillfällen med en varaktighet på minst 2 timmar skulle däremot räknas som regntillfällen enligt AWI-metoden.

2.2.2 MIT-metoden

Det som skiljer MIT-metoden från AWI-metoden är att vad som definierar ett regn är uppehållstiden under regnet, snarare än regnets varaktighet. Här definieras ett regn som ”tidsintervallet mellan två torra perioder som är lika långa, eller längre än en specifik tid: MIT”. Tiden som behöver passera mellan 2 nederbördstillfällen för att dessa ska räknas och behandlas som två olika regntillfällen ligger i intervallet 15 minuter – 24 timmar och kan bestämmas för varje individuell undersökning (Ignaccolo, Michele, 2010). Tider som tidigare har diskuterats vara passande att använda som MIT varierar beroende på vilka kriterier som är önskvärda. Lloyd (1990) hävdar att 3 timmar är ett tillräckligt långt tidsintervall för att trädtopparna i ett område ska hinna torka. Aryal et al. (2007) visade att 8 timmar var en tillräcklig lång tid för att vattnet som samlats i gropar, sänkor och andra ojämnheter hinner försvinna, vilket innebär att dessa områden återfått sina lagringsförmågor. Bracken et al. (2008) hävdade att 12 timmar kan vara ett användbart tidsintervall, eftersom jorden och markytan i området efter den här tiden återigen kan betraktas som helt torr (Ignaccolo, Michele, 2010).

Beroende på vilken tid som man antar vara ett passande värde på MIT kommer olika resultat av regnmätningarna att erhållas. Om man till exempel antar att MIT=24 timmar så kommer denna tidsram behöva förekomma mellan två nederbördstillfällen för att dessa ska betraktas som två skilda regn. Om man jämför detta med ett fall då MIT=1 timme så kommer antalet registrerade regn under samma tidsintervall att vara betydligt lägre. Detta betyder att den genomsnittliga intensiteten hos regnen kommer att vara högre då värdet MIT=1 timme används, jämfört med då MIT=24 timmar används. Ett exempel på detta illustreras i figur 2-4.

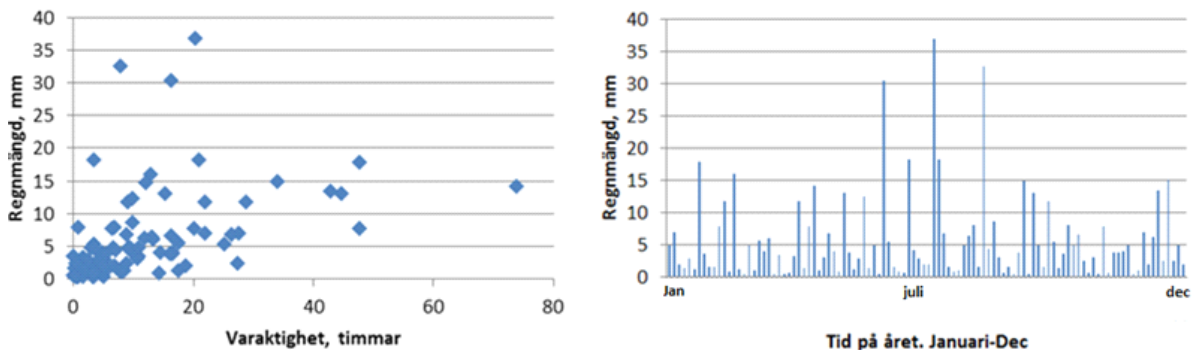


Figur 2-4. Beskrivning av nederbördsförhållanden i Sofieberg 2007, då MIT=1, respektive 24 timmar

Den ovanstående figuren gäller för nederbörden i Sofieberg år 2007 och har MIT= 1, respektive 24 timmar. Då värdet på MIT var bestämt till 1 timme så var den största mängden nederbörd för ett regn 52,8 mm, vilket kan jämföras med de 84,6 mm som föll under ett och samma regn då MIT istället var bestämt till 24 timmar. Man kan även notera en påfallande skillnad i den maximala varaktigheten som ett regn hade, då denna var 16,8, respektive 170,7 timmar. Slutligen bör även skillnaden i antal regn för de båda fallen noteras, då det finns 256 registrerade regn i punktdiagrammet för när MIT var bestämt till 1 timme, och 68 regn då MIT istället var bestämt till 24 timmar.

Eftersom allt regn i ett område till viss del kommer att påverka dagvattenavrinningen och därmed också mängden tillrinnande vatten till dagvattendammarna i Helsingborg så valdes MIT-metoden för att analysera Helsingborgs regndata och evaluera dagvattendammarnas funktion. En MIT på 8 timmar valdes eftersom detta innebär att sänkor och ojämnheter som kan lagra dagvatten återigen är tomma efter det senast inträffade regnet (Ignaccolo, Michele, 2010).

För att beskriva hur gångna regns varaktighet och regnmängd ser ut kan punktdiagram användas. Om man istället är intresserad av att se hur regnmängderna varierar under årets gång så kan stapeldiagram användas. Genom användande av båda kan mycket information om nederbördsförhållandena under det givna året erhållas. Exempel finns nedan i figur 2-5.



Figur 2-5. Exempel på hur de årliga variationerna för nederbörden i ett område kan beskrivas

Man kan tydligt se i ovanstående figur att det år 2007 regnade som mest i Halalid under mitten av året. Nederbörden var något lägre under början av året jämfört med sommaren och som minst mellan höst och vinter. Från punktdiagrammet kan man även se att de flesta regn som förekom hade en varaktighet på under ett dygn med en regnmängd under 10 mm. Dock förekom det extremvärden, bland annat ett regn som varade nästan 74 timmar, men med en låg intensitet och ett regn där nästan 37 mm regn föll på 20 timmar, vilket kan beskrivas som ett regn med en hög intensitet.

2.2.3 Beräkning av dagvattenmängd

Hur avrinningsområdets egenskaper ser ut spelar en stor roll när det kommer till hur stor avrinningen efter ett regn eller snösmältning blir. Faktorer som påverkar avrinningen är avdunstning, infiltration och topografi. Hur stor del av dagvattnet som kommer rinna av beräknas med hjälp av faktorn avrinningskoefficienten, φ , som har ett värde mellan 0 och 1. Om avrinningskoefficienten för ett visst område är 1 innebär detta att allt dagvatten i området kommer att rinna av. Om avrinningskoefficienten däremot är 0 så kommer inget vatten att rinna av. Detta beror på att vattnet då istället infiltrerar marken, avdunstar, tas upp av växter eller fastnar i ojämnheter i marken. Avrinningskoefficienten för ett område beror på hur bebyggelsen och markbeläggningen i området ser ut (Fridolf, 2014).

Eftersom det i det svenska klimatet förekommer relativt lite avdunstning under den relativt korta tid som dagvattnet rinner av så är det framför allt markbeläggningen och markens lutning i området och regnets intensitet och varaktighet som påverkar mängden avrinnande dagvatten. Om ett område består av flera olika delområden så beräknas det totala områdets som ett medelvärde av de olika delområdena. Man tar då hänsyn till avrinningskoefficienten och storleken på varje delområde enligt (Lidström, 2010):

$$\varphi_{\text{område}} = \frac{A_1 \cdot \varphi_1 + A_2 \cdot \varphi_2 \dots + A_n \cdot \varphi_n}{A_1 + A_2 \dots + A_n} \quad (2)$$

där

$\varphi_{\text{område}}$ = Den uppskattade avrinningskoefficienten för hela området [-]

A_n = Arean hos delområde n [m^2]

φ_n = Avrinningskoefficienten för delområde n [-]

För att uppskatta avrinningskoefficienten för ett heterogent område är det därför viktigt att känna till arean av alla delområden, men också vilken avrinningskoefficient som varje delområde kan tänkas ha. I tabell 2-1 nedan redovisas typiska avrinningskoefficienter för olika typer av marktyper.

Tabell 2-1. Avrinningskoefficienter för diverse marktyper, publiceras med tillstånd från Hans Bäckman (tagen från Svenskt Vatten P90, 2004)

Typ av yta	Avrinningskoefficient
Tak	0,9
Betong- och asfaltyta, berg i dagen i stark lutning	0,8
Stensatt yta med grusfogar	0,7
Grusväg, starkt lutande bergigt parkområde utan nämnvärd vegetation	0,4
Berg i dagen i inte alltför stark lutning	0,3
Grusplan och grusad gång, obebyggd kvartersmark	0,2
Park med rik vegetation samt kuperad bergig skogsmark	0,1
Odlad mark, gräsyta, ängsmark, m.m.	0-0,1
Flack tätbevuxen skogsmark	0-0,1

I tabell 2-2 redovisas dessutom avrinningskoefficienten för diverse typer av bebyggelse. Med de värden som presenteras i tabellen kan man se vilket ungefärligt värde som avrinningskoefficienten kan antas ha för en viss bebyggelsetyp (Lidström, 2010).

Tabell 2-2. Avrinningskoefficienter för olika typer av bebyggelser, publiceras med tillstånd från Hans Bäckman (tagen från Svenskt Vatten P90, 2004)

Bebyggelsetyp	Avrinningskoefficient	
	Flackt	Kuperat
Slutet byggnadssätt, ingen vegetation	0,7	0,9
Slutet byggnadssätt med planterade gårdar, industri- och skolområden	0,5	0,7
Öppet byggnadssätt (flerfamiljshus)	0,4	0,6
Radhus, kedjehus	0,4	0,6
Villor, tomter < 1000 m ²	0,25	0,35
Villor, tomter > 1000 m ²	0,15	0,25

2.2.4 Dagvattnets rinntid och avrinningshastighet

Då man talar om dagvattnets rinntid menas ”den tid det tar för en vattenpartikel att rinna från en viss punkt i avrinningsområdet till den punkt där flödet skall mätas” (Lidström, 2010). Beroende på hur vattnet transporteras, d.v.s. om det rinner av direkt på marken, i ledningar eller i brunnar, så rinner vattnet med olika hastigheter och rinntiden förändras därför. Exempel på vattnets hastigheter för olika avledningssystem redovisas i tabell 2-3.

Tabell 2-3. Avrinningshastigheter för olika ledningstyper, med tillstånd från Hans Bäckman (Svenskt Vatten P90, 2004)

Typ av avledning	Hastighet (m/s)
Ledning i allmänhet	1,5
Tunnel och större ledning	1,0
Dike och rännsten	0,5
Mark	0,1

Om det förekommer variationer i bebyggelsen, lutning av marken eller transportsätt av vattnet så kan det vara komplicerat att uppskatta dagvattnets avrinningstid. Formeln som kan användas för att räkna ut dagvattnets rinntid med hänsyn till hur de sammansatta områdena ser ut (Lidström, 2010):

$$t_c = 0,043 * \frac{(L_{h80})^{0,75}}{(i^{0,32} * S_h^{0,35} * A_{del}^{0,05})} \quad (3)$$

där

t_c = Vattnets rinntid [min]

L_{h80} = Längden på huvudledningen från samlingspunkten till den högst uppströms belägna brunnen, plus 80 m [m]

S_h = Medellutningen på huvudledningen [-]

A_{del} = Areal på den avrinningsyta där avrinning sker [ha]

i = Regnintensitet [l/s, ha]

2.3 Metoder för beräkning av dagvattenavrinning

En uppskattning av mängden dagvatten är essentiellt för att korrekt kunna dimensionera ledningar och system för hantering och samling av dagvatten. Lidström beskriver 2 metoder för att uppskatta mängden dagvatten som kan förväntas rinna av, Rationella metoden och Tid-area metoden:

2.3.1 Rationella metoden

Vid beräkning med den rationella metoden antas dagvattenavrinningen för ett givet område vara ett resultat av storleken och egenskaperna hos området. Det finns 4 kriterier som behöver uppfyllas för att den rationella metoden ska kunna användas för att beräkna dagvattenavrinningen.

Kriterierna som behöver uppfyllas är (Lidström, 2010):

- Området som dagvattenavrinningen sker i bör ha en rektangulär form
- En stor del av området bör ha samma avrinningskoefficient
- Tiden för dagvattenavrinningen i olika delar av området (som inte bör överskrida 100 ha) bör inte variera för mycket
- Rinntiden för dagvattnet antas vara densamma som regnets varaktighet

Om ett område inte uppfyller de beskrivna kriterierna så ges inte korrekta resultat av den rationella metoden. Det finns då flera simuleringsprogram som istället kan användas.

För beräkning av dagvattenavrinning med rationella metoden används formeln:

$$q_{d,dim} = A * i(t_r) * \varphi \quad (4)$$

där

$q_{d,dim}$ = Dimensionerande flöde [l/s]

A = Avrinningsområdets storlek [ha]

i = Dimensionerande nederbördsintensitet [l/s, ha]

φ = Områdets avrinningskoefficient [-]

t_r = Områdets rinntid [s]

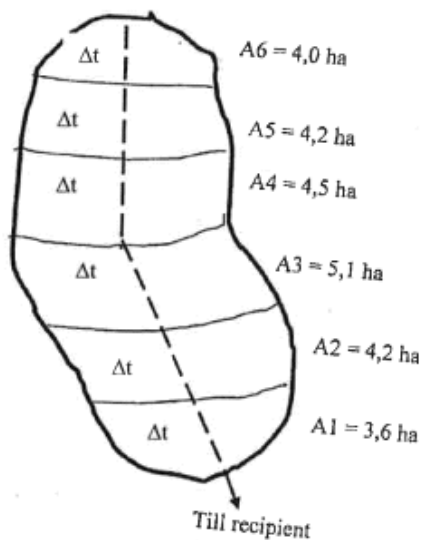
Även om den rationella metoden används för att beräkna dagvattenavrinningen så tar den inte hänsyn till smältvattenavrinning, utan enbart avrinning till följd av regn.

2.3.2 Tid-area metoden

Ett regns intensitet tenderar att minska med ökande varaktighet. Om ett regn över ett område har en så lång varaktighet att vattnet längst bort från uppsamlingspunkten hinner nå denna

innan regnet har upphört så kan intensiteten hos det regnet därmed antas vara lägre än hos ett regn med en betydligt kortare varaktighet. Detta innebär att det dimensionerande avrinningsflödet för ett område med hög sannolikhet inte inträffar när avrinning sker från hela området, utan enbart från delar av området. Avrinningen sker då från en mindre yta men intensiteten hos regnet kan då bli så pass hög att den samlade vattenmängden överskrider den hos ett längre varande regn med en lägre intensitet och över ett större område.

Detta resonemang är vad som ligger till grund till tid-area metoden. Metoden går ut på att avrinningsområdet delas upp i ett flertal delareor på ett sådant sätt att tiden det tar för en vattenpartikel att rinna genom varje delområde blir lika lång. Storleken på delområdena beror därmed på faktorer som sluttning och markbeläggning. Efter områdesindelningen används den rationella metoden för att räkna ihop avrinningen inom varje delområde. Ett exempel på hur en områdesuppdelning kan se ut visas i figur 2-6.



Figur 2-6. Exempel på områdesindelning för tid-area metoden, publiceras med tillstånd (Lidström, 2010)

2.3.3 Regnenveloppmetoden

Då dagvattnet samlas upp i en dagvattendamm eller ett magasin kan inte den rationella metoden användas för att beräkna det dimensionerande dagvattenflödet nedströms uppsamlingsplatsen. Istället används i sådana lägen regnenveloppmetoden (Hansen, 2008). Regnenveloppmetoden är en förenklad överslagsberäkningsmetod med syfte att beräkna det dimensionerande flödet nedströms ett dagvattenmagasin eller annan fördröjningskonstruktion, samt uppskatta vilken dagvattensvolym sågd anordning behöver kunna omhänderta. Genom användande av IDF-kurvor beräknas den samlade volymen avrinningsvatten för regn med olika varaktigheter och återkomsttider. Den nödvändiga volymen för fördröjningsanordningen uppskattas därmed till den maximala differensen mellan tillrinningsenveloppen och avtappningsenveloppen (Jonsson, 2011).

Regnenveloppmetoden tar inte hänsyn till rinntiden för det ackumulerade dagvattnet som fördröjs och passar därför bäst för användande vid magasin som har ett utflöde mindre än 20-

30 l/s, ha och det blir därför ofta regn med långa varaktigheter som blir avgörande för de uppskattade dimensionerna på magasinet (Hansen, 2008).

Den nödvändiga magasinvolymen beräknas enligt:

$$M_{dim} = \max(V_{in}(t) - V_{ut}(t)) \quad (5)$$

$$V_{in}(t) = 10 * i_o * t^{0,28} \quad (6)$$

$$V_{ut}(t) = 86,4 * q_{ut} * t \quad (7)$$

där:

$$V_{in} = \text{Tillrinningsenvelopp [m}^3/\text{ha]}$$

$$V_{ut} = \text{Ackumulerat utflöde [m}^3/\text{ha]}$$

$$t = \text{Regnets varaktighet (teoretiskt sett med konstant intensitet under hela varaktigheten) [dygn]}$$

$$i_o = \text{Regnintensitet för } t=1 \text{ och aktuell återkomsttid [mm/dygn]}$$

$$q_{ut} = \text{Strypt utflöde från magasinet [l/s, ha]}$$

$$M_{dim} = \text{Nödvändig magasinvolym [m}^3\text{]}$$

2.4 Dagvattendammar

Hur dimensioneringen olika dagvattenhanteringssystem bör se ut beror på ett flertal faktorer. Faktorer som påverkar vilken design en dagvattendamm har är bland annat tillgängligt utrymme att anlägga dammen vid och vilket klimat som råder i området. Vilken damm som ska anläggas påverkar också dimensioneringen eftersom dimensioneringsgrunderna skiljer sig mellan en damm vars syfte är att strypa dagvattenflödet och en damm vars huvudsakliga syfte är föroreningsreduktion (Larm, 2000).

Mängden dagvatten som ett utjämningsmagasin i ett område behöver ta hand om kan beskrivas som skillnaden i dagvattenavrinningen som uppstår vid naturmark och hårdgjorda ytor. Normalt kan man anta att en rimlig volym på utjämningsmagasinet är att det utformas efter avrinningen som uppkommer som följd av ett 5-års-regn. Att utforma utjämningsmagasinen efter större regn kräver ofta orimligt stora ytor och är dessutom dyrare att göra, men kan vara nödvändigt eftersom höga mängder dagvatten kan orsaka skador eller problem på fastigheter och bostadsområden (Vägverket, 1990).

Att beräkna magasinvolymen görs enklast med tid-area-metoden som finns beskriven i avsnitt 3.2, genom att undersöka hur avrinningen till utjämningsmagasinet ser ut och hur mycket vatten som släpps ut. Den största skillnaden i vattenmängderna av hydrografen och avtappningskurvan visar vilken volym som är nödvändig för att allt dagvatten ska kunna omhändertas.

Ett praktiskt sätt att beräkna ett utjämningsmagasins magasinvolym är med formeln (Vägverket, 1990):

$$dS = Q_{in} * dt - Q_{ut} * dt \quad (8)$$

där

$$dS = \text{Utjämningsmagasinets volym [m}^3\text{]}$$

$$Q_{in} = \text{Inflöde till utjämningsmagasinet [m}^3/\text{s]}$$

Q_{ut} = Utlöde från utjämningsmagasinet [m^3/s]

dt = Ett givet tidssteg för uträkningen [s]

Skillnader i vattenmängder som orsakas av evaporation, infiltration till grundvatten och nederbörd antas vara försumbara i ovanstående ekvation.

Den nödvändiga volymen som krävs för att utjämningsmagasinet inte ska översvämmas varierar enligt den ovan nämnda formeln beroende på vilket tidssteg under uträkningen som används, d.v.s. vilken varaktighet som regnet i området beräknas ha. Hänsyn måste dock tas till det faktum att varje regn har olika varaktighet, vilket påverkar såväl mängden dagvatten som tillkommer utjämningsmagasinet, som mängden vatten som rinner bort från magasinet. Därför beräknas den nödvändiga magasineringensvolymen för flera olika varaktigheter, varav den största volymen används som dimensioneringsgrund. På detta sätt minskar risken för översvämning av utjämningsmagasinet (Vägverket, 2008).

