

När regnet kommer

Effektivare utnyttjande av kommunernas nederbördsinformation

Claes Hernebring



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SV-Utveckling) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet.

SV-Utveckling (fd VA-Forsk) initierades gemensamt av Svenska Kommunförbundet och Svenskt Vatten. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvatten
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

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

Anders Lago, ordförande	Södertälje
Olof Bergstedt	Göteborg Vatten
Roger Bergström	Svenskt Vatten AB
Per Fåhraeus	Varbergs Kommun
Carina Färm	Mälarenergi AB
Daniel Hellström	Svenskt Vatten AB
Mikael Medelberg	Roslagsvatten AB
Marie Nordkvist Persson	Sydvatten AB
Lars-Gunnar Reinius	Stockholm Vatten AB
Bo Rutberg	Sveriges Kommuner och Landsting
Ulf Thysell	VA SYD
Susann Wennmalm	Käppalaförbundet
Fred Ivar Aasand	Norsk Vann, adjungerad

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 47 607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	När regnet kommer. Effektivare utnyttjande av kommunernas nederbördsinformation.
Title of the report:	More effective utilization of high resolution rain data collected in Swedish municipalities.
Rapportens beteckning Nr i VA-Forsk-serien:	2008-17
Författare:	Claes Hernebring, DHI Sverige AB
VA-Forsk projekt nr:	26-113
Projektets namn:	Effektivare utnyttjande av kommunernas nederbördsinformation
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling (fd VA-Forsk), deltagande kommuner
Rapportens omfattning Sidantal: Format:	108 A4
Sökord:	Regn, digitala regndata, regnintensitet, regnstatistik, långtidstrender, areell nederbördsfördelning
Keywords:	Rain storms, high resolution rain data, rain intensity, rain statistics, long term trends, areal rainfall distribution
Sammandrag:	Regndata med hög tidsupplösning insamlade i svenska kommuner har använts för att belysa olika aspekter på kortvariga intensiva regn: extremstatistik, ev. långtidstrender samt utbredning/skala och dynamik/rörelser.
Abstract:	High resolution rain data recorded within Swedish municipalities has been collected and used to illustrate different aspects of short term intense rainfalls: statistics of extreme events, long term trends, as well as areal distribution/scale and dynamics/movements.
Målgrupper:	Kommunala VA-förvaltningar, konsulter
Omslagsbild:	Åskregn över Bohuslän den 14/8 2008, foto: Claes Hernebring
Tryckta rapporter beställs från:	Svenskt Vattens distribution, Box 262, 591 23 Motala. Alla rapporter finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2008
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Förord

Projektet bygger på den resurs som digitala regndata, insamlade inom svenska kommuner, innebär. Detta till stor del tack vare nedan uppräknade ”regnentusiaster”

Kontaktpersoner i deltagande kommuner som bidragit med data har varit:

Göteborg Vatten: Olle Ljunggren, Henrik Kant och Sven Särnbratt

Halmstad: Mattias Salomonsson

Helsingborg: Ulla-Britt Thorén

Jönköping: Stefan Johansson

Malmö (numera VA SYD): Stefan Milotti

Stockholm Vatten: Knut Bennerstedt och André Meijer

Växjö: Kjell-Egon Strandh

Till projektet har också en expertgrupp varit knuten bestående av:

Viktor Arnell, Linköpings universitet

Bengt Dahlström, f.d. SMHI

Håkan Strandner, DHI

Paul Widenberg, DHI

Gilbert Svensson, DHI

Patrik Nilsson, Lund (numera VA SYD) bidrog till att en stor mängd intressanta data från Lund kunde inkluderas i projektet i ett sent skede.

Dessutom tackas följande Skånekommuner, vilka välvilligt ställt högupplösta regndata till förfogande för att belysa nederbördssituationen i västra Skåne under somrarna 2006 respektive 2007: Eslöv, Landskrona, Staffanstorps, Svedala, Trelleborg

I projektet har två allmänna projektmöten hållits. Till genomförandet har bidrag erhållits från Svenskt Vatten VA-utveckling och från deltagande kommuner.

Janusz Niemczynowicz arbeten beträffande regndata i Lund på 1980-talet, har varit en inspirationskälla för detta projekt. Synd bara, att resultaten som redovisas i föreliggande rapport kanske inte är fullt lika ”vackra”.

Arbetet med omdigitalisering av äldre nederbördsdata från Göteborg samt bearbetningar av data, enligt metodik som beskrivs i avsnitt 3.2.2, utfördes av Magnus Hernebring (numera Skellefteå kommun).

Projektet redovisar bearbetningar av regndata fram t.o.m. 2006, i vissa fall t.o.m. 2007 – någon begränsning var tvunget att sättas. Författaren vet att det har regnat också under 2008, och kommer kanske så att fortgå?