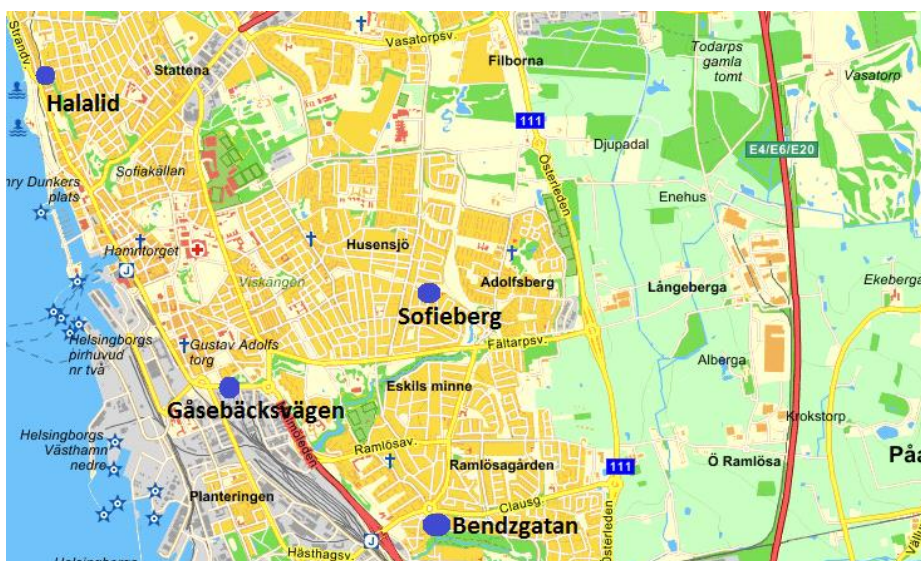
3 Helsingborgs dagvattendammar

I Helsingborg finns i dagsläget ett flertal dagvattendammar. Majoriteten av dessa har ett begränsat avrinningsområde och ett flöde in i dammen som stryps innan det flödar ut. En av dammarna, som ligger belägen i området Rydebäck, har dock ett utflöde som drivs av en pump.

Tre olika typer av dagvattendammar kommer undersökas och diskuteras i följande avsnitt. Dagvattendammen i Rydebäck är den enda i sitt slag i Helsingborg då vattnet som flödar ut drivs med pumpenergi. Även dammen som ligger i bostadsområdet Raus Vång och har ett strypt utflöde kommer att diskuteras och slutligen kommer även Regnbågsdammen i området Barnens Skog, där ett flertal dammar är parallellkopplade att diskuteras. Den vanligaste typen av dagvattendammar i Helsingborg är av samma sort som dammen i Raus Vång, d.v.s. de har ett definierat avrinningsområde och ett inflöde som stryps innan vattnet leds ut utan inverkan från pumpning (Karlsson, 2014).

3.1 Helsingborgs regndata

För att kunna avgöra huruvida dagvattendammarna i Helsingborg kan omhänderta de mängder dagvatten som de är utformade för så måste först och främst mängden dagvatten som kan förekomma beräknas. NSVA har placerat ut själtömmande regnmätare i områdena Bendzgatan, Halalid och Sofieberg som ligger belägna i centrala Helsingborg. Varje gång en regnmätare har fyllts med 0,2 mm regn under perioden 2007-2012 har den själtömts och tidpunkten har registrerats. En regnmätare har också placerats ut på Gåsebäcksvägen och har registrerat samtliga regn i området sedan 1991-2008. Regnmängderna som har registrerats av de 4 regnmätarna har sedan använts för att ta fram grafer som beskriver hur nederbörden i området såg ut under de år som de respektive regnmätarna varit aktiva. De fyra områdena där regnmätarna finns placerade är markerade i figur 3-1 nedan.



Figur 3-1. Positionerna hos de olika regnmätarna i Helsingborg

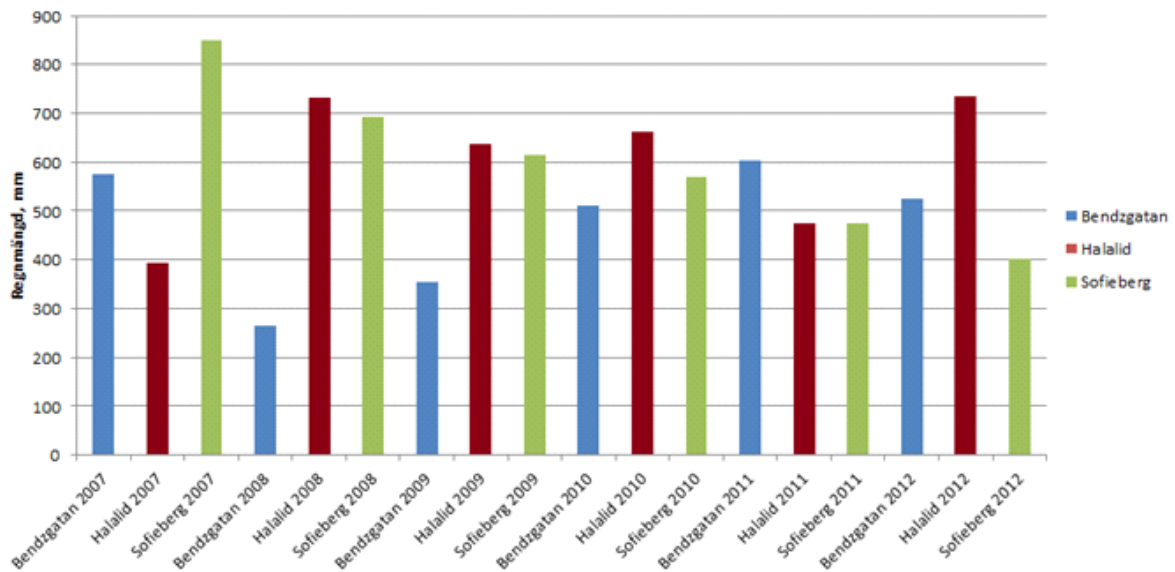
3.1.1 Tidigare regnstatistik

För att en klar bild om huruvida det är sannolikt att en damm ofta blir översvämmad eller inte ska erhållas så måste man först veta om de regn som förekom under de år som granskats i arbetet kan anses vara representativa för området. Det är möjligt att det vanligtvis regnar mer eller mindre i Helsingborg än vad det gjorde under tiden då regnen registrerades. Innan regnvärdena presenteras bör man dock tillägga att enligt regndatan från de självtömmande regnmätarna förekom det ingen nederbörd vid Bendzgatan under perioden 16e juni – 5 oktober år 2008. Det verkar orimligt att det inte förekom något regntillfälle vid Bendzgatan under nästan en tredjedel av året, trots att de övriga stationerna i Helsingborg registrerade regntillfällen under denna period. Det är möjligt att den stora skillnaden beror på att regnmätaren var trasig under den här perioden och att det i själva verket förekom en högre nederbörd än vad som presenteras. Regnvärden från regnmätaren vid Bendzgatan år 2008 kommer trots det att användas under evalueringen, för att en så komplett bild som möjligt ska erhållas.

SMHI har två nederbördsstationer i närheten av Helsingborg som kan användas för att få en bild av hur nederbörden i området ser ut. Stationen *Helsingborg A* (stationsnummer 6204) ligger öster om Helsingborg, i närheten av Höganäs och stationen *Helsingborg 2* (stationsnummer 6202) ligger i Råå, precis i utkanten av Helsingborg (Norén, 2014). Om värdena från de båda stationerna skiljer sig bör därför stationen *Helsingborg 2* kunna antas vara mer sannolik att stämma med Helsingborgs klimatdata och regnstationerna som används i undersökningen, då den stationen ligger närmast Helsingborgs centrala delar.

Normalvärdena för årlig nederbörd vid stationen *Helsingborg A* och stationen *Helsingborg 2* beräknades vara 668,7 respektive 737 mm regn under perioden 1961-1990. Senare års normalvärden är ännu inte tillgängliga, men kan antas likna dessa, då tidsspektrumet inte är stort nog för en påfallande klimatförändring. Enligt SMHI ligger den uppskattade medelnederbörden i området på ca 750 mm per år (SMHI 2, 2014).

Dessa värden jämförs med mängden nederbörd som förekom vid Bendzgatan, Halalid och Sofieberg under 2007-2012 och vid Gåsebäcksvägen under 1991-2008. Nederbörden vid Bendzgatan, Halalid och Sofieberg under samtliga år visas i figur 3-2 nedan.

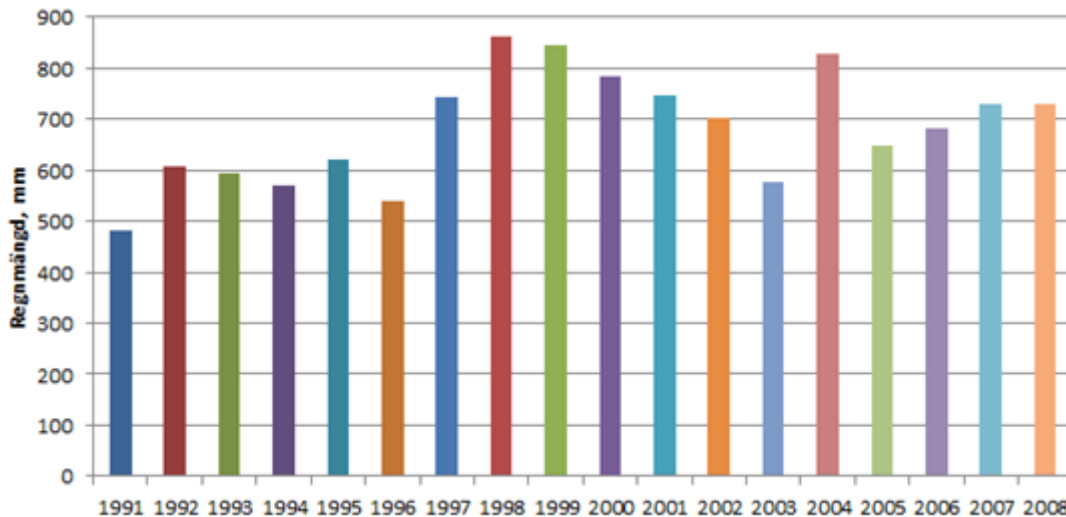


Figur 3-2. De samlade mängderna nederbörd i Bendzgatan, Halalid och Sofieberg 2007-2012

Som diagrammet visar kan en påfallande variation av regnmängderna i de olika områdena urskiljas, trots att avstånden mellan områdena är relativt små. Den största mängden nederbörd förekom i Sofieberg under 2007, då det förekom nästan 120 mm mer regn än normalvärdet, och över 100 mm mer än SMHIs medelvärde för Helsingborg. Minst regnade det vid Bendzgatan år 2008, då det bara regnade ca en tredjedel av årsmedelvärdet. Detta skiljer sig till stor del från regnmängderna som mättes upp under samma år i Halalid, Sofieberg och Gåsebäcksvägen, där regnmängderna låg mellan 650-850 mm för varje område, men som sagt är det osäkert om det här värdet är tillförlitligt, då inget regn registrerades under en 4 månaders lång tidsperiod.

Utöver detta verkar regnmängderna för de olika områdena ligga något under, men ändå i närheten av både normalvärdet för regnstationen Helsingborg 2 och SMHIs årliga medelvärde, vilket gör att dessa års medelbörd bör ge ett realistiskt resultat.

Då samma undersökning görs för regnmätaren som varit placerad vid Gåsebäcksvägen under perioden 1991-2008 så blir resultatet som redovisat i figur 3-3 nedan.



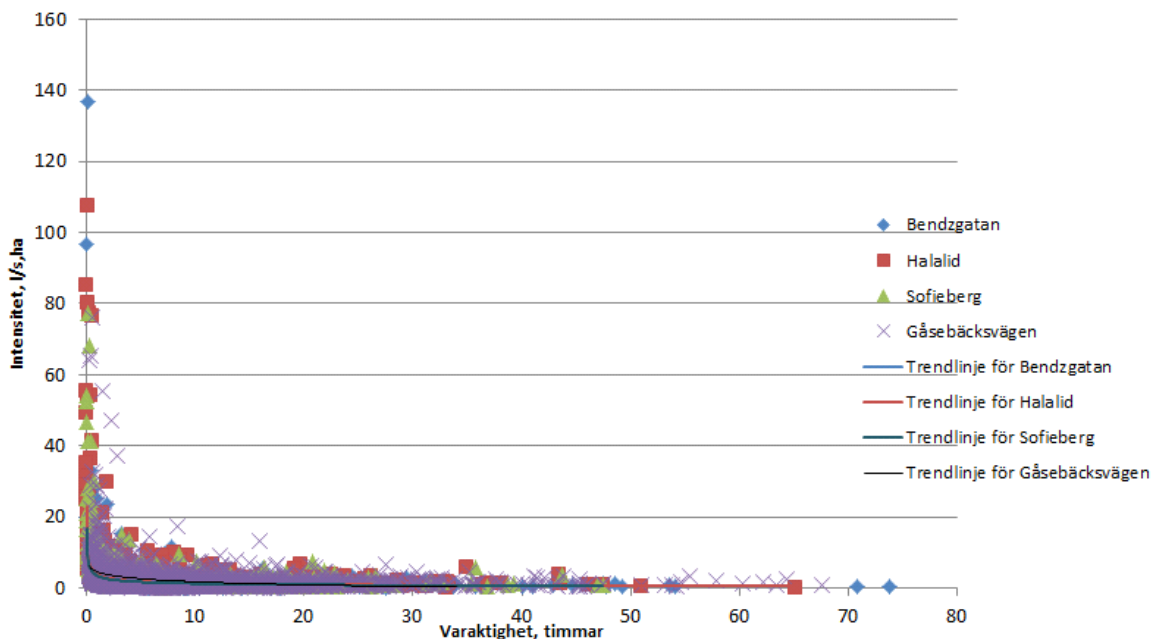
Figur 3-3. Årliga regnmängder för Gåsebäcksvägen, 1991-2008

Eftersom regnmängden vid Gåsebäcksvägen har mätts upp under en 18-års period så ökar chansen att regn med höga återkomsttider och att våta eller torra år förekommer under mätningstiden i jämförelse med t.ex. Bendzgatan, Halalid och Sofieberg, där regnmängden har mätts upp under en 6-års period. Vid Gåsebäcksvägen förekom enligt ovanstående figur den lägsta regnmängden under året 1991, då en total regnmängd på 481,4 mm förekom, vilket är ca 65 % av normalvärdet för årlig nederbörd enligt regnstationen *Helsingborg 2*. En lika stor avvikelse från normalvärdet gällande ökande nederbörd verkar inte ha förekommit under samma period. De högsta årliga regnmängderna som mättes upp vid Gåsebäcksvägen förekom under 1998, 1999 och 2004 då regnmängderna var 862,2; 844, respektive 828,8 mm, strax över 100 mm mer än normalvärdet för regnstationen *Helsingborg 2*. Trots detta verkar regnmängderna som mätts upp vid Gåsebäcksvägen ligga i närheten av såväl normalvärdet för årlig nederbörd för stationen *Helsingborg 2* och SMHI:s värde för årlig svensk medelnederbörd. Därmed bedöms regnvärdena som mättes upp vid Gåsebäcksvägen vara tillförlitliga att använda för evaluering av översvämningsrisken hos dagvattendammarna i Helsingborg.

3.1.2 Uppskattning av skillnader mellan regnförhållanden i de olika områdena

Avståndet mellan de olika områdena är som tidigare konstaterat relativt litet men det finns trots det påfallande variationer i mängden nederbörd som uppmätts mellan de olika områdena och åren. Det är därför viktigt att uppskatta huruvida resultaten påverkas av vilket områdes regndata som används för evaluering av översvämningsrisken hos dagvattendammarna.

Genom att undersöka hur intensiteten vid de olika områdena varierar med respektive områdes nederbörd så kan de meteorologiska variationerna i nederbörd uppskattas. I figur 3-4 illustreras intensiteten och varaktigheten för varje enskilt regn i samtliga områden där regnmätare funnits placerade.



Figur 3-4. Jämförelse mellan nederbördsförhållanden vid Bendzgatan, Halalid och Sofieberg

Det är svårt att urskilja punkterna för de olika områdena i ovanstående figur, eftersom de överlappar varandra till en så hög grad. De punkter som är lättast att tyda är de som illustrerar regn med en särskilt hög intensitet eller varaktighet. För att tydliggöra likheterna eller skillnaderna mellan de olika områdenas nederbördsförhållanden gjordes därför trendlinjer för varje område, som kan ses i figuren. Trendlinjerna framhäver hur nederbördsintensitet tenderar att påverkas för de olika varaktigheterna och linjerna för Bendzgatan, Halalid och Sofieberg är dragna så nära varandra att skillnaderna mellan de kan ses som näst intill obefintliga. Detta pekar på att uppskattningar av dammarnas översvämningsrisk och funktionalitet är oberoende av vilket av de tre områdenas regndata som används vid undersökningen, då resultatet bör bli ungefär detsamma. Trendlinjen för Gåsebäcksvägen är väldigt lik trendlinjerna för de övriga områdena, men det finns vissa skillnader, vilket framgår som tydligast för regn med varaktigheter runt 2-6 timmar. Här ser intensiteten för de regnen ut att vara något lägre än för de övriga områdena. Då översvämningsrisken hos dammarna undersöks kommer däremot en undersökning att genomföras med samtliga områdens regndata, för att försäkra att så många regn som möjligt används. Anledningen till detta är att de dimensionerande regnen för ett område ofta är regn som har en hög intensitet och lägre varaktighet (Lidström, 2010), vilket innebär att de dimensionerande regnen med hög sannolikhet inte registreras som extrema regn vid alla stationer, utan endast vid någon enstaka station. Dessutom har regndata samlats upp under en längre tid vid Gåsebäcksvägen, vilket innebär att chanserna för att ett eller flera extremregn ska ha inträffat är större än vad den är för Bendzgatan, Halalid och Sofieberg.

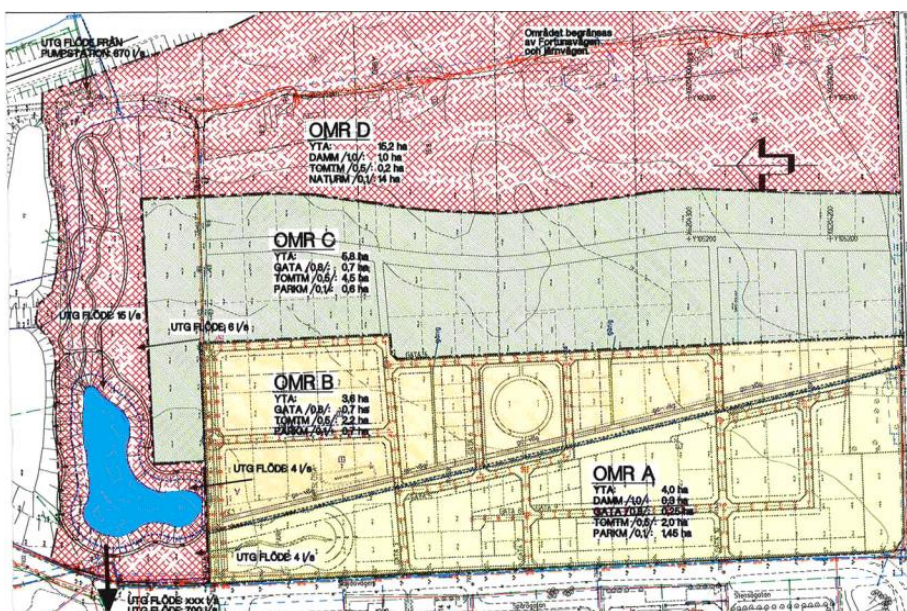
3.2 Rydebäcks dagvattendamm

Ungefär 1 mil söder om Helsingborg, vid området Rydebäck, ligger en dagvattendamm placerad. Dammen är omringad av 4 områden, som här benämns som område A, område B, område C och område D. På grund av ombyggnationer ska dock avrinningen från område A ledas om och kommer snart därför inte påverka dagvattenflödet till dagvattendammen. Det framtida avrinningsområdet innefattas därför bara av område B, C och D och har en sammanlagd area av 24,6 ha, eller 246000 m².

I närheten finns dessutom ett diktningföretag som har kapacitet att pumpa vatten till dammen med ett flöde på max 670 l/s. Diktningföretaget heter Kastlösa nr 9 och har ett avrinningsområde på 390 hektar. I en tillståndsprovning från 1997 fastställdes att rören som har som uppgift att leda bort dagvattnet från avrinningsområdet till dagvattendammen är designade efter ett dimensionerande flöde på 500-550 l/s (Helsingborgs Kommun, 2007). Därför kan slutsatsen dras att det bör vara sällan som ett utflöde från diktningföretaget på 670 l/s förekommer i praktiken. Det hade varit intressant att se hur mycket vatten som i verkligheten släpps ut under ett kraftigt regn, men några sådana uppgifter har inte kunnat identifieras.

Rydebäck dagvattendamm är utformad för ett 50-års-regn, d.v.s. ett regn med en intensitet och varaktighet så höga att regnmängden statistiskt sett bara kommer att inträffa en gång var 50:e år. Sannolikheten att ett sådant regn ska komma under ett givet år är 1/50, d.v.s. 2 % och oberoende av hur nederbörden har varit under de tidigare åren.

Området, med delområden finns illustrerat i figur 3-5.



Figur 3-5. Beskrivning av avrinningsområdet till Rydebäcks dagvattendamm med tillstånd (NSVA)

I tabell 3-1 beskrivs de olika delområdena B, C och D enligt NSVA.

Tabell 3-1. Beskrivning av utseendena för delavrinningsområdena till Rydebäcks dagvattendamm

Område	Total yta (ha)	Tomtmark (ha)	Naturmark (ha)	Åker (ha)	Gata (ha)
B	3,6	2,2	0,7	-	0,7
C	5,8	4,5	0,6	-	0,7
D	15,2	0,2	14	-	-
Diktningföretag	-	-	-	169	8,58

Avrinningskoefficienten för de olika areorna i området är uppskattade enligt tabell 3-2 (NSVA; Uppsala kommun, 2012).

Tabell 3-2. Avrinningskoefficienter för de olika yttyperna i Raus Vång

Beläggning	Avrinningskoefficient
Tomtmark	0,5
Naturmark	0,1
Åker	0,1
Gata	0,8

Hur mycket vatten som pumpas ut från dammen regleras beroende på hur mycket dagvatten som avrinner till dammen. Det maximala värdet för utpumpning av dagvatten från dagvattendammen är 700 l/s. Detta innebär att för att vattenytan i dammen ska kunna höjas vid maximalt utflöde så måste inflödet av vatten till dammen överstiga 700 l/s. Om detta sker under en tillräckligt lång period så kommer vattennivån i dammen att stiga till dess att dammen svämmar över.

Utflödet ur dammen beror på vilken vattenmängd som redan finns i dammen. I tabell 3-3 nedan visas ett exempel från 2009 på hur det reglerade utflödet ur dammen förändrades då vattenytan i dammen steg och den sammanlagda volymen dagvatten i dammen ökar. Som exempel var dagvattenflödet ur dammen reglerat till 100 l/s då vattenytan låg på 12,80 m ö.h. och den ackumulerade mängden dagvatten var 4000 m³. När vattenytan däremot steg till nivån 12,90 m ö.h. och dagvattenmängden var 4600 m³ så ändrades utflödet ur dammen istället till 260 l/s.

Tabell 3-3: Beskrivning av vattenhöjd, total vattenvolym och utpumpat flöde ur Rydebäcks dagvattendamm, publiceras med tillstånd (NSVA, 2014)

	2009-09-02			Bilaga 5
				Acc volym
Till + nivå i				i magasin
magasin 1				m ³
12,80	5	100	l/s	4000
12,90	6	260	l/s	4600
13,00	7	560	l/s	5200
13,10	8	700	l/s	5900
13,20	9	700	l/s	6600
13,30	10	700	l/s	7300
13,40	11	700	l/s	7900
13,50	12	700	l/s	8600
13,80	13	700	l/s	10900

3.2.1 Evaluering av Rydebäcks dagvattendamm

För att på ett realistiskt sätt kunna uppskatta vilken intensitet och varaktighet som regnen i Rydebäck kan förväntas ha måste man använda tidigare regndata för området. I dagsläget finns ingen regnmätare i Rydebäck som kan användas och istället måste regndata från andra närbelägna områden användas. Vilken av regnmätarstationerna som används bör dock inte påverka resultatet märkbart, då områdena Bendzgatan, Halalid, Sofieberg och Gåsebäcksvägen ligger inom 5 km från varandra, och deras regnförhållanden är någorlunda lika.

Ur tabell 3-3 kan man dra slutsatsen att det utpumpade flödet når sin maximala nivå, 700 l/s, då dammen har en vattenvolym på 5900 m³ och en vattennivå på 13,10 meter. När vattennivån når 13,80 meter har den samlade vattenmängden i dammen en volym på 10900 m³. Detta innebär att dammens area kan bestämmas till:

$$A = \frac{\Delta V}{\Delta h} = \frac{10900 - 5900}{13,80 - 13,10} = 7142,857 \text{ m}^2 = 0,71 \text{ ha} \quad (9)$$

Den samlade arean hos de 3 delområdena, från vilka dagvattnet avrinner till dammen, är 24,6 ha. Detta innebär att Rydebäcks dagvattendamm bör översvämmas då volymen vatten i dammen motsvarar en vattenmängd över samtliga avrinningsområden som har ett djup på:

$$\frac{V_{\text{vatten}}}{A_{\text{avrinningsområde}}} = \frac{5000 \text{ m}^3}{3246000 \text{ m}^2} = 0,020325 \text{ m} = 20,33 \text{ mm} \quad (10)$$

Det kommer dock krävas en större vattenmängd över avrinningsområdena än så, på grund av avrinningsområdenas avrinningskoefficient.

Område B har enligt tabell 3-1 en total yta av 3,6 ha. 2,2 ha består av tomtmark med $\phi=0,5$, 0,7 ha är naturmark med $\phi=0,1$ och 0,7 ha i område B är gator och vägar med $\phi=0,8$. Enligt formel 1 kan områdets totala avrinningskoefficient beräknas enligt:

$$\phi_B = \frac{A_1 \cdot \phi_1 + A_2 \cdot \phi_2 + A_3 \cdot \phi_3}{A_1 \cdot A_2 + A_3} = \frac{2,2 \cdot 0,5 + 0,7 \cdot 0,1 + 0,7 \cdot 0,8}{2,2 + 0,7 + 0,7} = 0,48 \quad (11)$$

som ovan beräknas avrinningskoefficienten för område C till:

$$\phi_C = \frac{A_1 \cdot \phi_1 + A_2 \cdot \phi_2 + A_3 \cdot \phi_3}{A_1 + A_2 + A_3} = \frac{0,7 \cdot 0,8 + 4,5 \cdot 0,5 + 0,6 \cdot 0,1}{0,7 + 4,5 + 0,6} = 0,49 \quad (12)$$

Slutligen beräknas avrinningskoefficienten för område D. Dammen i området har en area av 1 ha. Eftersom vattnet som når dammen genom enbart regn inte har någon faktisk avrinning sätts avrinningskoefficienten för dammen till 1,0. 0,2 ha i området består av tomtmark med $\phi=0,5$ och 14 ha i området har en area av 14 ha med $\phi=0,1$. Den samlade avrinningskoefficienten för område D beräknas därmed till:

$$\phi_D = \frac{A_1 \cdot \phi_1 + A_2 \cdot \phi_2 + A_3 \cdot \phi_3}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3} = \frac{1 \cdot 1 + 0,2 \cdot 0,5 + 14 \cdot 0,1}{1 + 0,2 + 14} = 0,16 \quad (13)$$

Den samlade avrinningskoefficienten för hela avrinningsområdet i Rydebäck, d.v.s. för område B, C och D kan nu beräknas enligt:

$$\phi_{\text{Rydebäck}} = \frac{A_B \cdot \phi_B + A_C \cdot \phi_C + A_D \cdot \phi_D}{A_B + A_C + A_D} = \frac{3,6 \cdot 0,4806 + 5,8 \cdot 0,4948 + 15,2 \cdot 0,1644}{3,6 + 5,8 + 15,2} = 0,29 \quad (14)$$

Den samlade avrinningskoefficienten för avrinningsområdet till dagvattendammen i Rydebäck har beräknats till 0,29. För att den samlade vattenmängden som avrinner till dagvattendammen i Rydebäck ska bli 20,33 mm och därmed orsaka översvämning av dagvattendammen, så måste därför den totala mängden regn som faller över hela området vara åtminstone:

$$Vattenmängd \text{ för översvämning} = \frac{20,33}{0,29} = 70,45 \text{ mm} \quad (15)$$

Dagvattnet i Rydebäcks dagvattendamm kommer delvis från dikningsföretaget Kastlösa nr 9 och delvis från nederbörden i dammens avrinningsområde. Avrinningsområdet har en area på 246000 m². Dikningsföretaget antas kunna avge en dimensionerande vattenmängd på 670 l/s till dammen, som har en maximal pumpkapacitet på 700 l/s. Detta innebär att vid kraftig nederbörd kan 30 l/s mer dagvatten pumpas ut från dagvattendammen än vad som kan antas tillkomma från dikningsföretaget. Detta innebär att om mängden tillkommande dagvatten från avrinningsområdet överskrider 30 l/s då dammen är full så kommer dagvattendammen översvämmas. Som tidigare konstaterats måste det tillkomma en total vattenmängd på 70,45 mm över hela avrinningsområdet för att dammen ska bli full.

Avrinningsområdet i Rydebäck har en sammanlagd avrinningskoefficient på 0,29. Detta innebär att för att det tillkommande vattenflödet till dammen ska bli 30 l/s så måste flödet över hela avrinningsområdet vara åtminstone $\frac{30}{0,29} = 103,96$ l/s. (16)

Eftersom avrinningsområdet har en total area på 246000 m² så innebär detta att den totala mängden vatten som måste komma från ett regn med en viss varaktighet för att fylla, samt översvämma dammen kan beräknas som:

$$R_{\text{översvämning}} = 70,45 + \frac{103,95 \cdot 3600 \cdot t}{246000} \quad (17)$$

där

$R_{\text{översvämning}}$ = Regnmängden som krävs för översvämning [mm]

t = Regnets varaktighet [timmar]

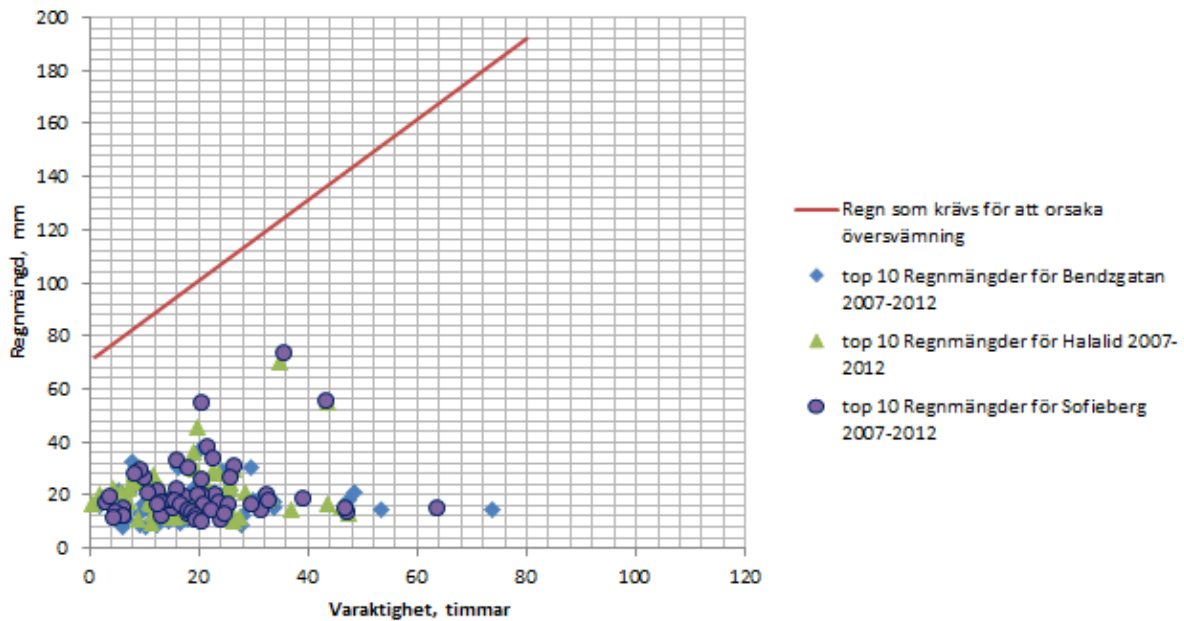
246000 = Avrinningsområdets area [m²]

Enligt ovanstående formel kan regnmängden som krävs för att ett regn med varaktigheten 1 timme ska kunna översvämma dammen räknas ut enligt:

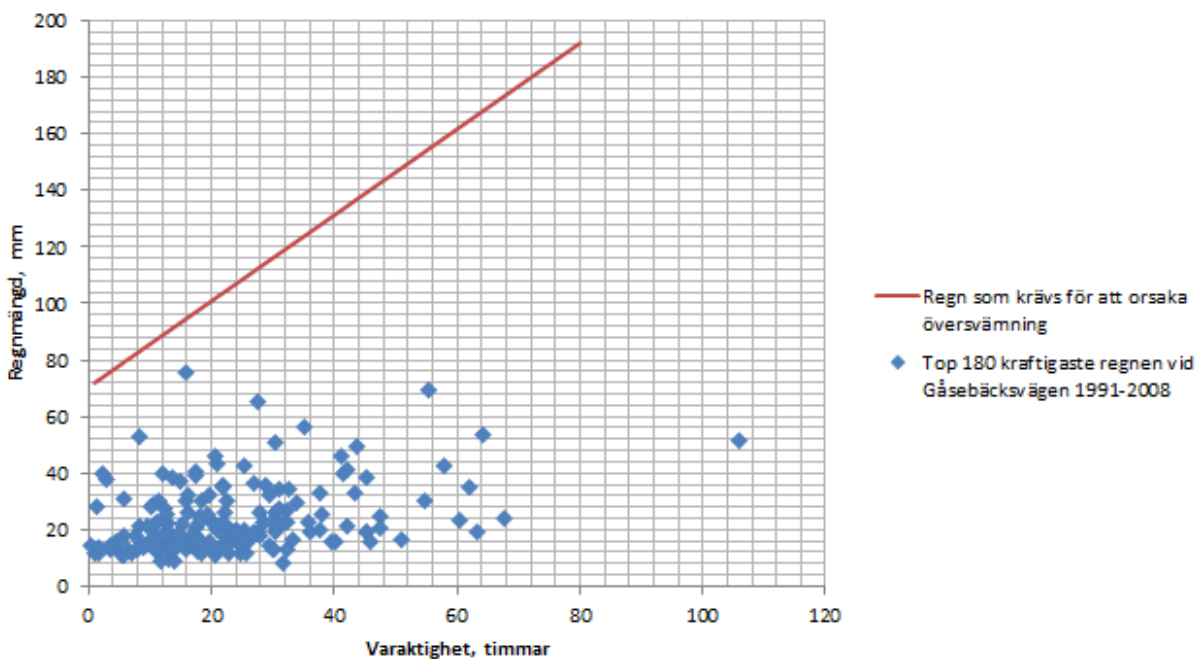
$$R_{\text{översvämning}} = 70,45 + \frac{103,95 \cdot 3600 \cdot 1}{246000} = 71,97 \text{ mm} \quad (18)$$

Enligt samma beräkning krävs en total regnmängd av 73,49 mm om regnet har en varaktighet på 2 timmar och 75 mm om regnets varaktighet är 3 timmar.

För att ge en bild av hur stor risken för en översvämning är jämförs regnmängderna som skulle krävas för att orsaka en översvämning av dagvattendammen med de regn som förekommit i områdena Bendzgatan, Halalid och Sofieberg under perioden 2007-2012, samt Gåsebäcksvägen under 1991-2008. I nedanstående grafer illustreras de 10 regn för varje år och område som har gett upphov till störst mängd dagvatten i varje område, samt en linje som visar var gränsen för översvämning av dammen är.



Figur 3-6. Vattenmängd som krävs för att orsaka översvämning av Rydebäcks dagvattendamm, i förhållande till tidigare regn



Figur 3-7. Jämförelse av Gåsebäcksvägens regndata och gräns för översvämning i Rydebäck

Som ovanstående figurer visar så har inget av de regn som förekommit i något av områdena under den beskrivna perioden gett upphov till risk för en översvämning. Detta är inte förvånande, då dammen är utformad för ett 50-årsregn. Chansen att inget 50-årsregn ska inträffa under en given tidsperiod kan beräknas med:

$$N_x = 0,98^x * 100 \tag{19}$$

där

N_x = Chansen att inget 50-årsregn inte inträffar under en tidsperiod av x år [%]

0,98= Chansen för att ett 50-årsregn inte ska inträffa under ett år [-]

x = Tidsperioden som beräkningen gäller för [år]

för den 18 års tidsperioden som det finns regndata för så kan risken att ett 50-årsregn inte ska inträffa en gång beräknas till:

$$N_x = 0,98^{18} * 100 = 70 \% \quad (20)$$

Risken att en översvämning ska inträffa under den tidsramen är alltså 30 % och att dammen inte har översvämmats kan alltså vara väntat. Man kan dock diskutera huruvida de ovanstående beräkningarna av den nödvändiga vattenmängden för att översvämning ska inträffa är tillförlitliga. Beräkningarna är genomförda med antagandet att avrinningskoefficienten för hela avrinningsområdet till dagvattendammen i Rydebäck är 0,29. Värdet på avrinningskoefficienten är ett realistiskt värde under de initiala delarna av ett regntillfälle, om antagandet görs att marken har hunnit torka sedan det senaste regntillfället ägde rum. Eftersom en uppehållstid på 8 timmar krävs för att två regntillfällen ska betraktas som skilda regn så kan detta också antas vara fallet. En faktor som däremot inte har tagits hänsyn till under framtagandet av graferna är att avrinningskoefficienten för området bör förändras och anta ett högre värde under avrinningens gång. Eftersom porerna i marken fylls under tiden som avrinningen och infiltrationen sker så bör jorden hinna mättas. Hur snabbt detta sker beror på jordens porositet och vattenmängderna, men allt eftersom mer vatten hinner infiltrera jorden så minskar andelen vatten som infiltrerar och en högre andel av vattnet kommer därmed avrinna till dammen. Samma antagande kan göras för mängden vatten som tas upp av växtligheten i områdena.

I beskrivningen av de olika avrinningsområdena B, C och D framgår det att andelen grönkädda områden såsom tomtmark, parkmark och naturmark är väldigt hög i förhållande till andelen impermeabla ytor, såsom gator och vägar. Ett direkt resultat av detta är att ökningen av avrinningskoefficienten i området bör vara märkbar vid ett regn som har en varaktighet som är tillräckligt hög för att porerna i marken helt hinner fyllas av vatten

3.2.2 Hur ofta kan översvämningar förväntas ske?

Intensiteten hos ett regn med en viss återkomsttid och varaktighet i Helsingborg ser enligt Hernebrings rapport ”10års-regnets återkomst, förr och nu” från 2006 ut:

Tabell 3-4. Regnintensiteter för regn med olika återkomsttider och varaktigheter i Helsingborg, med tillstånd från Claes Hernebring (Hernebring, 2006)

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
0,5	118,8	84,7	67,7	57,1	43,7	36,3	31,3	28,1	21,6	17,9
1	148,0	106,5	85,5	72,8	55,9	46,1	39,7	35,7	27,4	22,5
2	180,4	130,9	105,9	91,0	70,2	57,6	49,5	44,6	34,3	28,0
5	229,7	168,3	137,6	119,9	93,3	76,1	65,3	59,2	45,7	37,0
10	273,0	201,4	166,0	146,4	114,7	93,2	79,9	72,7	56,3	45,4

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, timmar					
	6 h		12 h		24 h	
	l/s, ha	mm	l/s, ha	mm	l/s, ha	mm
0,5	8,3	17,8	5,1	22,0	3,0	26,2
1	10,4	22,4	6,4	27,6	3,8	32,6
2	12,9	28,0	7,9	34,3	4,6	39,8
5	17,2	37,2	10,5	45,3	5,9	51,1
10	21,3	46,0	12,9	55,5	7,1	61,3

Intensiteten för ett regn med en viss återkomsttid och varaktighet kan dessutom beräknas med:

(Dahlström, 2010)

$$i = 190 * \sqrt[3]{\text{Å}} * \frac{\ln(T_R)}{T_R} + 2 \quad (21)$$

där

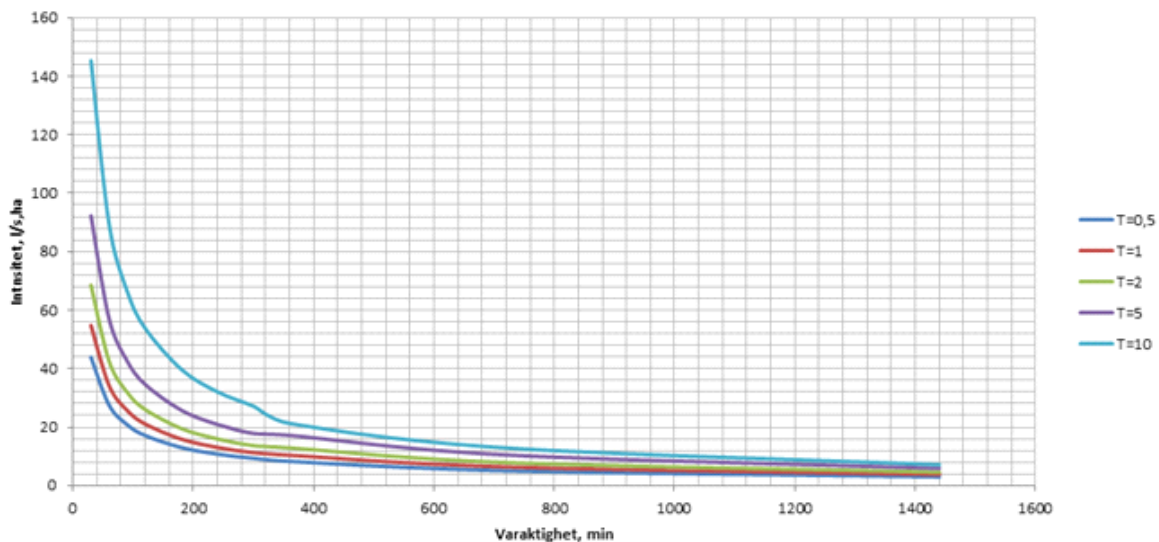
i = Intensiteten som kan förväntas förekomma vid givna återkomsttider och varaktigheter [l/s, ha]

Å = Återkomsttid för regnet [månad]

T_R = Regnets varaktighet i intervallet 5 minuter till 24 timmar [minuter]

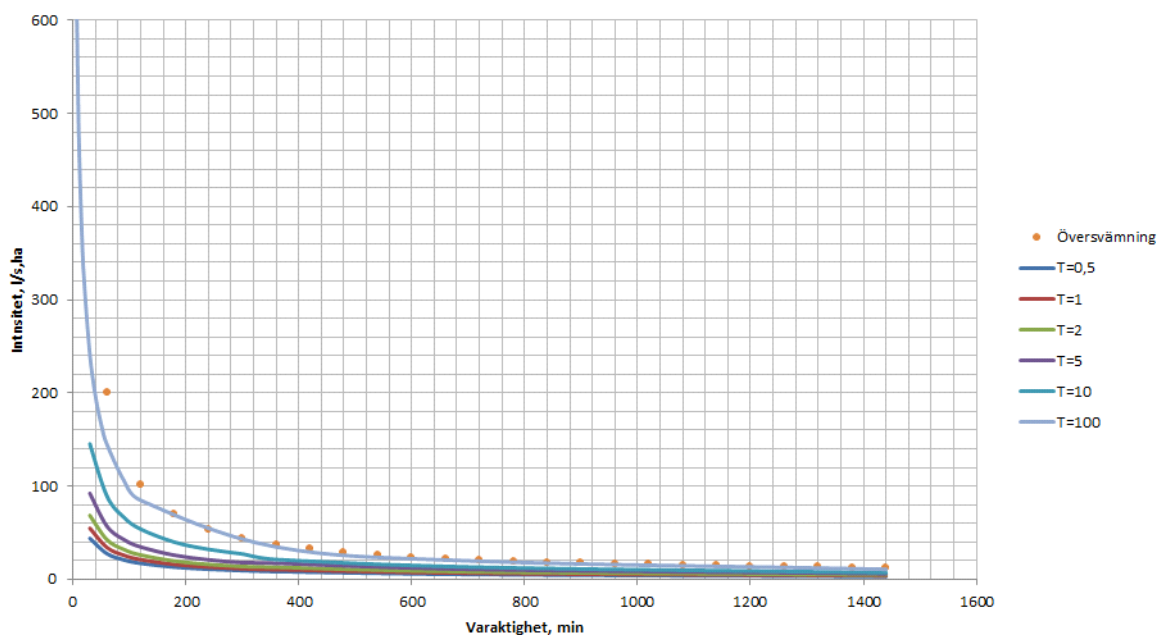
Det finns vissa begränsningar för återkomsttider och varaktigheter i Dahlströms formel. Begränsningarna beror på att de 2659 regndata som användes för att beräkna formeln låg inom de ovan nämnda intervallen. Värden för regnintensitet har dock extrapolerats för regn med en återkomsttid upp till 100 år och en varaktighet upp till 96 timmar (Dahlström, 2006).