Göteborg 2008-10-24

Claes Hernebring

Projektledare, DHI Sverige AB

Innehåll

Sammanfattning	6
Summary	8
1 Bakgrund och syfte med projektet.....	10
1.1 Inledning	10
1.2 Syfte med rapporten – Läsanvisningar.....	11
2 Datainsamlingsmetoder – regndataförvaltning	13
2.1 Minimering av mätfel.....	13
2.2 Exempel på regndatainsamling /förvaltning och presentation.....	17
3 Statistik för flera likvärdiga mätplatser på samma ort	22
3.1 Inledning	22
3.2 Omdigitalisering och utvärdering av äldre nederbördsdata från centrala Göteborg	23
3.3 Växjö	32
3.4 Jönköping	35
3.5 Malmö	38
3.6 Lund	41
3.7 Stockholm: Samlad bearbetning av regntillfällen från Torsgatan och Skärholmen/Älvsjö 1984–2006.....	45
4 Långtidstrender	49
4.1. Göteborg - Barlastplatsen	49
4.2 Stockholm: nya regndata (1984–2006) jämfört med äldre regnstatistik (1907–46)	53
5 Utbredning/skala hos häftiga regn – arealnederbörd	56
5.1 Inledning	56
5.2 Exempel från Växjö.....	58
5.3 Exempel från Jönköping	63
5.4 Malmö – exempel på enstaka regntillfälle	68
5.5 Västra Skåne somrarna 2006 och 2007	70
6. Rörelse (riktning och hastighet) hos häftiga regn.....	79
6.1 Inledning	79
6.2 Teori	79
6.3 Ett regntillfälle i Malmö	82
6.4 Statistisk analys av större datamängder.....	84

7. Vilken regnstatistik "gäller"?	93
7.1 Inledning	93
7.2 Statistikjämförelser	93
7.3 Jämförelsetabeller	97
7.4 Kommentarer	98
8. Referenser	99
Bilagor	101

Sammanfattning

Regndata med hög tidsupplösning insamlade i svenska kommuner har använts för att belysa olika aspekter på *kortvariga* intensiva regn: extremstatistik, eventuella långtidstrender samt utbredning/skala och dynamik/rörelser. Huvudvikten har lagts vid varaktigheterna 5 minuter till 2 timmar, vanlig tidsskala för dimensionering/analys av flöden vid urbanhydrologiska tillämpningar, men också för varaktigheterna 6 upp till 24 timmar.

Datainsamlingen har varit fokuserad mot platser där det funnits tillgång på data från flera stationer för relativt långa tidsperioder. De aktuella orterna är: Göteborg (5 stationer), Jönköping (som mest 21 stationer), Lund (6 stationer), Malmö (som mest 6 stationer), Stockholm (2–3 stationer) och Växjö (som mest 17 stationer).

Det har handlat om olika tidsperioder: från Göteborg i verklig mening ”historiska” regntillfällen, dvs. från mitten av 1920-talet till nutid. Data från övriga platser har registrerats under 1980-talet och senare. Sammanlagt ca 380 000 mm nederbörd har bearbetats, fördelat på 44 000 regntillfällen. Den totalt analyserade nederbördsvolymen innebär omkring 550 normala svenska årsnederbörder.

Lämplig längd på tidsserier för regndata är av storleksordningen minst 30–40 år för att ge likvärdig statistik i olika punkter, där topografi och övrig geografi inte ger anledning att misstänka att det skulle finnas systematiska skillnader. Resultat av bearbetning av ”kortare” tidsserier – även med en längd av omkring 10 år – kan skilja sig mellan likvärdiga lokaliseringar. Spridningen mellan enstaka regnserier tenderar att bli större vid utvärdering av kortare regnvaraktigheter. Ett sätt att förbättra skattningen av korttidsregnens extremstatistik på en ort är att väga samman flera (likvärdiga, långa) regnserier.

Från Barlastplatsen i Göteborg har en mycket lång serie regnhändelser analyserats, för perioden 1926–2007. Jämfört med perioden som helhet, och om den analyseras i delperioder om ca 20 år, varierar de aktuella statistiska egenskaperna betydligt. För ett-årsregnet är variationen i bedömd regnintensitet ca $\pm 15\%$. Den ökar upp till omkring $\pm 25\%$ för sällsyntare händelser, som 10-årsregnet.

Statistiken för två regnserier uppmätta i Stockholm 1984–2006 har visat sig ha nära nog identiska egenskaper m.a.p. korttidsnederbörd jämfört med tidigare publicerade ”Stockholmskurvor” baserade på regndata för perioden 1907–1946.

Avståndet 2–10 km kan innebära stor skillnad i nederbördsintensitet för enstaka regntillfällen. Flera exempel visas i rapporten, där extremregn på en plats endast inneburit måttliga intensiteter på några kilometers avstånd. Statistik för arealnederbörd redovisas, upp till sammanvägd nederbörd för arealer upp till 2 500 km².

Jämförelser har gjorts mellan här publicerad regnstatistik i tabellform och andra generella samband. Samband enligt Dahlström (2006) stämmer väl för regnvaraktigheter 5 minuter upp till 2 timmar, men underskattar intensiteter för längre regn, 6–24 h, med 20–30% eller mer.

Data som presenterats i detta projekt ger inte stöd för att det skulle finnas någon långtidstrend i förekomsten av häftiga regn, så att etablerad regnstatistik skulle behöva modifieras. Undantaget är möjligen Malmö/Skåne med "häftigare" regndata den senaste 10-årsperioden jämfört med data sedan 1980-talet. Det är dock tveksamt om det är tillfälligheter eller kan uppfattas som en trend. Eventuella regionala skillnader i statistik för regnintensitet har inte kunnat urskiljas för de data som funnits tillgängliga inom projektet. Statistiken för samtliga här presenterade utvärderingar av längre regnserier från de 6 orterna i södra Sverige ryms till större delen inom ett variationsintervall på $\pm 10\%$ jämfört med ett generellt samband ("Sverigemedel", Hernebring 2006).