För att undersöka ungefär vilken återkomsttid som ett regn som kan översvämma dagvattendammen har så används Hernebrings tabell över Helsingborgs regnintensitet. För blockregnsvaraktigheter mellan 2 och 6 timmar används Dahlströms formel, då detta intervall inte beskrivs av Hernebring. En IDF-kurva med grafer för återkomsttider 0,5, 1, 2, 5 och 10 år ställdes upp för Helsingborg i figur 3-8.



Figur 3-8. IDF-kurva för Helsingborg, enligt Hernebring 2006 och Dahlström 2006

För att se hur återkomsttiden ser ut för ett regn som har potential att översvämma dagvattendammen i Rydebäck räknas regnmängderna om från enhet mm till enhet l/s, ha. Återkomsttiden hos regnet uppskattas därefter med hjälp av ögonmått, vilket ger en viss osäkerhet i resultatet. Utöver de värden som presenterats i tabell 3-4 så används även Dahlströms (2006) extrapolerade värden för regn med återkomsttid 100 år och varierande varaktighet. Intensiteten för regn med återkomsttider på 100 år är extrapolerade från Dahlströms formel och baserade på data från 47 olika områden i Sverige (Hernebring, 2006).



Figur 3-9. IDF-kurva för Helsingborg, med punkter som visar intensitet och varaktighet

Enligt figur 3-9 ser det ut som att det regn som har en intensitet och varaktighet så höga att Rydebäcks dagvattendamm översvämmas har en återkomsttid på över 100 år vid kortare varaktigheter och då varaktigheterna överskrider 6 timmar så behövs en varaktighet på 100 år för att en översvämning ska ske. Risken att översvämningar av dammen sker är således så liten att åtgärder för att minska avrinningen till dammen inte behöver göras och dammen ser nästan ut att vara överdimensionerad. Det är dock viktigt att ha i åtanke att värdena för regnintensiteten för regn med återkomsttid över 10 år har uppskattats med hjälp av extrapolering, snarare än verkliga observationer, och bör därför enbart användas som riktmärken. Man bör också tänka på att inga beräkningar har gjorts för att ta hänsyn till att avrinningskoefficienten i området bör öka för ett regn med en hög varaktighet.

3.3 Raus Vångs dagvattendamm

Strax utanför centrala Helsingborg ligger området Raus Vång, som under början på 2000-talet har bebyggts med ca 250 nya bostäder, huvudsakligen radhus, som stod färdiga 2007. Området, som ligger ca 6 km sydost om centrala Helsingborg, har bland annat blivit omtalat genom en arkitekturtävling där bästa bostadshus år 2007 utsågs av föreningen Sveriges Arkitekter (HSB, 2007).

Precis utanför bostadsområdet ligger Raus Vångs dagvattendamm. Dammens area kan med hjälp av flygfoto uppskattas till ungefär 3200 m² (Eniro, 2014) och har en magasinbotten belägen på +16,5 m över vattenytan. Lågvattenytan i dammen ligger på +17,08 meter över havet och högvattenytan är belägen på +18,08 meter över havet (NSVA Karlsson, 2014). Enligt uppgifter från NSVA så är tömningen från magasinet 40 l/s då ett regn med en intensitet och varaktighet hos ett 10-årsregn inträffar. Utloppsledningen från dammen är en 500-ledning med en lutning på 89 promille, som sedan går över till en 600-ledning med en lutning av 29 promille (Karlsson, 2014).

Avrinningsområdet till dammen består av större delen av bostadsområdet i Raus Vång. Dagvattendammen och ansluten area är uppskattad av NSVA till ca 25 ha. Under undersökning av det angränsade området har arean närmare bestämts till ca 25,4 ha, genom användning av flygfoton från Eniro.se. Inga anläggningar som bidrar till vattenmängden i

3.3.1 Scenario 1

För att beräkna den sammanlagda avrinningskoefficienten för avrinningsområdet i scenario 1 så delades det upp i 6 olika delar. Genom manuell kartering beräknades därefter andelen hårdgjorda ytor, och hur stor andel av varje område som är täckt av gräs, gatsten, grus, skog, etc. Tillsammans har områdena en area av ca 254000 m². Hur områdena delats upp framgår av figur 3-11.



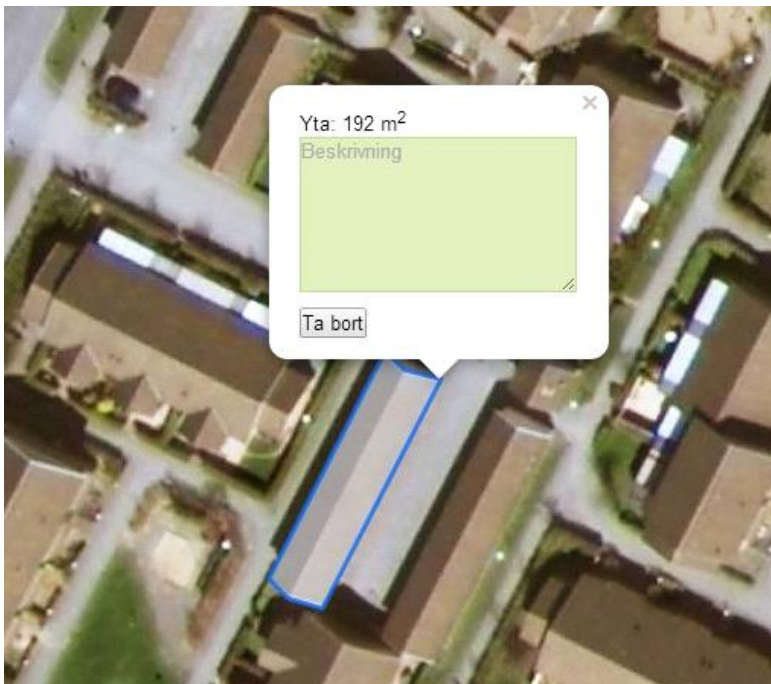
Figur 3-11. Områdesindelning av Raus Vångs dagvattendamms avrinningsområde för scenario 1

Med hjälp av flygkartor och mätverktyget på Eniro.se mättes arean av varje separat hus och gata i varje delområde enligt figur 3-11. Hänsyn togs dessutom till areor för områden bestående av gatsten, lekplatser och skog inom varje område. Resultatet av mätningarna presenteras i tabell 3-5.

Tabell 3-5. Beskrivning av varje delområdes komponenter i Raus Vång, scenario 1

Typ av yta	Område 1	Område 2	Område 3	Område 4	Område 5	Område 6
Tak	6285	11124	5480	1512	11964	16163
Asfalt (vägar, parkering, trottoar) & betong (plattor)	7916	9344	5521	4798	11490	13832
Stensatta ytor med grusfogar	735	1205	-	-	-	387
Sand och grus	200	-	-	-	864	291
Gatsten	260	3919	2943	-	-	-
Gräsbeklädda ytor	16858	30879	15328	2603	43862	24236
Trädbeklädda grönytor	-	-	550	861	2638	0
Total yta	32254	56471	29822	9774	70818	54909

Exempel på hur ett tak mäts upp presenteras i figur 3-12 nedan.



Figur 3-12. Exempel på hur arean av ett tak mäts upp med flygfoton

Avrinningskoefficienten för bostadsområdet i Raus Vång beräknas i appendix I till ett värde av 0,44. Värdet kan anses som rimligt, då avrinningskoefficienten för flerfamiljshus, radhus och kedjehus vanligtvis har ett värde runt 0,4 (Lidström, 2010).

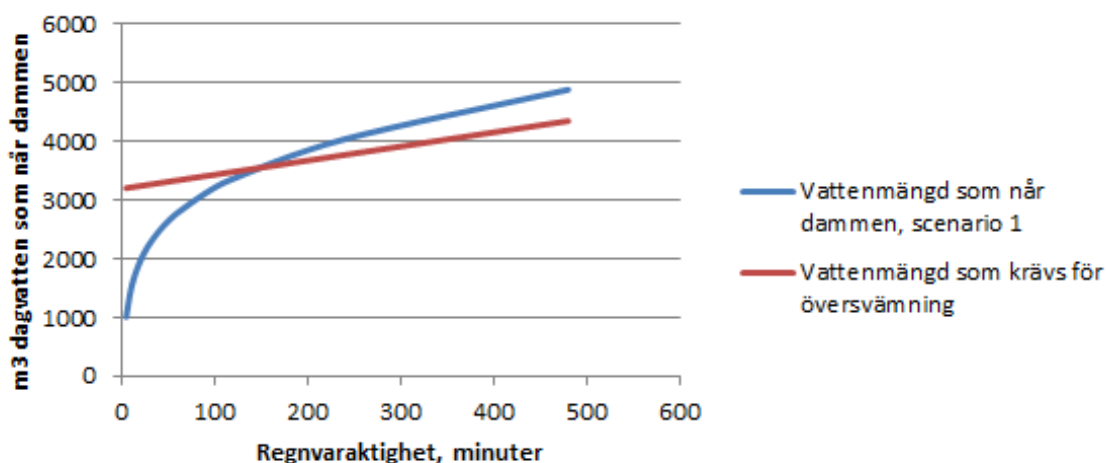
Enligt uppgifter från NSVA har Raus Vångs dagvattendamm ett utflöde på 40 l/s då ett 10-årsregn inträffar. Med hjälp av Dahlströms formel beräknades den totala mängden vatten som skulle komma till Raus Vång i form av nederbörd som följd av ett sådant regn, och hur mycket som skulle rinna av till dagvattendammen. Med hjälp av Eniros flygfoton uppskattades dammens yta till 3200 m². Då vattennivån i dammen varierar mellan höjden +17,08 m ö.h. för lågvattennivå och +18,08 m ö.h. för högvattennivå så är vattenmängden som dammen kan ta emot innan översvämning sker ca 3200 m³. Det här resultatet är dock en förenkling av verkligheten, då det bygger på antagandet är dammens sidor är vertikala snarare än lutande, vilket är det verkliga fallet. För att få en bild av om det här antagandet kommer ha en betydande påverkan på evalueringen av dammen genomförs beräkningar med syfte att få fram den procentuella skillnaden i dagvattenvolym som dammen kan omhänderta om den hade en konformad eller cylindrisk form. Dessa beräkningar finns presenterade i Appendix II och visar att antagandet att dammen är cylindriskt utformad inte kommer påverka resultatet märkbart.

Vattenmängden som når dammen under ett 10-årsregn med olika varaktigheter mellan 5 minuter och 24 timmar beräknades. I beräkningarna togs hänsyn till den sammanvägda avrinningskoefficienten för området. Vattenmängderna som når dammen jämfördes sedan med vattenmängden som krävs för att dammen ska översvämmas. Vattenmängden som krävs för översvämning är beräknad till 3200 m³ + 40 l/s under hela regnets varaktighet, för att kompensera för den vattenmängd som rinner ut. Resultatet visas i nedanstående tabell.

Tabell 3-6. Tabell som visar hur vattenmängden i Raus Vångs dagvattendamm förändras med tiden vid ett 10-årsregn med olika varaktigheter

Varaktighet, min	Intensitet, l/s, ha	Vattenmängd som når dammen, m ³	Sker översvämning?
5	313,5	1020,5	Nej
10	228,0	1484,0	Nej
15	180,6	1763,6	Nej
20	151,0	1966,6	Nej
25	130,7	2126,9	Nej
30	115,7	2260,2	Nej
40	95,0	2475,0	Nej
50	81,3	2646,0	Nej
60	71,4	2789,2	Nej
90	53,3	3121,0	Nej
120	43,2	3370,5	Nej
240	25,9	4043,5	Ja

Ovanstående tabell kan även illustreras i figur 3-13.



Figur 3-13. Jämförelse mellan inkommande vattenmängd och kapacitet vid ett 10-årsregn

Enligt ovanstående beräkningar och figur kommer dammen alltså att översvämmas av ett 10-årsregn som har en varaktighet som är högre än 146 minuter, d.v.s. strax över 2 timmar.

3.3.2 Scenario 2

I scenario 2 antas hela omgivande området i Raus vång bidra till dagvattenavrinningen till dammen. Hela området är uppmätt med hjälp av Eniros flygbilder till att ha en area av 481668 m². Utöver de bostadsområden som finns beskrivna i scenario 1 finns det ytterligare ett litet bostadsområde, beläget öster om område 4, som härnäst kommer benämnas ”område 7”. Enligt uppgifter från NSVA bidrar dock inte område 7 till avrinningen till Raus Vångs dagvattendamm, vilket också kan ses i nedanstående figur. Området som antas bidra till avrinning till dammen i scenario 2 visas i figur 3-14.

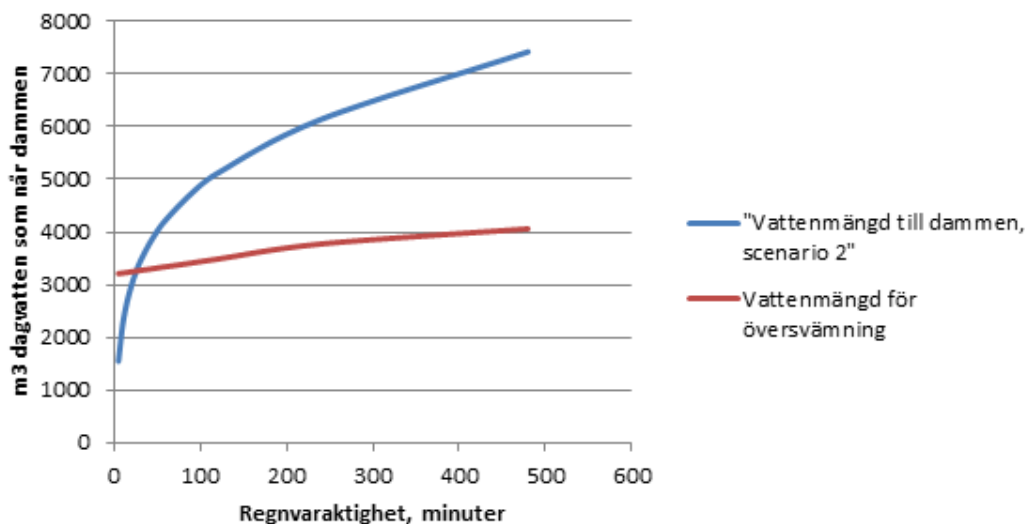


Figur 3-14. Flygbild som visar det antagna avrinningsområdet till Raus Vångs dagvattendamm för scenario 2

Den delen av vad som antas vara avrinningsområdet i scenario 2 som inte ligger inom något av de tidigare beskrivna bostadsområdena består mestadels av gräs och grönområden. Hela avrinningsområdet har en total area av 481668 m², inom vilket samtliga tidigare beskrivna områden ingår. Eftersom avrinningskoefficienten för samtliga bostadsområden redan har beräknats kommer de kommande beskrivningarna och beräkningarna enbart röra de områden i figur 3-14 som inte tidigare har beskrivits. Avrinningskoefficienten för scenario 2 beräknas till 0,29 enligt beskrivningar och beräkningar i appendix III.

En tydlig skillnad på avrinningskoefficienten för de båda avrinningsområdena i scenario 1 och scenario 2 kan urskiljas. Den stora skillnaden beror på att hustak, asfalterade ytor och andra hårdgjorda ytor i bostadsområdena har utgjort en relativt hög procent av avrinningsområdenas yta i scenario 1. I scenario 2, däremot utgör grönområden, som har en betydligt lägre avrinningskoefficient, de största ytorna. Detta leder till att avrinningskoefficienten för hela området blir märkbart lägre. Dock blir avrinningsområdets yta större för scenario 2 än vad den är i scenario 1, vilket leder till att mängden vatten som avrinner till dagvattendammen ökar.

Hur risken för översvämning ser ut för scenario 2 illustreras i figur 3-15.



Figur 3-15. Illustration för när översvämning sker i Raus Vångs dagvattendamm av ett 10-årsregn, scenario 2

Man kan i figur 3-15 se att en översvämning sker om ett 10-årsregn inträffar som har en högre varaktighet än 20 minuter. Anledningen till detta är att arean för avrinningsområdet är så pass stor att det räcker med en liten mängd regn över hela området för att dammen ska översvämmas, även om 40 l/s pumpas ut från dagvattendammen. Man bör dock komma ihåg att det här är ett "värsta fall"-scenario för att illustrera avrinningsförhållandena då avrinningsområdet antas vara så stort som det kan vara och att detta troligtvis inte motsvarar de verkliga förhållandena. Det i verkligheten tillhörande avrinningsområdet ligger troligtvis någonstans mellan de 2 scenariorna, d.v.s. områdena som ligger närmst dammen bidrar till avrinningen, men avrinningsområdet tar inte upp hela ängsområdet. För att definiera ett exakt avrinningsområde skulle höjdkurvor för området behövas.

Det är okänt hur mycket vatten som rinner ut ur dammen då ett regn med en återkomsttid högre än 10 år inträffar, men eftersom utflödet från dammen sker utan pump och därmed enbart med gravitation så kan man anta att utflödet från dammen bör vara ungefär detsamma då dammen svämmer över, oavsett vilken återkomsttid som regnet som får dammen att svämma över har. Antagandet grundar sig på att eftersom ingen pump används för att vattnet ska rinna ut ur dagvattendammen så är det enbart gravitation som styr utflödet. Trycket från vattnet, samt gravitationskraften bör vara densamma då dammen flödar över av ett 10-årsregn som av ett 20-årsregn, då vattennivån kommer vara lika hög. Därför är resultatet av evalueringen att regn som har en återkomsttid på 10 år och en varaktighet på över 20 minuter kommer att svämma över dammen. Även regn som har en intensitet så hög som 20 år och en varaktighet på 5 minuter eller mer kommer att orsaka en översvämning. Ett regn med en återkomsttid på 5 år och en varaktighet upp till 24 en timme däremot, ger inte en vattenmängd som är tillräckligt hög för att orsaka översvämning.