Summary

High resolution rain data recorded within Swedish municipalities has been collected and used to illustrate different aspects of *short term* intense rainfalls: statistics of extreme events, long term trends, as well as areal distribution/scale and dynamics/movements. The main attention has been given to rain durations from 5 min up to 2 hours, usual timescale for urban hydrology applications, but also longer durations: 6 up to 24 hours.

The data collection has been focused on municipalities where rain data from several rain gauge stations for rather long time periods has been available. The municipalities in question are: Göteborg (5 stations), Jönköping (the most: 21 stations), Lund (6 stations), Malmö (the most: 6 stations), Stockholm (2–3 stations) and Växjö (the most: 17 stations).

Data has been available from different periods: from Göteborg in real sense "historical" rain events, i.e. from the middle of the 1920s until present times. Data from the other municipalities has been registered from the 1980s and later. In total about 380 000 mm of rainfall has been analysed, divided into 44 000 rain events. The total precipitation amount represents about 550 average Swedish yearly precipitation volumes.

The adequate length of a rain data time series is in the order of magnitude of at least 30–40 years to generate equivalent statistics for different points, where there is no reason to believe that topography or other factors should cause systematic differences. The result of processing shorter time series – even at the length of about 10 years – may be different when equivalent localities are compared. This is true about evaluating the very short rainfall durations in particular. One way to improve the estimate of short term rain extreme statistics at a locality is to compute the weighted mean of several separate (equivalent, long) series of rain data.

From the rain gauge station Barlastplatsen in Göteborg a very long data series of rain events has been analysed, the period 1926–2007. Compared to the period as a whole, and if the series is processed in fractions of about 20 years, the statistical result will vary a good deal. For the 1-year event the uncertainty of estimated rain intensity is shown to vary within $\pm 15\%$. For more rare events, i.e. 10 years, the uncertainty of the estimate increases to $\pm 25\%$.

The weighted statistics for two rain data series recorded in Stockholm 1984–2006 has shown to be close to identical compared to intensity-duration curves published in the 1950s, based on data from the period 1907–1946.

A distance of 2–10 km between two stations can mean a large difference in recorded rain intensities and volumes for individual rain events. Several examples are given in the report where extreme rain events are measured at one location, and at a distance of a couple of kilometres only moderate intensities occur. Based on available data statistics for

areal precipitation (ARF- areal reduction factor) is presented for areas up to 2 500 km².

Comparisons were made with a recently published Swedish general IDF-equation (Dahlstöm, 2006). This was shown to fit well with data in this project for rain durations from 5 minutes up to 2 hours, but it underestimates the intensities for longer durations (6–24 h) with 20–30% or more.

Any long term trends for the extreme rain statistics could not be discerned from data in the project for established IDF relationships to be modified. The exception is possibly data from Malmö with pronounced intense rains the recent decade compared to data since the 1980s. It is uncertain if this is accidental, or really representing a trend. There is no support for existing regional differences in rain statistics from the data available for the project. The rain statistics for longer rain data series from the 6 municipalities in Southern Sweden is shown to be in accordance with a general Swedish IDF-equation (Hernebring, 2006), within an interval of $\pm 10\%$.

1 Bakgrund och syfte med projektet

1.1 Inledning

Detta projekt handlar om högupplösta regndata som samlats in i kommuner, i vissa större städer sedan början av 1900-talet. Insamlandet av regndata tilltog i början av 1980-talet i och med tillgång till enklare och billigare utrustning för mätningen, av den nu vanliga typen: vippmätare. De senaste årtiondena har ambitionsnivån beträffande kartläggning av nederbördsförhållanden i vissa kommuner ökat till den grad, som vi ska se senare i rapporten, att det totala antalet regnstationer inom vissa kommuner kan räknas i 10-tal.

Det är författarens åsikt att den nederbördsinformation som insamlas kan utnyttjas och "förädlas" även till andra syften än vad som nu vanligen är fallet: att belysa enstaka inträffade regnhändelser och till översiktlig rapportering av nederbördsvolym. Ibland kan det till och med vara så, att insamlingen av nederbördsdata och driftuppföljningen sköts sporadiskt, och att det först vid inträffade extremhändelser blir intressant att tömma data och dokumentera det aktuella regnet. En sådan "regnserie" har begränsat värde för statistiska bedömningar.

Regndata ses ofta som en "färsvara", som blir ointressanta efter en tid. Typexemplet är där datainsamling sker i ett driftövervakningssystem, och där högupplösta data efter en viss tid, ett antal månader eller halvår, försvinner "över kanten" och raderas. Det som återstår är ofta nederbörden summerad med t.ex. dygnsupplösning. Det är ju i själva verket tvärt om: en högupplöst regnserie blir allt värdefullare ju längre den är. Hur lång tidsrymd den bör omfatta för att ge serien relevanta statistiska egenskaper är en av frågeställningarna som projektet försöker besvara. Att en regndataserie på grund av sin längd skulle ta i anspråk för mycket lagringsutrymme är (nuförtiden) inget problem. Informationen från en regndataserie kan lagras mycket kompakt. Detta utvecklas närmare i avsnitt 2.1.4.