För att evaluera hur många gånger per år som dammen översvämmas för scenario 1 och scenario 2 så har ett punktdiagram för varje scenario ställts upp. I diagrammen visas de 10 regn för varje område och år i förhållande till var gränsen för översvämning för dammen ligger, beroende på avrinningsområdet. Formeln som har använts för att beskriva var gränsen för översvämningen ligger har beräknats till:

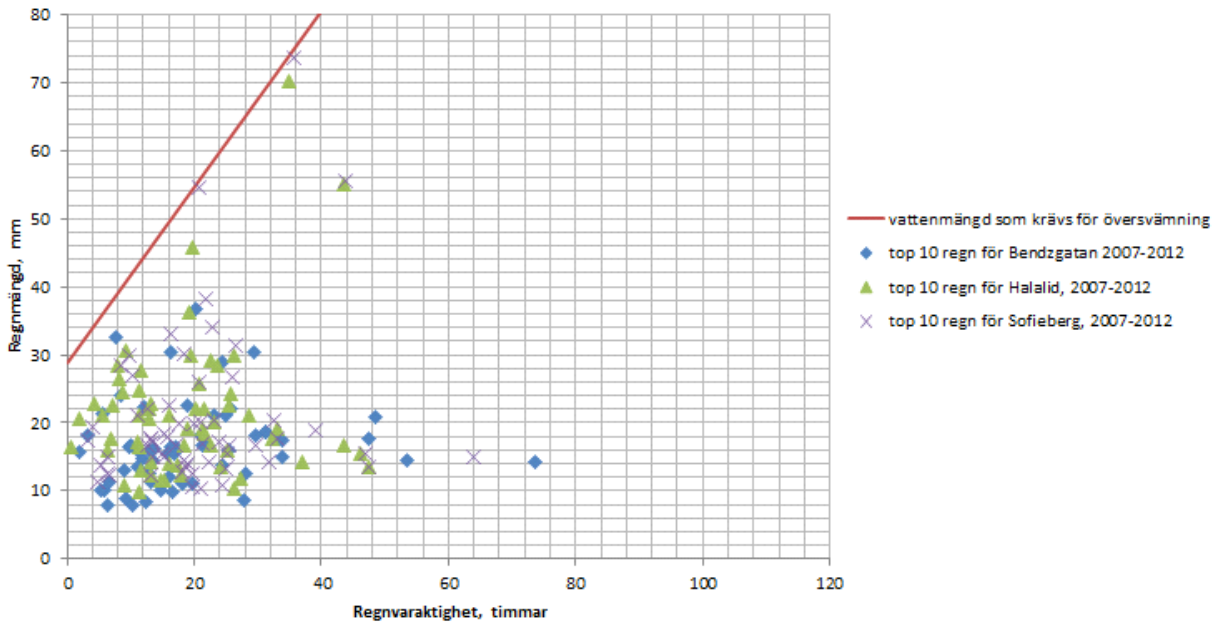
$$V_{\text{översvämning}} = 3200 + 0,040 * 60 * t \quad (22)$$

där

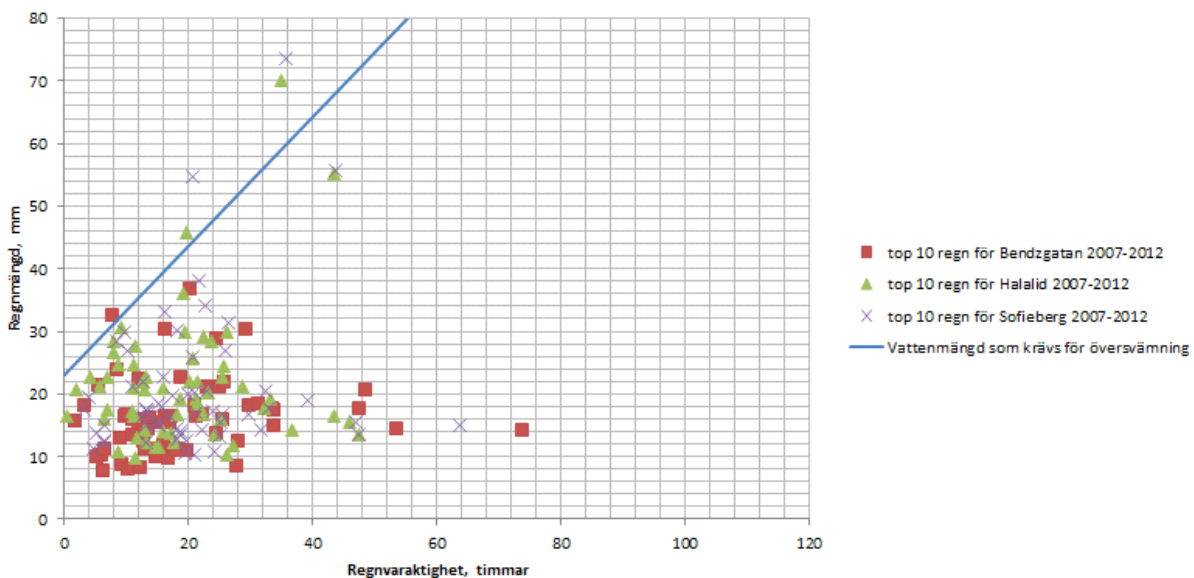
$V_{\text{översvämning}}$ = Vattenmängden som behövs för att orsaka översvämning [m^3]

3200 = Volymskillnad mellan lågvattennivå och högvattennivå [m^3]

t = Regnets varaktighet [minuter]



Figur 3-16. Diagram som visar hur många regn som registrerats vid Bendzgatan, Halalid och Sofieberg och som haft potential att översvämma Raus Vångs dagvattendamm mellan 2007-2012, enligt scenario 1



Figur 3-17. Diagram som visar hur många regn som registrerats vid Bendzgatan, Halalid och Sofieberg och som haft potential att översvämma Raus Vångs dagvattendamm mellan 2007-2012, enligt scenario 2

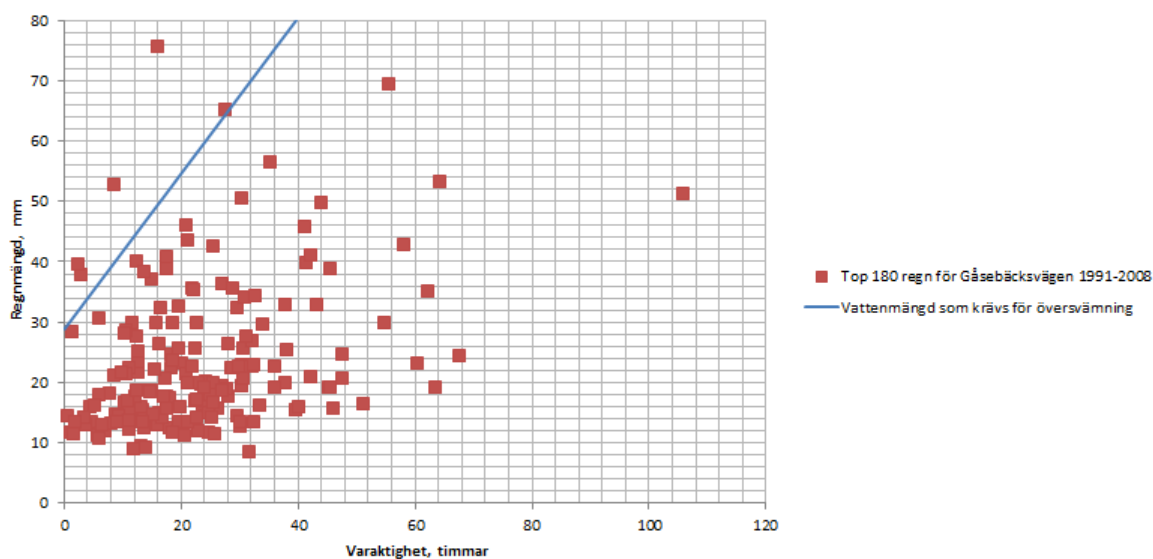
Som figur 3-16 visar så hade inget av de regn som ägde rum i Bendzgatan, Halalid eller Sofieberg egenskaper sådana att dagvattendammen i Raus Vång skulle ha översvämmats i scenario 1, d.v.s., om avrinningsområdet enbart består av det närliggande bostadsområdet så

kommer inte den avrinnande vattenmängden vara tillräcklig för att orsaka översvämning. Det regn som var närmast kan urskiljas i figuren och har en varaktighet på 20,8 timmar och gav en total vattenmängd av 54,6 mm. Genom beräkningar med Dahlströms formel kan återkomsttiden för ett sådant regn beräknas till ungefär 6,3 år.

I figur 3-17 däremot, kan man tydligt se att ett flertal översvämningar hade skett under perioden 2007-2012 om avrinningsområdet för dammen ser ut så som den beskrivs i scenario 2. 5 punkter i diagrammet ligger över linjen som beskriver gränsen för en översvämning. Den punkten som orsakar översvämning som har den lägsta varaktigheten hade en varaktighet på 8 timmar och gav en regnmängd på 28,4 mm över avrinningsområdet. Med beräkning av Dahlströms formel har ett sådant regn en återkomsttid på 1,9 år, vilket innebär att dammen skulle översvämmas relativt ofta. För att få en uppskattning av hur vattnet skulle rinna om dammen översvämmas skulle höjdkurvor av det närliggande området behöva användas. Tyvärr har inga sådana kartor kunnat erhållas.

De två punkter som sticker ut mest i samma diagram, då de långt överstiger gränsen för översvämning har varaktigheterna 34,9 respektive 35,7 timmar och gav upphov till 70, respektive 73,6 mm. Regnet som varade i 34,9 timmar förekom i Halalid 2008, under tiden 02:21 2008-08-04 – 13:19 2008-08-05 och regnet som varade i 35,7 timmar förekom i Sofieberg mellan 01:09 2008-08-04 – 12:43 2008-08-05. Då man tittar på datumen för de båda regnen kan man se att deras starttid och sluttid i Halalid och Sofieberg skiljer sig med mindre än en timme och man kan därför dra slutsatsen att de båda punkterna i diagrammet i själva verket är samma regn som har registrerats av 2 olika regnmätare. Genom beräkningar med Dahlströms formel erhöles resultatet att återkomsttiderna för de båda regnen är 7,25 och 8,64 år, vilket tyder på att regnets intensitet var något högre vid Sofieberg än vad det var vid Halalid. Samma regn registrerades dock inte i vid området Bendzgatan. Att regn med så korta återkomsttider orsakar översvämningar pekar på att dammen i Raus Vång översvämmas för ofta och justeringar kan behöva göras om scenario 2 visar sig ligga nära de verkliga förhållandena.

Om samma undersökning görs med regndatan för Gåsebäcksvägen under perioden 1991-2008 kan figur 3-18 ställas upp.



Figur 3-18. Undersökning av översvämningar i Raus Vång, scenario 1, efter Gåsebäcksvägens regndata

I figur 3-18 kan man urskilja 5 olika regn som, om de hade ägt rum i Raus Vång, hade orsakat en översvämning av Raus Vångs dagvattendamm, även om avrinningsområdet enbart bestod av bostadsområdena i scenario 1. Detta är en stor kontrast till den tidigare presenterade 3-16, där inget regn som registrerades vid Bendzgatan, Halalid eller Sofieberg hade kunnat göra detta under perioden 2007-2012. Den främsta anledningen till skillnaden mellan de båda resultaten är att 4 av de 5 regn som hade intensiteter och varaktigheter tillräckligt höga för att orsaka översvämningar var under perioden 1994-2004, d.v.s. under perioder då regndata för Bendzgatan, Halalid och Sofieberg inte fanns tillgängliga. De regn som ligger över linjen som markerar gränsen för översvämning i ovanstående figur presenteras i tabell 3-7 nedan.

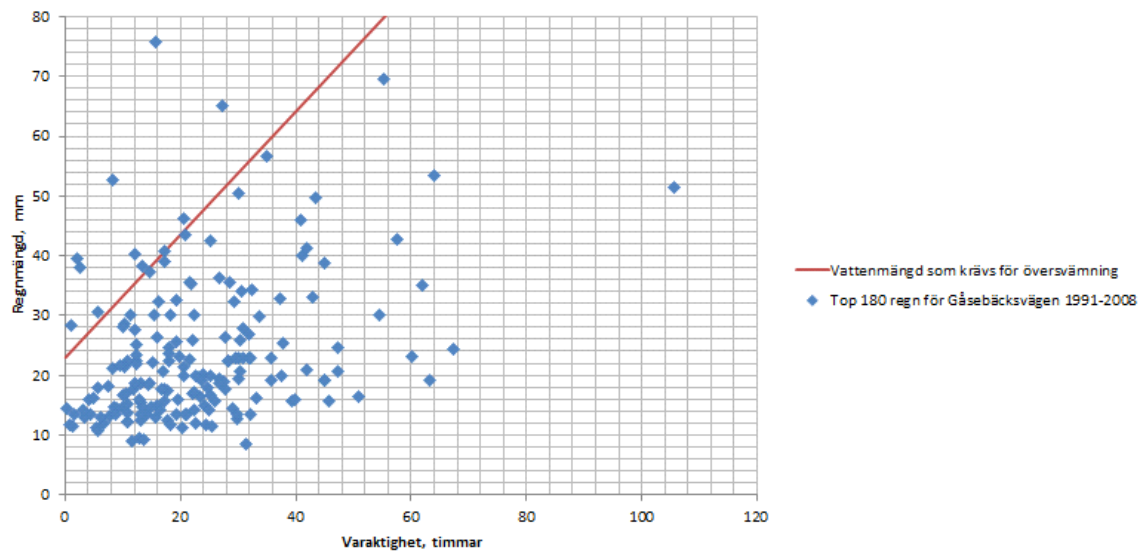
Tabell 3-7. Egenskaper hos de regn som kunnat orsaka översvämning av Raus Vångs dagvattendamm, scenario 1

Regn nr:	Varaktighet, timmar	Regnmängd, mm	år	Starttid	Sluttid	Återkomsttid, år
1	15,95	75,8	1994	94-09-15 03:00	94-09-15 18:27	30,67
2	27,49	65,2	2004	04-07-20 20:08	04-07-21 23:37	8,3
3	7,4	52,8	2004	04-06-09 04:32	04-06-19 12:55	18,43
4	2,33	39,6	2007	07-08-11 15:27	07-08-11 17:42	18,93
5	2,85	38	2004	04-07-18 03:55	04-07-18 06:46	14

Enligt tabell 3-7 så var det 5 regn under perioden 1991-2008 som hade egenskaper sådana att de hade kunnat översvämma Raus Vångs dagvattendamm. Ett av regnen ägde rum 1994, tre av de ägde rum 2004 och ett av de inträffade 2007. Återkomsttiderna för samtliga regn beräknades med hjälp av Dahlströms formel och man kan se att de tre regnen som inträffade 2004 har återkomsttider 8,3 år, 18,43 år och 14 år. Att tre regn med så höga återkomsttider ska inträffa under samma år är väldigt osannolikt men som tabell 3-7 visar så är det möjligt.

Då vi undersöker hur många regn som registrerades vid Bendzgatan, Halalid och Sofieberg som haft potential att översvämma dagvattendammen i Raus Vång om antagandet görs att scenario 2 ligger nära de verkliga förhållandena erhålls figur 3-19.

Om man även ser på hur översvämningsrisken för Raus Vång ser ut i scenario 2 då man jämför denna med Gåsebäcksvägens regndata kan figur 3-19 ställas upp.



Figur 3-19. Undersökning av översvämningar i Raus Vång, scenario 2, enligt Gåsebäcksvägens regndata

Som man kan se i figur 3-19 förekom var det 10 regn under perioden 1991-2008 som registrerades vid Gåsebäcksvägen som hade möjlighet att översvämma dagvattendammen i Raus Vång. Även detta är en ökning i jämförelse med när samma undersökning gjordes med de regn som registrerades för Bendzgatan, Halalid och Sofieberg. Anledningen till skillnaden mellan regnen i de båda figurerna är att av de 10 regnen som har egenskaper sådana att en översvämning skulle kunna ske så ägde enbart 2 av de rum under perioden 2007-2012. De övriga 8 regnen inträffade mellan 1994-2004.

3.3.3 Scenario 3

Trots att höjdkurvor skulle behövas för att definiera ett exakt avrinningsområde så var skillnaden mellan antal översvämningar i scenario 1 och scenario 2 så stora att det är nödvändigt att uppskatta ett ungefärligt avrinningsområde för att utreda huruvida justeringar av dammen i Raus Vång behövs eller inte. Genom att observera de kringliggande ytorna på plats kan lutningen på marken i området observeras för att på så vis få en uppfattning av ungefär var gränserna för avrinningsområdet går och vilka delar av området som har en avrinning till dammen, respektive avrinning till andra delar av området. Med hjälp av fotografier som presenteras i appendix IV uppskattades därför avrinningsområdet omkring dammen till det område som ligger innanför den ljusblåa markeringen i figur 3-20 nedan. Området i figuren har en area av 8030 m², varav 2300 m² är själva dammens yta.



Figur 3-20. En uppskattning av vilka delar av det kringliggande området som bidrar till avrinning till dammen i scenario 3

Området som presenteras i figur 3-20 är kompletterande till det som använts i scenario 1 och som beskrivs i figur 3-11. Detta innebär att enligt uppskattningen från de bilder som visas i appendix II så kan det totala uppskattade avrinningsområdet för Raus Vångs dagvattendamm beräknas ha en area av:

$$A_{\text{scenario 3}} = A_{\text{scenario 1}} + A_{\text{omkringliggande}} = 254048 + 2300 = 265278 \text{ m}^2 \quad (23)$$

där

$A_{\text{scenario 1}}$ = Areal för avrinningsområdet som beskrivs i scenario 1 [m²]

$A_{\text{omkringliggande}}$ = uppskattad area för det omkringliggande området vid dammen [m²]

Storleken på de olika delareorna i det omkringliggande området som visas i figur 3-20 beskrivs i tabell 3-8.

Tabell 3-8. Storleken på delytorna i scenario 3

Yttyp	Storlek, m ²
Gräs	5073
Grus	657
Vatten	2300
Σ 8030	

När storleken hos de olika delareorna är kända kan en avrinningskoefficient för hela avrinningsområdet i scenario 3 beräknas. Det är sedan den tidigare beskrivningen känt att bostadsområdet som bidrar med avrinning har en area av 254048 m² och en beräknad avrinningskoefficient på 0,44. Avrinningskoefficienten för det totala avrinningsområdet kan

med hjälp av ekvation 2 därför beräknas till:

$$\varphi_{\text{Scenario 3}} = \frac{254049 \cdot 0,44 + 5073 \cdot 0,1 + 657 \cdot 0,2 + 2300 \cdot 1}{254049 + 5073 + 657 + 2300} = 0,44 \quad (24)$$

Man kan i ovanstående beräkning se att avrinningskoefficienten inte förändras mellan scenario 1 och scenario 2. Eftersom det uppskattade området runt dammen är relativt litet i jämförelse med den totala arean av 265278 m² så är detta dock inte förvånande. Formeln som tidigare använts i ekvation 29 kan återigen användas för att beräkna var gränsen för översvämning av Raus Vångs dagvattendamm:

$$V_{\text{översvämning}} = 2300 + 0,040 \cdot 60 \cdot t \quad (25)$$

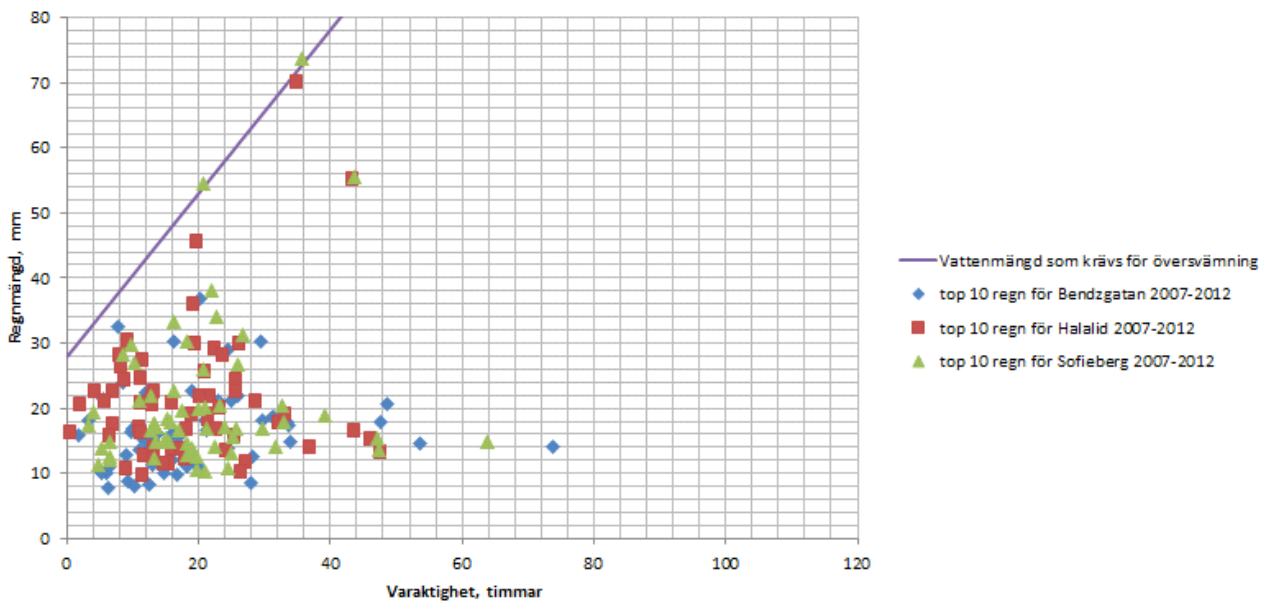
där

$V_{\text{översvämning}}$ = Vattenmängden som behövs för att orsaka översvämning [m³]

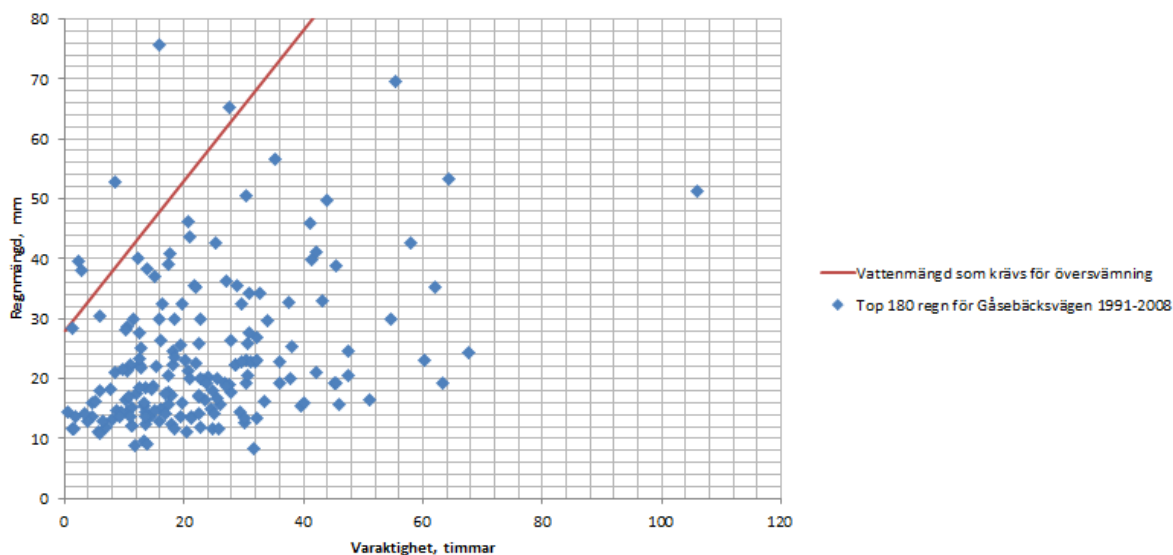
3200 = Volymskillnad mellan lågvattennivå och högvattennivå [m³]

t = Regnets varaktighet [minuter]

För att se hur många potentiella översvämningar av Raus Vångs dagvattendammar som kan ha inträffat med regndatan från Bendzgatan, Halalid, Sofieberg och Gåsebäcksvägen ställs följande figurer upp:



Figur 3-21. Top 10 regn varje år för Bendzgatan, Halalid och Sofieberg, samt en linje som visar gräns för översvämning för scenario 3



Figur 3-22. Top 10 regn varje år för Gåsebäcksvägen, samt gränsen för vad som översvämmar dammen, scenario 3

Enligt ovanstående figurer har två av de regn som registrerats vid Bendzgatan, Halalid och Sofieberg under perioden 2007-2012 haft potential att översvämma Raus Vångs dagvattendamm, vilket skiljer sig från scenario 1. Då man istället ser på regndatan som registrerats vid Gåsebäcksvägen under perioden 1991-2008 ser man att det har funnits 5 regn som haft potential att översvämma Raus Vångs dagvattendamm och regnen som har potential att översvämma dammen är desamma som de som beskrivs i tabell 3-7. Detta tyder på att antagandet att scenario 1 ligger närmare verkligheten än scenario 2 var korrekt.

Inga höjdkurvor eller liknande utrustning finns för området, men då man tittar på figur a-2 i appendix IV kan man urskilja en vall mellan bostadsområdet och dagvattendammen. Vallen skyddar bostadsområdet från eventuella skador då en översvämning av dammen uppstår. Man kan också se i figur a-5 att marken ett par meter nordväst om dammen har en brant lutning i nedåtgående riktning. Nedanför backen finns ingen bebyggelse utan enbart gräsklädda fält och buskage. Om dammen skulle översvämmas kraftigt bör dagvattnet ledas nedför backen och bort från bostadsområdena, vilket innebär att hus och andra bebyggelser inte bör ta skada om en översvämning inträffar.

3.4 Vasatorps trädgård - Barnens skog

Ca 3 km öster om centrala Helsingborg ligger Vasatorps trädgård belägen. I området har det tidigare funnits 5 fördröjningsmagasin för dagvatten men under 2010 konstruerades ytterligare en dagvattendamm för att komplettera en befintlig dagvattendamm i samband med byggnationer i området. De båda dammarna är anslutna till varandra med 3 ledningar med diametern 800 mm.

Den sedan tidigare befintliga dagvattendammen, som här benämns som ”damm 1”, har ett avrinningsområde med en total area på ca 160 ha och avrinningsområdets reducerade area är 32 ha. Magasinsvolymen är 6000 m³ och det dimensionerande regnet är ett regn med en återkomsttid på 2 år och en varaktighet på 2 timmar. Högvattenytan är 39,6 m ö.h. och lågvattenytan är +38,60 m ö.h.

Den nya dammen, som härnäst benämns som damm 2, ligger i anslutning med damm 1 och de båda dammarna har samma avrinningsområde och högsta, respektive lägsta vattennivå.

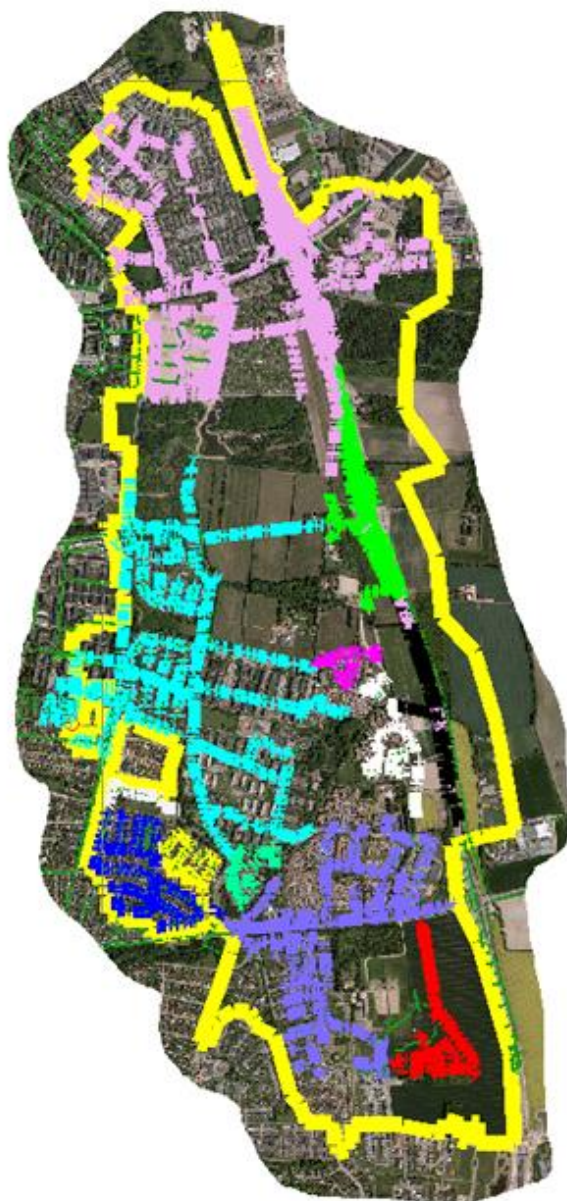
Ursprungligen var planerna för dammen att dess totala magasinvolym skulle vara 20 536 m³ och ha möjlighet att ha ett dimensionerande regn motsvarande ett 50-årsregn, men på grund av det omgivande naturområdet var inte detta möjligt. Dammen har anpassats efter omgivande naturområde och har en effektiv volym på 16 104 m³. Vid högvatten rymmer dammen 23 643 m³ och vid lågvatten rymmer dammen 7 539 m³. Tillsammans har damm 1 och damm 2, som tillsammans benämns som Regnbågsdammen, möjlighet att omhänderta 6000 + 16 104=22 104 m³ dagvatten. Utflödet ur dammarna är reglerad avtappning med 65 l/s.

Hela området Barnens skog är markerat i figur 3-23. Dammarna i området är markerade med vita prickar.



Figur 3-23. Beskrivning av området Barnens skog, med markerade dagvattendammar

För att möjliggöra en evaluering av dammarna behöver man först undersöka de olika avrinningsområdena. Utöver dagvatten till följd av regn finns det även en äppelodling tillhörande Ramlösa Plantskola som kan ge upphov till dagvatten som behöver omhändertas. De olika avrinningsområdena är markerade i figur 3-24.



Figur 3-24. Samtliga ledningsnätsområden i Barnens skog markerade

bebyggas, vilket innebär att mängden hårdgjorda ytor i området ökar och mängden gröna ytor i området minskar i förhållande till hur området såg ut innan byggnationerna. En annan förklaring till skillnaden är att samtliga värden för olika materials avrinningskoefficienter i den här undersökningen är bestämda till att vara så höga som möjligt, för att beräkningar med ”worst case”-scenario ska vara möjliga.

Som flödesschemat i figur 3-25 visar så är det endast avrinningsområde A som bidrar till dagvattenavrinningen till Regnbågsdammen. Avrinningsområdet har en total area på nästan 1650000 m² och en beräknad avrinningskoefficient på 0,30. Dammen är dimensionerad för att ta hand om allt dagvatten som kommer till följd av ett 2-års-regn med en 2 timmar lång varaktighet (NSVA). Enligt tabell 5-4 är intensiteten för ett 2-årsregn med en återkomsttid på 2 timmar i Helsingborg 28 l/s, ha. Då området har en total area av 163,71 ha innebär detta att det totala dagvattenflödet till de båda dammarna som följd av ett regn med liknande karaktär blir:

$$Q_{in,bågsdammen} = i * A_A * \varphi_A = 0,028 * 163,71 * 0,30 = 1,38 \text{ m}^3/\text{s} \quad (26)$$

där

$$Q_{in,Regnbågsdammen} = \text{Inkommande flödet till Regnbågsdammen [m}^3/\text{s]}$$

$$i = \text{Intensiteten hos regnet [m}^3/\text{s, ha]}$$

$$A_A = \text{Arean för område A [ha]}$$

$$\varphi_A = \text{Avrinningskoefficient för avrinningsområde A [-]}$$

Avtappningen av dagvattnet i dammarna regleras till ett konstant flöde av 65 l/s. Volymen vatten i dammen kan därför beskrivas med:

$$V_{regnbågsdammen} = (Q_{in} - Q_{ut}) * t_{regn} = (1,38 - 0,065) * t_{regn} \quad (27)$$

där

$$V_{regnbågsdammen} = \text{Volymen dagvatten i Regnbågsdammen efter ett regn med varaktighet t [m}^3\text{]}$$

$$Q_{in} = \text{inkommande dagvattenflödet till Regnbågsdammen [m}^3/\text{s]}$$

$$Q_{ut} = \text{utgående dagvattenflöde från Regnbågsdammen [m}^3/\text{s]}$$

$$t_{regn} = \text{regnets varaktighet [s]}$$

Dammen översvämmas då den totala inflödande vattenmängden överskrider 22 104 m³. Genom att studera ovanstående samband erhålls den varaktighet som ett regn med intensiteten 28 l/s, ha som krävs för att Regnbågsdammen ska översvämmas. Resultatet visas i tabell 3-10.

Tabell 3-10. Tabell som visar vilken varaktighet ett 2-årsregn behöver för att Regnbågsdammen ska översvämmas

Regnets varaktighet, timmar	Vattenmängd till damm 1 och 2, m ³	Sker översvämning?
1	4650,1	Nej
2	9300,2	Nej
3	13950,2	Nej
4	18600,3	Nej
5	23250,4	Ja

Som tabellen visar så skulle ett regn med en återkomsttid på 2 år och en varaktighet på 2 timmar inte översvämma dammen. Om regnets intensitet antas ha ett konstant värde av 28 l/s,

ha under hela regnförloppet så skulle dess varaktighet behöva överskrida 4,7 timmar för att en översvämning ska ske.

Om man däremot skulle genomföra samma beräkning för enbart den gamla dammen, damm 1, som har en maxvolym på 6000 m³, så skulle en översvämning ske efter 1,3 timmar, vilket visar att byggnationen av damm 2 var nödvändig i samband med byggnationerna i omgivningen.

För att göra en uppskattning av hur ofta Regnbågsdammen kan förväntas svämma över genomfördes en jämförelse mellan den uppskattade regnmängden som krävs för översvämning av dammarna och de regndata som tidigare presenterats för Bendzgatan, Halalid, Sofieberg och Gåsebäcksvägen.

Vattenmängden som krävs för att översvämma Regnbågsdammen och arean till dess avrinningsområde har presenterats i beskrivningen av dammens utformning och funktionalitet. Med hjälp av dessa värden kan den teoretiska vattenhöjd över hela ledningsområde A beräknas, för vilken den samlade dagvattenvolymen är densamma som dagvattendammens kapacitet. Vattenhöjden beräknas enligt följande formel:

$$h_{\text{regn,ledningsområde A}} = \frac{V_{\text{regnbågsdammen}}}{A_A \cdot \varphi_A} = \frac{22104}{1637096 \cdot 0,3} = 0,045 \text{ m} = 45 \text{ mm} \quad (28)$$

där

$h_{\text{regn,ledningsområde A}}$ = Mängden vatten över området som motsvarar dammens kapacitet [m]

$V_{\text{regnbågsdammen}}$ = Dagvattenmängden som Regnbågsdammen är designad för [m³]

A_A = Areal för ledningsområde A [m²]

φ_A = Avrinningskoefficienten för ledningsområde A [-]

Utflödet ur dammen är av typen reglerad avtappning med ett flöde av 0,065 m³/s. Detta innebär att utöver de 45 mm som krävs över hela området för att fylla dammen så krävs även 0,065 m³/s för att kompensera utflödet. Vattenmängden som krävs under ett regn för att orsaka en översvämning är därmed beroende av regnets varaktighet. Sambandet beskrivs med:

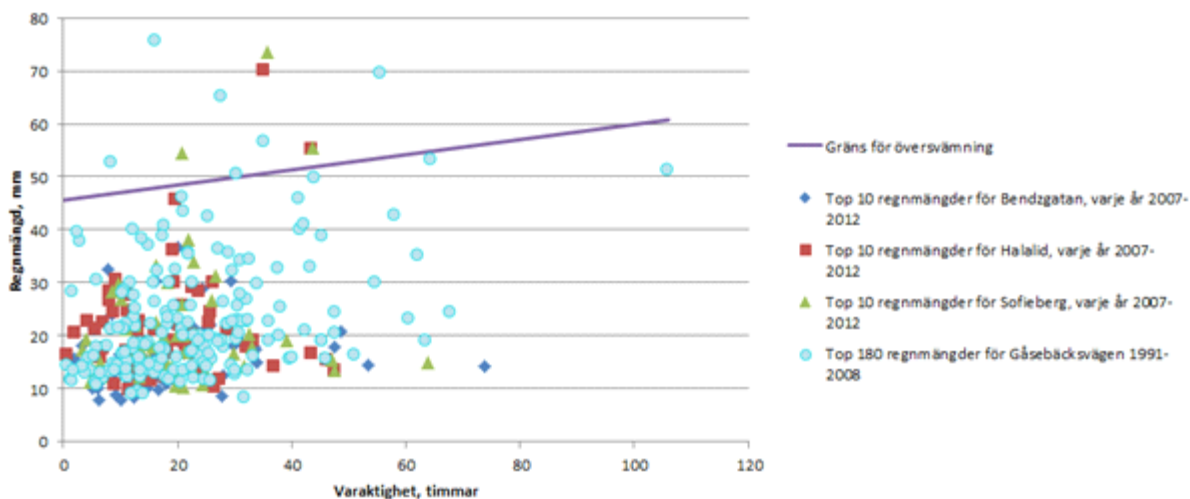
$$h_{\text{ö}} = 45 + \frac{0,065 \cdot 3600 \cdot t \cdot 1000}{1637096} = 45 + 0,143 \cdot t \quad (29)$$

där

$h_{\text{ö}}$ = Vattenhöjden över området som orsakar översvämning, beroende på regnets varaktighet [m]

t = Regnets varaktighet [h]

Vid undersökning av de kraftigaste regnen som inträffade vid Bendzgatan, Halalid och Sofieberg under perioden 2007-2012 och Gåsebäcksvägen under perioden 1991-2008 så erhöles figur 3-26.



Figur 3-26. Figur som visar hur många uppmätta regn som har potential att översvämma Regnbågsdammen i Barnens skog

Som figuren visar kan sammanlagt 11 regn urskiljas som har en intensitet och varaktighet som är tillräckligt hög för att orsaka översvämmning av Regnbågsdammen i Barnens Skog. Då 4 regnmätare vid olika positioner användes för att undersöka regnmängderna så finns det en möjlighet att några av regnen som haft potential att orsaka översvämmning i själva verket är samma regn, registrerat vid flera regnstationer. För att undersöka om detta är fallet undersöktes datumen då regnen som ligger över linjen inträffade. Resultatet presenteras i tabell 3-11.

Tabell 3-11. Varaktighet, regnmängd och datum för de registrerade regn som har potential att översvämma Regnbågsdammen

Område	Varaktighet, timmar	Regnmängd, mm	Regn, start	Regn, slut
Sofieberg	20,76	54,6	2007-07-04 21:57	2007-07-05 18:36
Gåsebäcksvägen *	35,14	56,6	2008-08-04 02:39	2008-08-05 13:36
Halalid	34,96	70,2	2008-08-04 02:33	2008-08-05 13:19
Sofieberg	35,22	73,6	2008-08-04 01:09	2008-08-05 12:43
Sofieberg	43,66	55,6	2009-06-11 12:24	2009-06-13 07:01
Halalid	43,48	55,2	2009-06-11 12:44	2009-06-13 07:55

*Tidpunkten för regn registrerade vid Gåsebäcksvägen under perioden 1991-2006 undersöktes inte, då inga regnvärden finns registrerade för de övriga områdena under den perioden

I tabell 3-11 ovan framgår att tre av regnen som har potential att orsaka översvämmning inträffade den fjärde augusti 2008 och hade start- och sluttider som registrerades inom loppet av en halvtimme i Gåsebäcksvägen, Halalid och Sofieberg. Även regnen som registrerades vid Sofieberg och Halalid den elfte juni 2009 har snarlika start-och sluttider och även regnmängder. Det är därför inte orimligt att anta att de här fem olika punkterna som tyder på översvämmning i figur 3-26 i själva verket är två olika regn som registrerats på flera platser. Av de regn som inträffade vid Gåsebäcksvägen 1991-2008 och vid Bendzgatan, Halalid och Sofieberg är det alltså med hög sannolikhet enbart 8 regnförlopp som haft potential att översvämma dammarna så som de ser ut idag. Hur översvämningsrisken för damm 1 såg ut innan byggnationerna påbörjades och damm 2 följaktligen byggdes skiljer sig troligtvis från figur 3-26, då områdets avrinningskoefficient är lägre och det enbart fanns en dagvattendamm för området.

De övriga ledningsnätsområdena i Barnens Skog är inte anslutna till Regnbågsdammen, utan är istället kopplade till någon av de övriga dagvattendammarna eller ledningarna i området. Det kan därför vara intressant att beräkna vilka dagvattenmängder som ett regn av en viss karaktär kan ge upphov till i de olika områdena.