En "lång" tidsserie väcker också frågan om det är möjligt att urskilja någon trend i förekomsten av häftiga regn. Stora ansträngningar har inom projektet lagts ner på att, som ett delmoment, med inriktningen på korttidsnederbörd rekonstruera/återskapa data över så lång tidsperiod som möjligt för att just se om man kan urskilja några långtidstrender.

Datainsamlingen har historiskt motiverats av behov av dimensionsunderlag för urbana dagvattenpåverkade avloppssystem, kännetecknat av snabba förlopp med avrinningstider (koncentrationstider) av storleksordningen 10 minuter upp till en timme (urbanhydrologiska tillämpningar). Vi är här alltså intresserade av högupplösta data med möjlighet att uttala oss om intensiva regn i minutskala.

I ett tidigare VA-FORSK-projekt (Hernebring, 2006) redovisades bearbetningar av regndata från 15 orter i Sverige, från en station per ort (eller kombinerat till en tidsserie från alternerande stationer). I aktuellt

projekt var frågeställningen vad som händer om man tar hänsyn till data från flera stationer samtidigt. Det borde då finnas möjlighet att uttala sig om skalan/utbredningen av häftiga regn. Kan man urskilja hastighet/riktning?

Beräkningsverktyg utvecklade i det tidigare projektet har gett möjligheter till mycket omfattande statistiska bearbetningar för en stor mängd regndata, som kunnat redovisas i detta projekt.

Denna skrift är också tänkt som inspirationskälla för att inom kommunerna på ett bättre sätt samla in, arkivera, och "förädla" regndata, och att ge idéer för att visualisera och utvärdera information om inträffade regnhändelser.

Vissa av de analyser som utförts och redovisats, skulle ha kunnat drivas vidare i större detalj, men det har inte tiden/givna resurser medgett. Om någon vill fortsätta och fördjupa/komplettera analyserna ytterligare kan grunddata erhållas från författaren (se Bilaga A för detaljer).

Metodikfrågor vid statistisk bearbetning av regndata har ingående beskrivits i VA-Forsk rapport nr 2006-04, så dessa kommer endast översiktligt att belysas i föreliggande rapport.

1.2 Syfte med rapporten – Läsanvisningar

I följande avsnitt, kapitel 2, anges de förutsättningar under vilka här redovisade regndata har insamlats, ges råd beträffande kvalitetssäkring och driftövervakning. Vidare anges några exempel på hur regndata hanteras praktiskt i några kommuner.

Huvudsyftet med projektet var att ge fördjupad kännedom om relevansen av tidigare regnstatistik genom att utnyttja mer information (data från flera regnstationer) än tidigare. I kapitel 3 redovisas resultat av bearbetningar i de fall där det finns flera parallella regnserier på orten – från 6 orter. Mätserierna omfattar tidsperioden från 1980/90-talet fram till nutid, undantaget är data från Göteborg, där också äldre data är representerade (från den första halvan av 1900-talet). Systematiken i delredovisningarna är medvetet något olika, dels beroende på olika karaktären/kvalitet/längd hos grunddata, och dels att de lokala förutsättningarna varierar.

Ett huvudresultat i kapitel 3 är statistik för långa regnserier från sex orter i södra Sverige. Denna ställs i kapitel 7 i relation till nyligen presenterade generella samband. Den läsare som bara är intresserad av "vad som gäller", dvs. nuvarande status för regnstatistik för de aktuella orterna kan gå direkt till kapitel 7 och till de tabeller som hänvisas till i figurtexterna.

För övrigt i kapitel 3 utnyttjas också bearbetningsresultaten för delserierna till att försöka tillföra kunskap om faktorer som kan påverka egenskaper för häftiga regn inom ett område. Ska olika delar av tätorten, baserat på detta, ha olika dimensioneringskriterier?

För läsare med intresse av eventuella långtidstrender i förekomsten av häftiga regn hänvisas till kapitel 4. Där utreds detta, med utgångspunkt från data som varit tillgängliga för projektet från Stockholm respektive Göteborg

I kapitel 5 ges underlag för bedömning av arealutbredning av häftiga regn, speciellt från de orter där data från ett stort antal regnmätare funnits tillgängliga (Jönköping, Växjö). Exempel på sammanställning av nederbördens arealfördelning visas för ett antal enskilda extrema regntillfällen. För att generalisera förhållandena över en längre period utvecklades beräkningsrutiner där data från flera regnmätare hanterades samtidigt och där, med hänsyn till det geografiska läget, nederbördsintensiteten i en godtycklig punkt kunde uppskattas. Beräkningsverktyget utnyttjades här till att beräkna nederbördsförlopp representativa för arealer av varierande storlek. Hur nederbördsstatistiken påverkas av areans storlek uttrycks sedan med s.k. arealreduktionsfaktorer. Arealfördelning av nederbörd illustreras också översiktligt genom sammanställning av samtidiga data från ett antal kommuner i Skåne.

Rörelse hos häftiga regn (riktning och hastighet) bedömt utifrån regndata avhandlas i kapitel 6. Där beskrivs de beräkningsrutiner som utvecklats för att extrahera dessa egenskaper hos regnen. Detta kapitel är endast avsett för de mest "entusiastiska" läsarna, med intresse för vilken annan information än rena regnförlopp som kan dölja sig i regndata från flera mätare. Det är dessutom bara i ett fåtal specialfall man skulle tänkas ha nytta av denna information i samband med dimensionering/analys av avloppssystem.