Enligt tabell 3-4 så kan intensiteten hos ett regn i Helsingborg med en varaktighet på 2 timmar och en 2 års återkomsttid uppskattas till 28 l/s, ha. Den uppskattade storleken och avrinningskoefficienten för ledningsnätsområdena vid Barnens Skog finns tidigare beskrivna i tabell 3-9 och med hjälp av dessa kan den samlade dagvattenavrinningen till varje dagvattendamm beräknas enligt:

$$Q_{in} = \Sigma(A_x * \varphi_x * i) + Q_{ut,damm,y} \quad (30)$$

där

Q_{in} = Inflödande dagvatten till damm x [m^3/s]

A_x = Arean för avrinningsområde z [ha]

φ_x = Avrinningskoefficient för avrinningsområde z [-]

i = Regnintensitet [$m^3/s, ha$]

$Q_{ut,damm,y}$ = Utflödet ur damm y, som leds in till damm x [m^3/s]

För att bestämma hur mycket vatten som når dammarna beräknas den totala mängden dagvatten som rinner av varje område då ett 2-årsregn med en varaktighet på 2 timmar förekommer. Detta beräknas med hjälp av varje områdes storlek och avrinningskoefficient som finns beskrivna i tabell 3-9 och med formeln:

$$q_x = A_x * \varphi_x * i \quad (31)$$

där

q_x = Dagvattenflödet från avrinningsområde x [l/s]

A_x = Arean på avrinningsområde x [ha]

φ_x = Avrinningskoefficienten hos område x [-]

i = Intensiteten hos regnet [l/s, ha]

Bilder på dammarna i Barnens skog saknas i det här arbetet, men genom att studera flödesschemat i figur 3-25 kan man erhålla en bild av vilka avrinningsområden som leder vatten till varje dagvattendamm. Med dessa samband erhålls följande flöden från varje individuellt avrinningsområde, som visas i tabell 3-12.

Tabell 3-12. Beräknat utflöde från varje avrinningsområde i Barnens skog

Avrinningsområde	Dagvattenflöde, l/s
A	1356
B	108
C	188
D	1073
E	51
F	54
G	38
H	292
I	853
J	120
K	0
L	149
M	8

Anledningen till att flödet från område K är bestämt till 0 l/s är att dagvattnet som rinner av från område K till barnens skog är dräneringsvatten från en äppelodling. Äppelodlingen tillhör Ramlösa plantskola och använder dropp-bevattning som bevattningsmetod. På grund av detta tas huvuddelen av vattnet som används upp av växterna och avrinningen till omgivande område är försumbara (Ingvarsson, 2014).

Utflödena från dammarna är reglerade och hålls på en stadig nivå. Genom att observera vilka avrinningsområden som leder till varje damm, samt vilket reglerat utflöde varje damm har kan vattenmängderna i dammen observeras vid intresse. Vilka avrinningsområden som leder till varje damm, samt inflödet och utflödet för varje individuell damm presenteras i tabell 3-13.

Tabell 3-13. Detaljer för de individuella dammarna i Barnens Skog

Damm	Tillhörande avrinningsområden och dammar	Inflöde, l/s	Utflöde, l/s
1 & 2	A	1357	25
3	B, C, L, M, Damm 6	329	30
4	J	120	45
5	D, (E), G, H, I, Damm 1&2. Damm 3	2352 (2403)	1000
6	L	149	25

I tabell 3-13 kan man se att damm 5 har två olika värden för inflödet. Detta beror på att dagvattnet vid avrinningsområde E kan komma att ledas till damm 5, men detta är inte fallet i dagsläget. Det reglerade utflödet från damm 4 är i dagsläget inställt på 45 l/s, men kan också ställas in på 32 l/s eller 53 l/s om behov för detta finns. Utflödet från damm 3 är inställt på 1 l/s, ha och på grund av storleken på de angränsande avrinningsområdena motsvarar detta ett utflöde på 30 l/s (Karlsson, 2014).

4 Diskussion

Resultatet av evalueringarna av de olika dammarna har presenterats och det ser inte ut som att någon av dammarna behöver justeras på grund av att de översvämmas för ofta eller riskerar att skada bebyggelser i närbelägna områden. Vissa antaganden har dock gjorts som påverkar resultatet av undersökningarna och om de hade gjorts annorlunda hade resultatet kunnat variera.

Undersökningarna av huruvida dagvattendammarna i arbetet kan omhänderta de dagvattenmängder som de är utformade för har utförts genom att jämföra dammarnas kapacitet med tidigare regndata som har registrerats i Bendzgatan, Halalid och Sofieberg under 2007-2012 och Gåsebäcksvägen under perioden 1991-2008.. Då de automatiska regnmätarna har registrerat regn med en period av 8 timmar mellan värdena har antagandet gjorts att det är 2 olika regntillfällen, enligt MIT-metoden där MIT har tilldelats tiden 8 timmar. Det anses väl motiverat att använda MIT-metoden snarare än AWI-metoden och det finns även en logisk grund i valet av tidsperioden 8 timmar, i och med att dagvattnet från tidigare regn som fastnat i gropar och ojämnheter bör ha evaporerat eller infiltrerat marken och därmed inte bör påverka dagvattnet från kommande nederbördstillfällen. Det är dock individuellt vilken tidsperiod som man kan anse vara passande att använda som MIT och som figur 2-4 visar så skulle en ändring av MIT-värdet medföra skillnader i uppskattningen av antal regn som förekommit, samt vilka regnmängder, varaktigheter och intensiteter som dessa kan antas ha haft. En ändring av MIT skulle medföra skillnader i resultatet av samtliga dagvattendammar och det vore intressant att undersöka om dammarna skulle anses vara korrekt dimensionerade med olika MIT. Detta var dock inte genomförbart inom ramen för det här arbetet, på grund av antal regnmätningar för de olika stationerna och den tid det tar att urskilja varje regntillfälle. Ett annat alternativ för att avgöra den tid som ett uppehåll ska ha för att två regntillfällen ska kunna kategoriseras som två skilda regn skulle också kunna vara att ta hänsyn till tömningstiden för dammarna.

Samtliga beräkningar för huruvida ett regn har varit tillräckliga för att översvämma dammarna har genomförts med antagandet att vattenmängden i dammarna har legat på en låg nivå vid regnets starttid. Detta är en förenkling av de verkliga förhållandena, där det är möjligt att vattennivån i en damm på grund av tidigare regntillfällen fortfarande är hög då ett regntillfälle påbörjas. Vattennivån i dammarna bör hinna sjunka markant under de 8 timmar som krävs för att två regntillfällen ska räknas som separata regn men huruvida vattennivån i en damm kan antas hinna återgå till sitt normalläge eller till en låg nivå är alltså inte diskuterat i det här arbetet.

Samtliga ytor som har mätts upp har mätts upp med manuell kartering. Detta innebär att den mänskliga faktorn är med och påverkar resultatet. Mätningen av alla delytor har genomförts med stor försiktighet och så hög precision som möjligt för att alla evalueringar och beräkningar ska vara så pålitliga som möjligt. Om ett program som t.ex. GIS hade använts skulle dock mätningarna med största sannolikhet vara något mer exakta, men eftersom mätningarna gjordes med hög precision så bör skillnaderna i de olika ytornas areor om GIS eller ett liknande program använts vara minimal. En till faktor som man bör nämna som kan påverka resultatet är det faktum att flygfotona inte är tagna helt ovanifrån, utan har en viss vinkel. Areorna som mäts upp med fotona är därför inte helt exakta, utan en liten skillnad bör finnas mellan de uppmätta ytorna och de verkliga förhållandena. Dock är vinkeln som bilderna har tagits med liten och resultatet bör inte påverkas nämnvärt av detta.

När det gäller att avgöra huruvida dammarna som evalueras är korrekt dimensionerade är det svårt att avgöra exakt var gränsen går för när justeringar behöver genomföras. Vid evalueringen av dagvattendammen som ligger i Rydebäck har inget regn som registrerats vid Bendzgatan, Halalid, Sofieberg eller Gåsebäcksvägen haft egenskaper sådana att de kunnat översvämma dammen om de hade inträffat i dess avrinningsområde. Detta är inte förvånande, eftersom dammen är dimensionerad för ett regn med en återkomsttid på 50 år och då man tittar på en IDF-kurva så ser det ut som att det skulle krävas ett regn med en återkomsttid på 100 år för att en översvämning ska ske, vilket nästan tyder på att dammen är överdimensionerad.

De värden som har legat till grund för att beräkna avrinningskoefficienten av Rydebäcks dagvattendamm kan anses vara tillförlitliga, då de areor och avrinningskoefficienter som använts i beräkningarna har tillhandahållits av NSVA. Dock har evalueringen av dammen genomförts med antagandet att avrinningskoefficienten för avrinningsområdet är konstant under regnets varaktighet, vilket inte kommer vara fallet under verkliga förhållanden, på grund av att mängden grönområden i avrinningsområdet. I verkligheten kommer istället porerna i jorden att fyllas under tiden dagvattnet rinner av och avrinningskoefficienten kommer öka, vilket leder till ett ökat dagvatteninflöde till dammen. Hur stor skillnaden i vattenmängd som rinner in till dammen under ett extremregn blir då man inkluderar beräkningar på hur avrinningskoefficienten förändras med regnets intensitet är svårt att förutsäga och skulle behöva utredas för att få ett mer exakt resultat i evalueringen. Det verkar dock orimligt att det ökade dagvattenflödet skulle motsvara skillnaden mellan ett 100-årsregn som enligt IDF-kurvan skulle behövas för att översvämma dammen och ett 50-årsregn som dammen är dimensionerad för. För att få en helt klar bild av hur den verkliga dagvattenavrinningen ser ut hade det varit intressant att undersöka det verkliga utflödet från dikningsföretaget i området, men på grund av att dessa uppgifter saknas var inte det genomförbart. Istället genomfördes beräkningarna med ett dagvattenflöde som motsvarade dikningsföretagets maxkapacitet, vilket ger upphov till ett värsta-fall scenario.

Att evaluera dagvattendammen som ligger i Raus Vång är något svårare, eftersom det har funnits osäkerheter i hur avrinningsområdet till dammen ser ut. Skillnaden i antalet översvämningar som kan uppskattas ha inträffat mellan scenario 1 och scenario 2 är slående och det är därför av stor vikt att avgöra vilket av scenariorna som är närmast de verkliga förhållandena. Undersökningen av områdets topografi som presenteras i scenario 3 tyder på att scenario 1 ligger närmst de verkliga förhållandena. I scenario 1 har 5 regn registrerats som haft potential att översvämma dagvattendammen och samtliga registrerades vid Gåsebäcksvägen. Då regnen analyserades uppskattades 4 av de ha en återkomsttid på minst 14 år och 3 av de inträffade under 2004. Chansen för att sådana regnförhållanden ska äga rum så tätt intill varandra är liten och sådana regnförhållanden är således ingenting som man kan förvänta sig i förväg. Ett av regnen som tyder på att en översvämning skulle kunna ske och som registrerades vid Gåsebäcksvägen beräknades ha en återkomsttid på ungefär 8 år. Dahlströms formel användes för att beräkna återkomsttiden men eftersom varaktigheten för regnet överskred ett dygn så ligger det utanför kriterierna som behöver uppfyllas för att Dahlströms formel ska kunna användas och därmed blir uträkningen inte helt tillförlitlig. För att avgöra om åtgärder måste vidtas för att utöka mängden dagvatten som Raus Vångs dagvattendamm kan omhänderta bör följande faktorer tas hänsyn till:

- Scenario 1 är närmare de verkliga förhållandena än scenario 2
- Risken att så många extrema regn inträffar på så kort tid som vid Gåsebäcksvägen under 2004-2007 bedöms vara mycket liten

- Vid en eventuell översvämning leds dagvattnet bort från bostadsområdena i Raus Vång.

Evalueringen av dammen Regnbågsdammen i barnens skog har, precis som vid evalueringen av de andra dammarna, utförts med hjälp av metoden manuell kartering. Figurer finns som visar var gränserna för de olika avrinningsområdena ligger, men det är svårt att följa gränserna exakt, på grund av avrinningsområdenas storlek. Med största sannolikhet är de uppmätta areorna på de olika avrinningsområdena inte exakt lika stora som de är i verkligheten, trots att uppmätningen har genomförts med stor noggrannhet. På grund av områdenas respektive storlekar bör den procentuella skillnaden i de uppmätta och de verkliga storlekarna dock vara förhållandevis låga och det är därför tveksamt om resultatet av evalueringen av Regnbågsdammen påverkas märkbart av detta.

Den största osäkerheten som kan identifieras vid undersökningen av dammarna är utan tvekan mätningen av de olika avrinningsområdena vid Barnens Skog. Hur de olika avrinningsområdena i området ser ut har beskrivits i figurer av NSVA, men det är svårt att identifiera de exakta gränserna för varje avrinningsområde. Under den manuella karteringen följdes gränserna så noga som möjligt, men det finns troligtvis skillnader mellan de uppskattade storlekarna i evalueringen och de verkliga avrinningsförhållandena. Däremot är avrinningsområdet för dammarna som evaluerades, ledningsområde A, så pass stort att även en felmätning på 10 000 m² bara skulle påverka områdets area med någon enstaka procent, så skillnaderna mellan det uppmätta området och det verkliga exploateringsområdet bör kunna anses vara försumbara.

5 Slutsatser

Enligt de beräkningar som har genomförts har inte något av alla de regnen som registrerades vid Bendzgatan, Halalid och Sofieberg under 2007-2012 eller vid Gåsebäcksvägen under 1991-2008 haft egenskaper sådana att dagvattendammen i Rydebäck skulle kunna översvämmas. Enligt de IDF-kurvor och regndata som presenterats ser det inte ut som att dammen skulle översvämmas av ett regn med en återkomsttid lägre än 50 år. Därför kan dammen anses vara utformad så att den inte översvämmas av regn med en återkomsttid lägre än vad den är dimensionerad för och inga åtgärder behöver därför vidtas för att förbättra dammens utformning.

Dagvattendammen i Raus Vång bör ha översvämmats ett flertal gånger under tiden för vilken det finns tillgängliga regndata, men risken att så extrema regntillfällen sker på så kort tid är mycket liten. Dessutom bör hus och andra bebyggelser i närheten inte skadas under en översvämning av dammen och därmed anses det inte nödvändigt att vidta åtgärder för att öka mängden dagvatten som dammen kan omhänderta.

Ett flertal av de regn som registrerats under perioden 1991-2008 och som använts för att evaluera dammarna har haft kapacitet att översvämma regnbågsdammen, men antalet översvämningar som kan antas ha skett överskrider inte antalet översvämningar som kan förväntas inträffa hos en damm som är dimensionerad för ett regn med en återkomsttid på 2 år. Därför anses det inte vara nödvändigt att utöka mängden dagvatten som Regnbågsdammen kan omhänderta.

6 Fortsatt arbete

För att få en tydligare bild av huruvida dammarna i Helsingborg riskerar att översvämmas av regn som de är dimensionerade för att kunna omhänderta så skulle en fördjupning i ämnet behövas. Det finns flera faktorer i det här arbetet som skulle kunna utvecklas, undersökas och diskuteras för att få en helt säker uppfattning om huruvida dammarna är korrekt utformade eller inte.

Anledningen till att MIT-metoden valdes för att definiera ett regn istället för AWI-metoden är väl motiverad, men det finns ett flertal olika värden på tidsintervallet mellan två regntillfällen som kan användas för att definiera vad ett regn är. Värdet MIT=8 timmar verkar enligt beskrivningarna av olika tider vara mest passande att använda, men antalet regn, samt varaktighet och regnmängd hos regnen varierar beroende på vilket värde som MIT tilldelas. Det hade därför varit intressant att se hur många översvämningar som kan antas ske om samma undersökningar gjordes med varierande värden på MIT, från 3 minuter till 24 timmar.

Samtliga regndata som har använts i arbetet registrerades av automatiska regnmätare någon gång under perioden 1991-2012. 22 års regndata är tillräckligt för att ge en bild av hur nederbörden ser ut i ett område, men genom att använda regndata som registrerats ännu längre bakåt i tiden skulle en tydligare bild av hur nederbördsförhållandena ser ut kunna erhållas. Därför skulle man kunna genomföra samma undersökningar som presenterats i arbetet ännu en gång, men inkludera regndata som samlats innan 1991.

När det gäller uppmätningen av ytor i det här arbetet har stor försiktighet använts för att uppskatta storleken hos de olika avrinningsområdena och hur stor del av dessa som täcks av tak, grus, sand, etc. För att få en ännu mer exakt bild av hur områdena ser ut skulle de kunna beskrivas med hjälp av ett kartprogram, som till exempel GIS. Andra datorprogram skulle även kunna användas för att se var vattnet i varje område skulle ledas om en översvämning skulle inträffa, för att försäkra sig om att byggnationer i området inte skadas.

Under evalueringen av de olika dammarna har inga undersökningar eller evalueringar genomförts med hänsyn till hur avrinningsområdenas avrinningskoefficient förändras under kraftiga regn. Det hade varit intressant att se hur stora dagvattenmängderna blir då hänsyn tas till att porerna i marken täpps till och avrinningskoefficienten succesivt ökar under regntillfällets varaktighet.

När det gäller dikningsföretaget Kastlösa nr 9 som bidrar med dagvattenavrinning till Rydebäcks dagvattendamm har ingen information angående vilken dagvattenavrinning som i verkligheten förekommer till Rydebäcks dagvattendamm kunnat identifieras, utan istället har flöden tagna från dikningsföretagets pumpkapacitet använts. Det vore intressant att mäta dagvattenflödet från dikningsföretaget och se hur stor dagvattenmängden till Rydebäcks damm blir i praktiken.

7 Källförteckning

Aalto, Anna, 2013. "Långsiktig hållbar dagvattenhantering – vägledning vid val av dagvattenlösningar i stadsmiljö". Examensarbete, Uppsala universitet.

http://stud.epsilon.slu.se/5282/11/aalto_a_130503.pdf

(Hämtad 2014-05-19)

Dagvattenguiden, u.å. "Vad är dagvatten?"

<http://dagvattenguiden.se/vad-ar-dagvatten/>

(Hämtad 2014-04-18)

Dahlström, Bengt, 2006. "Regnintensitet i Sverige – En klimatologisk analys".

<https://www.yumpu.com/sv/document/view/10414970/regnintensitet-i-sverige-en-klimatologisk-analys>

(Hämtad 2014-05-15)

Dahlström, Bengt, 2010. "Regnintensitet – en molnfysikalisk betraktelse".

http://vav.griffel.net/filer/Rapport_2010-05.pdf

(Hämtad 2014-06-23)

Delft University of Technology, 2011. "Urban Drainage".

<http://www.slideshare.net/DelftOpenEr/urban-drainage-full2011>

(Hämtad 2014-07-16)

Dunkerley, David, 2008. "Identifying individual rain events from pluviograph records: a review with analysis of data from an Australian dryland site". School of Geography and Environmental Science, Clayton Campus, Monash University Melbourne

Fridolf, Maria, 2014. "Dagvattendammars funktion – En studie av vägdagvattendammen Fredriksberg". Examensarbete, Lunds Tekniska Högskola.

<http://www.chemeng.lth.se/exjobb/E622.pdf>

(Hämtad 2014-07-03)

Foltyn, Anna-Mary, Gallardo, Ivan, Kallioniemi, Karin och Persson Pär, 2009. PlanPM Dagvatten. Länsstyrelsen i Skåne län

http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/sv/publikationer/pluskatalogen/PM_dagvattenwebb.pdf

(Hämtad 2014-04-18)

Hernebring, Claes, 2006. *10års-regnets återkomst, förr och nu*. VA-Forsk rapport Nr 2006-04.

HSB, 2007. "Raus Vång"

<http://www.hsbhbg.se/Bostader/Bostader-vi-byggt/Raus-Vang>

(Hämtad 2014-04-28)

Hansen, Camilla, 2008. "Dimensionering av dagvattenledningar med programmet Inroads Storm and Sanitary". Examensarbete. Uppsala universitet.

http://www.w-program.nu/filer/exjobb/Camilla_Hansen.pdf

(Hämtad 2014-06-28)

Helsingborgs Kommun, 1997. "Kastlösa Dikningsföretag år 1997".
http://ext-dokument.lansstyrelsen.se/skane/Vattenarkiv/PDF_Skane/12-SK-2320.pdf
(Hämtad 2014-06-03)

Ignaccolo, Massimiliano. Michele. Carlo, 2010. "A point based Eulerian definition of rain event based on statistical properties of inter drop time intervals: An application to Chibolton data", Elsevier Ltd, 2010

Ingvarsson, Tommy, 2014; Odlingsansvarig vid Ramlösa Plantskola. Telefonsamtal 15 oktober. Tel: 042-15 09 00

Jonsson, Stefan, 2011. "Avrinning från körbanor och hydrauliken hos stenfyllda dagvattendiken". Examensarbete, Kungliga Tekniska Högskolan (KTH), Stockholm.
<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:503755/FULLTEXT01.pdf>
(Hämtad 2014-06-25)

Karlsson, Daniel & Steen, Fredrik, 2012. "Utformning av fördröjningsdammar, med avseende på rening av dagvatten från transport- och lagerhållningsindustri". Examensarbete, högskolan i Jönköping.
https://hj.se/download/18.57cc603c1374b2ebec4da2/karlsson_steen.pdf
(Hämtad 2014-04-14)

Karlsson Green, Maria, 2014; VA-ingenjör vid NSVA. E-mail 8 augusti. Mail: MariaKarlssonGreen@nsva.se

Larm, T, 2000. *Utformning och dimensionering av dagvattenreningsanläggningar*. Stockholm: VAV VA-FORSK och KTH

Lidström, V, (2010). *Vårt vatten, grundläggande lärobok i vatten- och avloppsteknik*. Lund: Svenskt Vattenutveckling och Lunds Tekniska Högskola.