2 Datainsamlingsmetoder – regndataförvaltning

2.1 Minimering av mätfel

2.1.1 Inledning

Inom projektet har data använts okorrigerat, som de levererats. Man kan fundera på vilka eventuella mätfel som kan finnas, men detta är mycket svårt att avgöra i efterhand. Det har lagts ner stor möda däremot på att identifiera perioder med dataavbrott. Kortare perioder är svåra att avslöja. Längre avbrottsperioder har bedömts översiktligt genom sammanställning och jämförelser av månadsnederbörd inom samma ort, där det varit möjligt.

Hernebring (2006) gjorde bedömningar efter insamling av liknande data från 15 kommuner genom jämförelser mellan månadsvolymen från en näraliggande SMHI-station. Registrerade värden för perioden maj-september (under dataseriens varaktighet) dividerades med SMHI-data för samma period. Många av mätserierna uppvisade en överensstämmelse på runt 90 % eller mer.

Det är osäkert hur ofta de kommunala nederbördsmätarna kalibreras. Ett tecken på att det är relativt sällan, är att man kan se på data att man regelmässigt förlitar sig på instrumentets nominella vippvolym (vanligen 0,2 mm). Avstämning av vippvolymen är relativt enkelt och borde ingå i regelbundna översynsrutiner. De data som erhållits från Stockholm Vatten, däremot har varit kalibrerade/korrigerade enligt den metodik som anges i avsnitt 2.1.3.

I fortsättningen anges faktorer att tänka på, för att våra nederbördsdata i framtiden ska bli så trovärdiga som möjligt.



Figur 2-1 Vippmekanismen (dubbelvippa) i en vanlig typ av nederbördsgivare (Casella, 0.2 mm). Foto: Claes Hernebring.

2.1.2 Givarplacering

Allmänna riktlinjer för placering av nederbördsmätare ges t.ex. av Arnell (1991), Alexandersson (2003) eller av WMO (1996). Anvisningarna går ut på att största möjliga grad undvika den viktigaste felkällan: vindpåverkan.

Det anges att nederbördsmätaren bör placeras över så horisontellt underlag som möjligt. Kraftigt sluttande mark och kullar bör undvikas. Tillfredsställande vindskydd i form av buskar, träd och byggnader, som når minst 20° över horisonten bör finnas i alla riktningar. Dock skall i regel höjdvinkeln till omgivande föremål inte överstiga 45°. För enstaka smala hinder såsom träd kan höjdvinklar upp till 60° tolereras. Mätaren bör placeras så nära markytan som möjligt, ofta i praktiken på ca 1,5 m höjd. Hustak uppges vara en dålig plats för nederbördsmätare.

Det är dock i praktiken svårt att i en stadsmiljö hitta en placering som är helt idealisk och skyddad från åverkan. Hernebring (2006) noterade att kommunala nederbördsmätare hade en tendens att hamna på (kommunhusets) tak.

2.1.3 Mätfel kopplade till mätprincipen vipp-mätare (tipping bucket)

Det finns en omfattande litteratur beträffande specifika felkällor vid användning av vippmätare (tipping bucket) för registrering av nederbörd, se t.ex. Niemczynowicz (1986), Vasvári (2005) eller Molini et al. (2005).

Grundproblemet är att vippmekanismen inte "hinner med" vid mycket höga nederbördsintensiteter, att därför viss volym går förlorad och nederbördsintensiteten underskattas. Författarna anbefaller "dynamisk kalibrering", dvs. att givarens respons (vippningar per tidsenhet) stäms av mot ett brett intervall av nederbördsintensiteter. Kalibreringsdata erhålls vanligen med hjälp av variabel kontrollerbar vattentillförsel med en peristaltisk pump. Redovisade kalibreringsdata innebär dock inte alltid att nederbörden underskattas. Motsatsen förekommer också. Förklaringen är då, att pga. åldringseffekter vippans ytegenskaper kan ha förändrats, och en viss vattenmängd hålls kvar efter vippningen – dvs. "vippvolymen" har förändrats.

Det ska betonas, att de betydande avvikelser av storleksordningen 20–30% som publicerats, noteras för mycket extrema nederbördsintensiteter, ca 200 mm/h (motsvarar mer än 550 l/s, ha), en för svenska förhållanden mycket extrem intensitet.

Risken för detta "dynamiska" mätfel blir större om vippans volym i relation till uppfångningsarean (uttryckt som mm nederbörd per vipp) är liten. I Sverige förekommer vippmätare med 0,1, 0,2 (vanligast) respektive 0,5 mm vippvolym. Vidare är en enkelvippa (som fjädrar tillbaka efter vippning) sämre än en dubbelvippa i detta avseende.

Ett av de fåtal kända dynamiska kalibreringarna för kommunala nederbördsmätare i Sverige har gjorts av Stockholm Vatten (Strandner och Bennerstedt, 1993, 1999). Kalibreringsdata anpassas till ett polynom enligt ekvation 6-1. Nederbördsgivarnas vippvolym är där 0,1 mm. I Figur 2-2 visas effekten av mätfelet för en uppsättning kalibre-

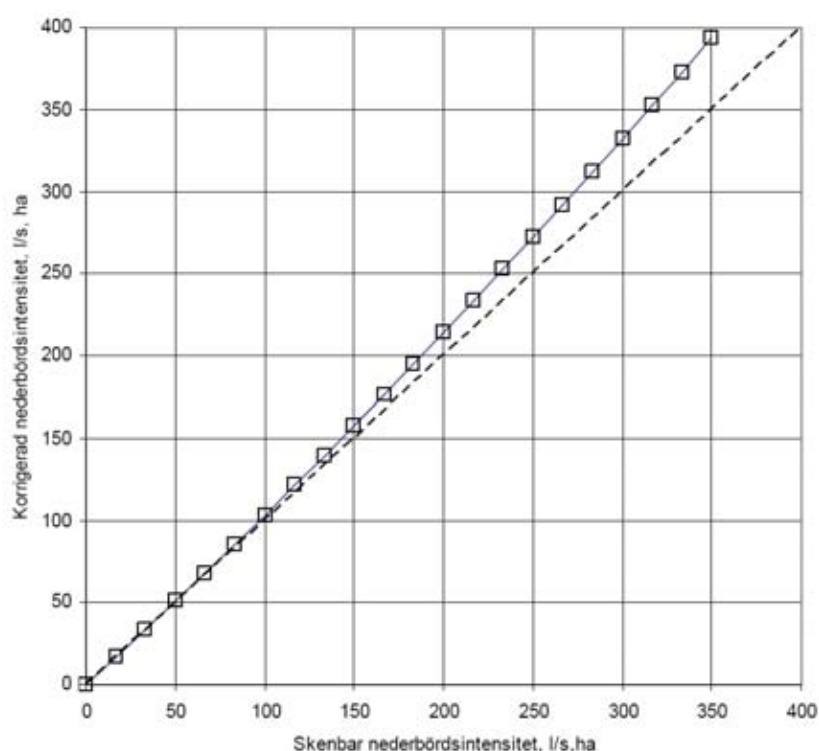
ringskonstanter (k_1 och k_2). Längs x-axeln är avsatt den ”skenbara intensiteten” och längs y-axeln korrigerat värde enligt ekvation 6-1. Detta enstaka exempel innebär för okorrigerade data en underskattning vid 10-minuters 1, 2, 5 och 10-årsregn (nederbördsintensiteterna ca 100, 130, 170 och 220 l/s, ha) med 3%, 4%, 6% respektive 7%.

$$R_f = k_1 \cdot f + k_2 \cdot f^2 \quad \dots 2-1$$

där R_f är regnintensitet (mm/h)

k_1, k_2 – kalibreringskonstanter

f – antal (0,1 mm) vippningar per minut



Figur 2-2 Exempel på effekten av korrigering av nederbörd tillämpad av Stockholm Vatten. Punkterna motsvarar nederbördsintensitet vid antalet vippningar per minut från 0 till 21 st. Streckad linje anger okorrigerade värden. Vippvolym 0,1 mm.

Liknande data för vippvolymerna 0,2 och 0,5 mm är inte kända för författaren. Sannolikt är då detta dynamiska fel av mindre storleksordning, eftersom vippningsfrekvensen vid samma nederbördsintensitet minskar i relation till vippans storlek.

2.1.4 Datainsamling via driftövervakningssystem

Det är vanligt att datainsamling sker via driftövervakningssystem. Det är en fördel om data då kan lagras som vippningshändelser. I vissa system ”går det inte”, utan data lagras i stället som antal vippningar per minut eller t.ex. 5 eller 6 minuter. För bedömning av korttidsnederbörd (5–10 minuter) krävs dock hög tidsupplösning. Minutupplösning är då tillräcklig.

Nederbördsdata registrerat som vippningshändelser blir mycket kompakta. Som jämförelse kan nämnas att ett års vippningshändelser (0,2 mm vipp, 600 mm/år) innebär 3 000 datarader. Antalet minuter per år är mer än 500 000, vilket blir datamängden om data lagras med minutupplösning. 99% av dataraderna innehåller dessutom ingen annan information än att det inte har regnat (= 0).

Det är också mycket vanligt att högupplösta regndata i driftövervakningssystem efter ett antal månader i likhet med övriga minutdata ”rinner över kanten” och raderas, och är kvar enbart sammanfattade som tim- eller dygnsvärden. Detta skulle man kunna lösa genom att ge dessa signaler ett ”längre liv”, eller att periodvis kopiera till lagring på annan plats, t.ex. i en regndatabas. En ”regndatabas” med vippningshändelser kan i sin enklaste form helt enkelt bestå av en text-fil, eller vara lagrat i ett kalyklark. Om grunddata inte är vippningshändelser utan minutvärden är det en fördel om man vid kopieringen kan filtrera bort rader med noll-värden.

Om en dataserie med t.ex. vippningshändelser sedan ska kunna användas för bearbetning eller beräkning måste man för att avgränsa regntillfällen åter lägga in (ett fåtal) rader med noll-värden. Detta har att göra med problemet att man inte vet när i tiden den första vippen i ett regn har genererats, bara när den blev full och vippade. Ett enkelt sätt är att om tidsavståndet mellan två vipphändelser är större än en viss tidsperiod (ex. 2 timmar) så läggs en rad med nolla in exempelvis 30 minuter före den senare i intervallet. En annan metodik är att se på trenden i regnförloppet (avståndet mellan de två första vippen), och anta att nollan ska hamna på samma tidsavstånd före den första vippen. Hur placeringen av denna lilla (0,2 mm) regnvolym görs i tiden är mest kosmetisk och har sedan ingen praktisk betydelse t.ex. för resultatet av en statistisk bearbetning, inte heller för resultatet av en beräkning.