Länsstyrelsen, 2009. "Dagvatten".
http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/sv/publikationer/pluskatalogen/PM_dagvattenwebb.pdf
(Hämtad 2014-05-07).

Metropolitan Area Planning Council (MAPC), u.å. "Permeable paving".
http://projects.geosyntec.com/NPSManual/Fact%20Sheets/Permeable%20Paving_edited.pdf
(Hämtad 2014-07-16)

Norén, L, (2014); Anställd vid SMHIs kundtjänst. Telefonsamtal 14 oktober 2014.
Tel: 011-495 82 00

SMHI 1, 2014. "Dataserier med normalvärden för perioden 1961-1990".
<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/dataserier-med-normalv%C3%A4rden-1.7354>
(Hämtad 2014-04-21).

SMHI 2, 2014. "Normal uppmätt årsnederbörd 1961-1990".
<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/nederbord/1.4160>
(Hämtad 2014-07-15)

Stahre, P. (2004). *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering – Planering och exempel*. Stockholm: Svenskt vatten.

Uppsala kommun, 2012. *Detaljplan för östra Fyrislund, del 2, Uppsala kommun*. Plan-och byggnämnden, diarienummer 2012/20100-1

Vägverket. (1990). *Hydraulisk dimensionering – Diken, trummor, ledningar, magasin*. Publ 1990:11

Vägverket, 2008. ”*VVMB 310 – Hydraulisk dimensionering*”

http://publikationswebbutik.vv.se/upload/4375/2008_61_vvmb_310_hydraulisk_dimensionering.pdf

(Hämtad 2014-05-06)

Östlind, Johanna, 2012. ”Sammanvägda avrinningskoefficienter i rationella metoden – en jämförelse mellan idag och 1970-talet”.

http://www.w-program.nu/filer/exjobb/Johanna_%C3%96stlind.pdf

(Hämtad 2014-05-29)

8 Appendix

Appendix I

Område 1 i Raus Vångs avrinningsområde ligger beläget i den sydvästra delen av Raus Vång och begränsas av Harald Hårfagers gata norr om området, Styrbjörn Starkes gata öster om området och gräsytor på de västra och södra sidorna. I området ligger 22 byggnader belägna, större delen av dessa är radhus med ett par mindre byggnader med okänd funktion. 5 parkeringsplatser och en liten lekplats finns också i området. Med hjälp av Google maps funktion ”gatuvy” har underlaget på samtliga parkeringsplatser bestämts till stensatta ytor med grusfogar. Lekplatsen, som ligger i mitten av området är inte möjligt att se med ett liknande tillvägagångssätt, men kan antas vara täckt av sand, på grund av färgen som denna har i flygfoton.

Vid undersökning av område 1 drogs slutsatsen att den totala mängden tak i det 32254 m² stora området hade en total area på 6285 m², med $\phi=0,9$. 7916 m² av området var asfalterade ytor som enligt Lidström (2010) har $\phi=0,8$. I mitten av delområdet ligger en 200 m² stor lekplats som är täckt av sand och grus. Avrinningskoefficienten för sand och grus, samt plattor och gatsten varierar beroende på sammansättningen av materialen, men en känslighetsanalys har påvisat att dessa variationer ofta är försumbara i områden där andelen ytor täckta med sand och grus är liten. I dessa områden kan ett värde på avrinningskoefficienten på 0,2 antas för sand och grus och 0,7 för plattor och gatsten (Östlund, 2012).

735 m² av delområde 1 är täckt av hålsten av betong, vars avrinningskoefficient kan uppskattas till $\phi=0,6$ (MAPC, u.å) och uppskattningsvis 260 m² är täckt av gatsten. Avrinningskoefficienten för gatsten varierar mellan 0,15-0,6 beroende på storleken hos stenarna (Delft University of Technology, 2011). I denna undersökning kommer värdet 0,6 användas, då detta ger upphov till ett ”värsta fall”-scenario. Den resterande ytan i området består av grönområden och har en area av 16858 och $\phi=0,1$.

Delområde 2 ligger norr om område 1 och i detta område finns Harald Hårfagers gata inräknat. Väster och norr om området ligger stora grönområden och området begränsas österut av Erik Rödes gata, som också beräknas ingå i området. Området har en total uppmätt area av 56471 m². Byggnaderna i området är framförallt radhus, men även ett antal villor med tomter finns och den totala takytan av alla byggnader är beräknad till 11124 m², vilket är ett märkbart högre värde än i området 1. Precis som i delområde 1 finns det 5 parkeringsplatser, samtliga av dessa har ett underlag bestående av hålsten av betong. Den sammanlagde ytan i området som består av hålsten av betong är 1205 m². 3919 m² i området är beklätt med gatsten och anledningen till det höga värdet relativt område 1 är att samtliga infarter i området, sidorna av vägarna och rondellerna i Harald Hårfagers gata är beklädd med gatsten eller plattor. I området finns inga lekplatser eller övriga områden täckta med sand eller grus. Vägar i området som är täckta av asfalt har en total yta av 9344 m². 30879 m² av delområde nummer 2 består av gräs och grönytor

Beläget i östlig riktning från område 2 ligger delområde 3, som begränsas av Erik Rödes gata till väster och en cykelväg som löper genom området. Norr om delområde 3 finns endast grönområden och söderut begränsas det av Bifrostgatan, som delvis beräknas tillhöra delområdet. Den totala ytan av delområde 3 är 29822 m² och 5480 m² av detta är takytor. Asfaltytorna i området tar upp en yta av 5521 m² och gatsten och plattor tar upp 2943 m². Den totala mängden grönytor i området uppgår till 15878 m².

Delområde 4 är det minsta delområdet i Raus vång och där finns bara 7 byggnader. 3 av dessa är höghus och 4 av byggnaderna är mindre och används troligtvis som förråd för områdets fastigheter. Sammanlagt har de 7 byggnaderna en takyta på 1512 m². En stor andel av området, som har en total area på 9774 m², består av asfalt, då en stor parkeringsplats ligger belägen i området och de mest närliggande delarna av Bifrostgatan och Styrbjörn Starkes gata beräknas tillhöra området, och även utgör de norra och västra gränserna för området. Inga lekplatser, ingen gatsten eller stensatta ytor med grusfogar finns i området. Det finns däremot en relativt stor andel grönklädda ytor, där 2603 m² av området är gräsmattor och 861 m² är glest bevuxen skog, $\varphi=0-0,1$.

Det största av Raus Vångs delområden är delområde 5, som är 70818 m² stort. I området finns ett flertal bostadshus, både radhus och villor, som tillsammans har en takarea av 11964 m². I området finns flera lek- och rastplatser, som tillsammans har en total area av 865 m². 11490 m² av området är vägar eller övriga områden täckta med asfalt, som t.ex. parkeringsplatser. Området begränsas av en cykelväg i norr och Bifrostgatan i Söder. Det finns dessutom 2638 m² flackt bevuxna trädområden, främst i samband med lek- och rastplatserna i området. De övriga grönområdena består av gräsmattor och ett fåtal buskar och tar upp en area av 43862 m².

Delområde 6 är den sista delen av den del av Raus Vångs bostadsområde som bidrar med dagvatten till dagvattendammen. Området är 54909 m² stort och har ett stort antal hus, framför allt radhus förekommer, men även ett antal villor. Speciellt för delområde 6 är att det utanför de flesta husen finns ett eller flera små byggnader. Syftet till dessa är oklart, men deras storlek pekar på att de troligtvis används som förråd eller i sophanterings-syften. Takytan i området har mätts upp till att vara 16163 m². Det finns 5 ytor med sand och grus som underlag, 4 av dessa är lekplatser och en är en liten rastplats. Tillsammans har de en yta på 291 m². I utkanten av områdets östra sida är trottoaren klädd av hålsten av betong, som har en area på 387 m². Vägarna och gatorna i området som är klädda med asfalt har en area på 13832 m². De resterande 24411 m² i området består av gräsklädda grönytor.

Med ovanstående information rörande de olika delområdena så kan den sammanvägda avrinningskoefficienten för varje enskilt område beräknas till:

$$\varphi_{Rausvång1} = \frac{6285*0,9+7916*0,8+200*0,2+735*0,6+260*0,6+16858*0,1}{6285+7916+200+735+260+16858} = 0,44 \quad (32)$$

$$\varphi_{Rausvång2} = \frac{11124*0,9+9344*0,8+1205*0,6+30879*0,1}{11124+9344+1205+3919+30879} = 0,42 \quad (33)$$

$$\varphi_{Rausvång3} = \frac{5480*0,9+5521*0,8+2943*0,6+15878*0,1}{5480+5521+2943+15878} = 0,42 \quad (34)$$

$$\varphi_{Rausvång4} = \frac{1512*0,9+4798*0,8+2603*0,1+861*0,1}{1512+4798+2603+861} = 0,57 \quad (35)$$

$$\varphi_{Rausvång5} = \frac{11964*0,9+11490*0,8+2638*0,1+865*0,2+43862*0,1}{11964+11490+2638+865+43862} = 0,35 \quad (36)$$

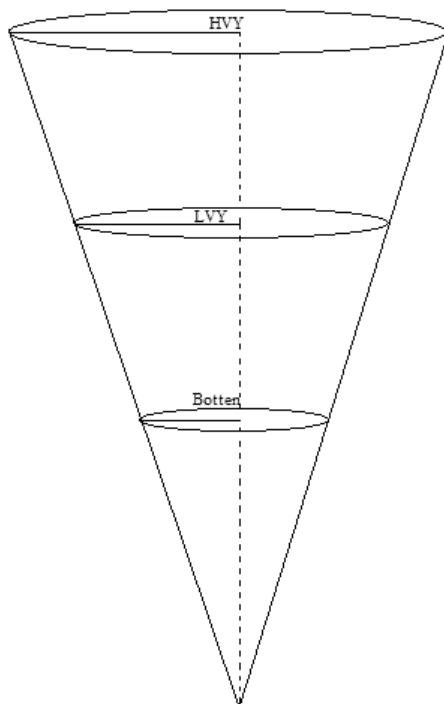
$$\varphi_{Rausvång6} = \frac{16163*0,9+13832*0,8+291*0,2+387*0,6+24411*0,1}{16163+13832+291+387+24411} = 0,52 \quad (37)$$

Nu när avrinningskoefficienten för samtliga delområden i Raus Vång har beräknats kan den sammanslagna avrinningskoefficienten för Raus Vångs bostadsområde i scenario 1 beräknas med samma formel:

$$\varphi_{RV} = \frac{32254 \cdot 0,44 + 56471 \cdot 0,42 + 29822 \cdot 0,43 + 9774 \cdot 0,57 + 70818 \cdot 0,35 + 54909 \cdot 0,52}{32254 + 56471 + 29822 + 9774 + 70818 + 54909} = 0,44 \quad (38)$$

Appendix II

Beräkning av skillnaden i potentiellt dagvattenomhändertagande för Raus Vångs dagvattendamm vid cylindrisk, respektive konisk form. En enkel och förenklad skiss över hur dammen kan antas se ut vid konisk form underlättar för att följa de nedanstående beräkningarna:



Figur a- 1. En förenklad skiss på hur Raus Vångs dagvattendamm kan tänkas se ut vid konisk form

Först görs antagandet att dammens vattenyta låg i medelhöjd då flygfotot togs, d.v.s. vattenytan hade en nivå av +17,58 m ö.h. Då arean av vattenytan mättes upp till 3200 m² så kan dess radie beräknas till 31,92 m, om antagandet görs att dammens vattenyta är cirkulär. För våta dammar gäller att sidornas lutning bör ligga mellan 1:3 och 1:6 (Larm, 2010). En beräkning genomförs för båda dessa förhållanden:

Då dammens lutning är 1:3 innebär detta att dammens radie vid högvattennivå blir:

$$Radie_{HVV} = 31,92 + 3 * (18,08 - 17,58) = 33,42 \text{ m} \quad (39)$$

Då vattenytan ligger vid lågvattennivå, +17,08 m ö.h. kan dess radie beräknas till:

$$Radie_{LVV} = 31,92 - 3 * (17,58 - 17,08) = 30,42 \text{ m} \quad (40)$$

Slutligen är det känt att dammens botten ligger på nivån +16,5 m ö.h. Genom att betrakta vattenytan vid högvattennivå, respektive lågvattennivå som basen på en uppochnervänd kon så kan den totala mängden dagvatten som dammen kan omhänderta beräknas som skillnaden mellan de båda konernas volymer. Formeln för att beräkna en kons volym är:

$$V_{kon} = \frac{r^2 * h}{3} \quad (41)$$

där

V_{kon} = Konens volym [m³]

r = Konens radie vid vattenytan [m]

h = Konens djup [m]

Då lutningen på sidorna av dammen i det här fallet är 1:3 så kan djupet hos ”konerna” vid högvattenyta och lågvattenyta beräknas till en tredjedel av radien, d.v.s. 11,1 respektive 10,1 m. Skillnaden mellan de båda volymerna, och därmed också dammens volymkapacitet för dagvatten, kan därmed beräknas till:

$$V_{Raus\ V\dd{a}ng,1:3} = \left(\left(\frac{33,42^2 * \pi * 11,1}{3} \right) - \left(\frac{30,42^2 * \pi * 10,1}{3} \right) \right) = 3202,4 \text{ m}^3 \quad (42)$$

Som man kan se är den beräknade volymen dagvatten som dammen här skulle kunna omhänderta snarlikt volymen 3200 m³ som hade varit värdet om dammen varit cylinderformad. Den procentuella skillnaden mellan de båda värdena kan beräknas till:

$$Skillnad (\%) = \left(\frac{3202,4}{3200} - 1 \right) * 100 = 0,07 \% \quad (43)$$

Om sidorna hos dammen istället skulle ha en lutning på 1:6 så skulle radierna för vattenytan i dammen vid högvattenyta och lågvattenyta istället kunna beräknas till:

$$Radi_{HVY} = 31,92 + 6 * (18,08 - 17,58) = 34,92 \text{ m} \quad (44)$$

$$Radi_{LVY} = 31,92 + 6 * (18,08 - 17,58) = 28,92 \text{ m} \quad (45)$$

Djupet hos de båda ”konerna” som skulle bildas av dammen vid högvattennivå och lågvattennivå då lutningen hos dammen är 1:6 kan beräknas som en sjättedel av radien som vattenytan har vid de båda nivåerna, d.v.s. 5,82 och 4,82 m. Skillnaden mellan volymerna för de båda konerna, och även dammens volymkapacitet kan därmed beräknas till:

$$V_{Raus\ V\dd{a}ng,1:6} = \left(\left(\frac{34,92^2 * \pi * 5,82}{3} \right) - \left(\frac{28,92^2 * \pi * 4,82}{3} \right) \right) = 3209,4 \text{ m}^3 \quad (46)$$

Den procentuella skillnaden mellan kapaciteten som dammen haft om den vore cylindriskt utformad och om den vore koniskt utformad med en lutning på 1:6 kan beräknas till:

$$Skillnad (\%) = \left(\frac{3209,4}{3200} - 1 \right) * 100 = 0,29 \% \quad (47)$$

Efter beräkningarna av dammens kapacitet beroende på dess storlek kan man tydligt se att skillnaden i vattenmängd som skulle kunna omhändertas är minimal. Den maximala skillnaden som kan uppstå är 9 m³ vilket är en förhållandevis liten vattenmängd. Att genomföra beräkningarna med antagandet att Raus Vångs dagvattendamm är cylinderformad bör därför inte påverka slutresultatet märkbart.

Appendix III

Det finns 15 byggnader som inte ligger belägna inom något av de bostadsområden som tidigare beskrivits och deras hustak har en total area av 2167 m². Grusvägarna som löper över åkrarna, samt en grusparkering som ligger belägen precis utanför bostadsområdena har en total area av 10679 m² och en avrinningskoefficient på 0,4 (Lidström, 2010). 2 lekplatser med sand ligger belägna i närheten av skogarna i utkanten av avrinningsområdet, med en yta av sammanlagt 847 m², men enbart 271 m² består av sand och resten är asfalt. Det finns ytterligare en vattenkälla på flygfotot och ett antagande har gjorts att inget vatten rinner från denna till den aktuella dagvattendammen som evalueras. Vattenytan är 186 m² stor och antas därför ha en avrinningskoefficient på 0. Skogsområdena i området har en area på 9322 m² och en asfaltparkering i området har en area på 351 m². Mängden asfalt består alltså av både parkeringen och lekplatsen, och den totala arean asfalt blir 930 m². Den resterande ytan i avrinningsområdet är gräsbeklädd och har ytan 204054 m². Avrinningskoefficienten för ängsområdet beräknas därmed till:

$$\varphi_{Rausvång, åker} = \frac{2167*0,9+10679*0,4+271*0,2+9322*0,1+930*0,8+204054*0,1}{2167+10679+271+186+9322+930+204054} = 0,13 \quad (48)$$

Avrinningskoefficienten för bostadsområdena 1-6 är 0,44 och för ängsområdet utanför bostadsområdena beräknades den till 0,13. Detta innebär att den totala avrinningskoefficienten för hela avrinningsområdet i scenario 2 kan beräknas enligt:

$$\varphi_{Rausvång, scenario 2} = \frac{254048*0,44+227609*0,13}{254048+227609} = 0,29 \quad (49)$$

Appendix IV

Figurer som närmare visar avrinningsområdets utformning vid Raus Vångs dagvattendamm. Här kommer fotografier av området runt dagvattendammen presenteras för att få en klarare bild av vilka områden som kan förväntas bidra till dagvattenavrinningen till dammen.



Figur a- 2. Området nordväst om Raus Vångs dagvattendamm, dammen ligger belägen precis till höger från var fotografiet är taget



Figur a- 3. Området som ligger precis till öster och norr om dagvattendammen



Figur a- 4. Området norr om Raus Vångs dagvattendamm, dammen ligger till vänster från var fotot är taget



Figur a- 5. En skyddsvall syns mellan bostadsområdet och dammen. Raus Vångs dagvattendamm kan urskiljas till höger



Figur a- 6. Området direkt nordost om dammen. Området på andra sidan vägen har en lutning från dammen, medan marken på dammens sida har en lutning i riktning mot dammen

Appendix V

Inga justeringar nödvändiga för Helsingborgs dagvattendammar

En undersökning av tre dagvattendammar i Helsingborg har genomförts för att undersöka risken för att dammarna översvämmas för ofta, vilket kan leda till skador på närliggande hus och infrastruktur.

Dagvatten är namnet man använder för vatten som under en begränsad tid rinner på markytan, huvudsakligen till följd av regn eller snösmältning. Eftersom vattnet inte kan infiltrera jorden om det befinner sig på en ogenomtränglig yta, såsom asfalt eller ett hustak, så ökar mängden dagvatten som måste ledas bort ur samhällen i takt med att våra städer byggs ut. Om vattnet inte leds bort på ett effektivt sätt kan det uppstå översvämningar och vattenskador på byggnader eller infrastruktur, tydliga exempel på detta är det extrema väder som ledde till att stora delar av Malmö täcktes av regnvatten under sensommaren 2014, eller översvämningarna av Köpenhamn under sommaren 2011. Men inte bara kraftiga regn kan orsaka problem. Även mindre regnmängder kan, om de inte leds bort, orsaka fuktskador och mögel i byggnader, vilket kan leda till hälsoproblem som huvudvärk, trötthet och utslag hos de inneboende.

En metod som används för att handskas med dagvatten är användandet av dagvattendammar, som är dammar med syfte att antingen rena dagvattnet eller helt enkelt samla upp vattnet för att sedan begränsa dess flöde.

Examensarbetet handlar om att undersöka om tre dagvattendammar i Helsingborg är

byggda så att den mängden dagvatten som kommer till dammarna riskerar att överskrida den mängd som dammarna är utformade för. Dammarna som evaluerats ligger i områdena Rydebäck, Raus Vång och Barnens skog i Helsingborg och både deras utformning och kringliggande omgivning skiljer sig till stor del från varandra. Bland annat faktorer som användning av närliggande områden, storleken på dammarna och användande av pumpanordningar varierar mellan de olika undersökningarna. Trots att endast tre dagvattendammar undersöks och diskuteras i arbetet så är förhoppningen att arbetet kan användas som mall för att genomföra liknande undersökningar för andra områden i framtiden.

I evalueringen har närliggande områden till dammarna undersökts med hjälp av flygkartor för att se hur stor del av regnvattnet i ett område som kan antas rinna iväg, snarare än att infiltrera jorden och bilda grundvatten. Med hjälp av beskrivningar av varje individuell damm och flera års data från närliggande regnmätare har en jämförelse gjorts mellan mängden dagvatten som dammarna kan omhänderta och mängden vatten som rinner till dem.

Slutsatsen av undersökningen är att ingen av de dagvattendammar som evaluerats verkar översvämmas av regn som de är utformade för att kunna omhänderta.