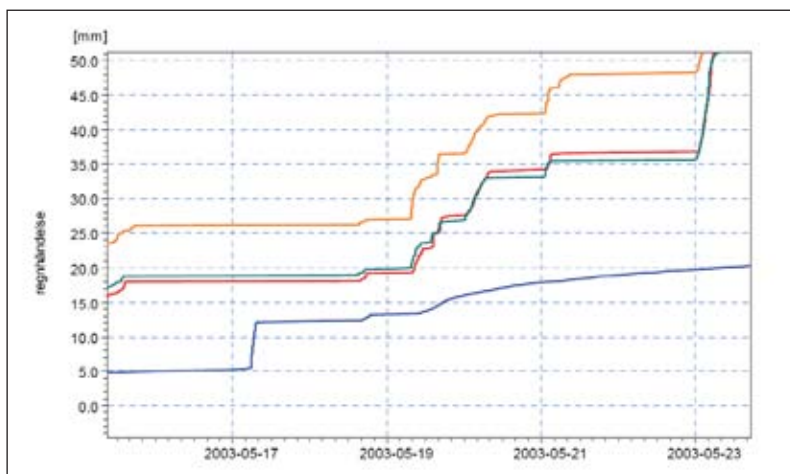
2.1.5 Driftövervakning, tillsyn

Nederbördsgivare bör kontrolleras (inkl. demontering och rengöring) regelbundet, helst då också med kalibrering av vippvolymen. Tillsynen bör omfatta hela kedjan från mekanisk funktion hos givare till lagring på dataenhet. Det vanligaste driftproblemet är igensättning pga. fågel-exkrementer, löv etc.

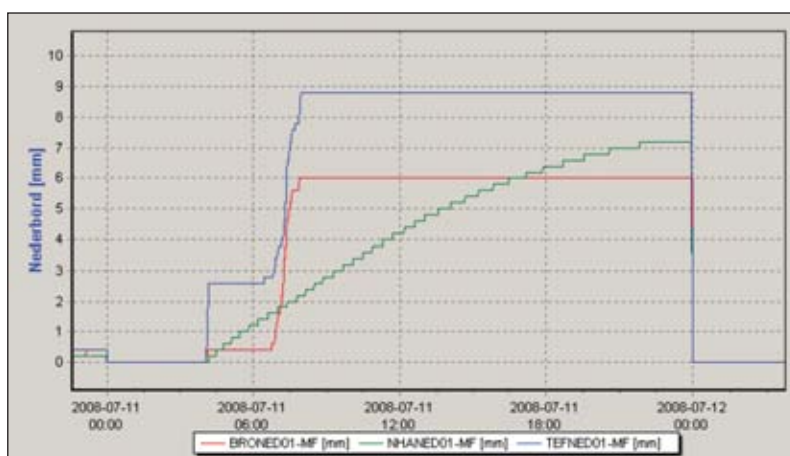
Om det finns flera regngivare inom samma samhälle bör dess resultat jämföras sinsemellan, exempelvis vid kvalitetskontroll efter tömning av dataloggers. Att då plotta ackumulerade nederbördsdata från flera givare i samma diagram ger en tydlig indikation om någon mätare fungerar bristfälligt, se Figur 2-4. Om data finns tillgängliga on-line, vilket Figur 2-5 är exempel på, ger denna typ av presentation möjlighet att upptäcka driftproblem i ett tidigt skede.



Figur 2-3
Nederbördsgivare med driftproblem. Foto: Rune Skog, Tromsø kommune.



Figur 2-4 Exempel på nederbördsdata (ackumulerad nederbörd) från en ort med 4 regnmätare, där en av givarna sannolikt är igensatt.



Figur 2-5 Exempel på nederbördsdata (ackumulerad nederbörd – nollställning vid varje dygnsskifte) från en ort med 3 regnmätare, där en av givarna sannolikt är igensatt.

2.2 Exempel på regndatainsamling/förvaltning och presentation

2.2.1 Inledning

Nedan beskrivs kortfattat några exempel på olika avancerad hantering av regndata, visualisering och analys i kommuner. I samtliga fall hantearas data på sidan av driftövervakningssystemen, så att regndata tillförsäkrats ett "evigt liv". Statusbeskrivningen är från hösten 2008.

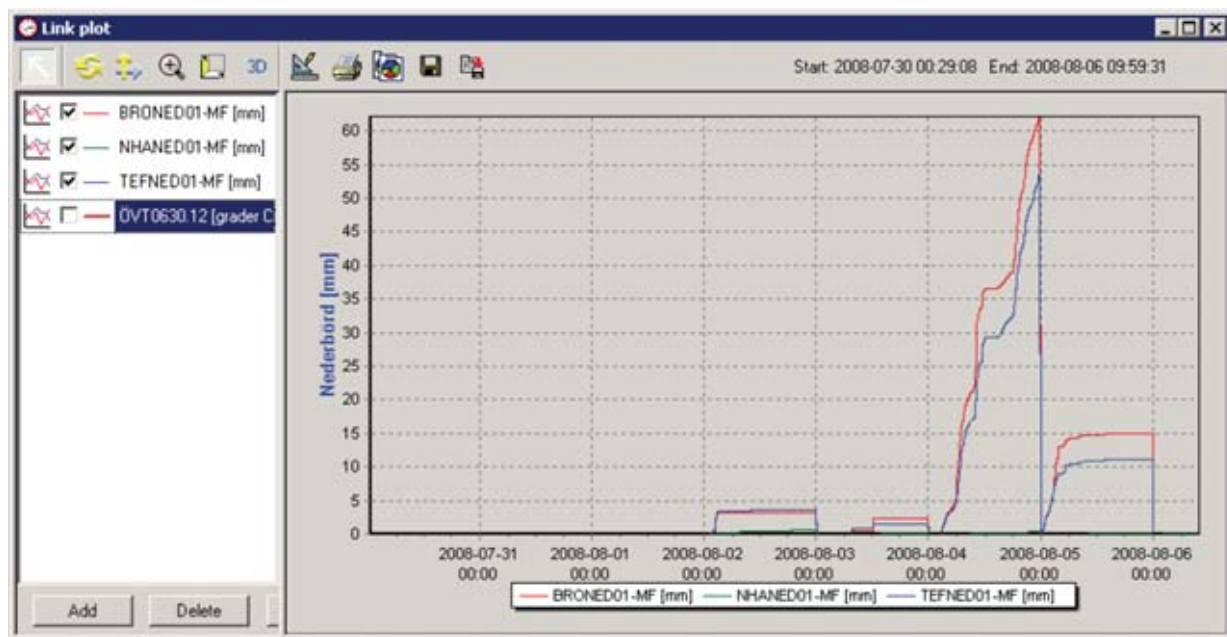
2.2.2 Exempel Helsingborg

Sedan år 2000 loggas 3 av kommunens regnmätare via driftövervakningssystemet och överförs som minutvärden till en speciell databas (DIMS) som hör till MOUSE OnLine-systemet. Överföringen sker varje minut via en textfil. År 2008 har ytterligare 2 regngivare tillkommit. Regndata lagras som ackumulerade värden under dygnet med minutupplösning, och nollställning vid varje dygnsskifte. Vid plottning av data kan man

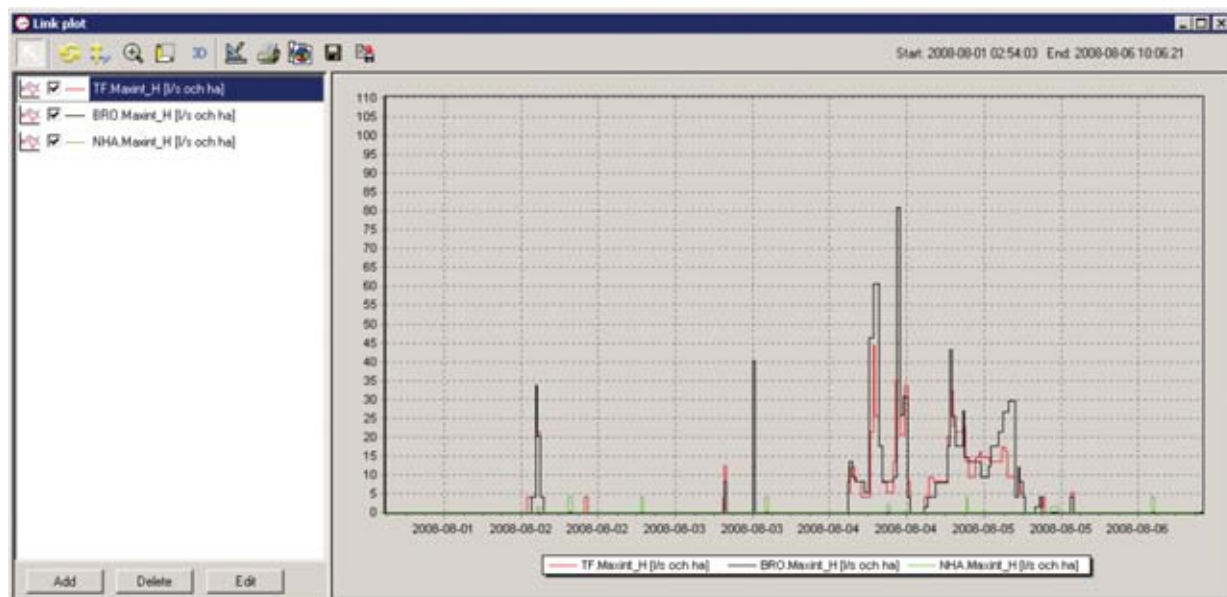
därför enkelt jämföra registrering hos olika mätare, se Figur 2-6. En enkel utvärdering av regnintensiteten görs genom att ett flytande 10-minutersvärde beräknas och det maximala värdet varje timme sparas, se exempel i Figur 2-7. Regndata kan exporteras från databasen för att skapa beräkningsregn eller för detaljerad regnbearbetning.

2.2.3 Datainsamling via nätverk (TCP/IP) i Halmstad och Laholm

I Halmstad (Stationsgatan) och Laholm (Hedhusets avloppsverk) har under 2007–2008 installerats ett system som bygger på att loggningen av regnhändelserna kan ske via en I/O-modul till en speciell dator som

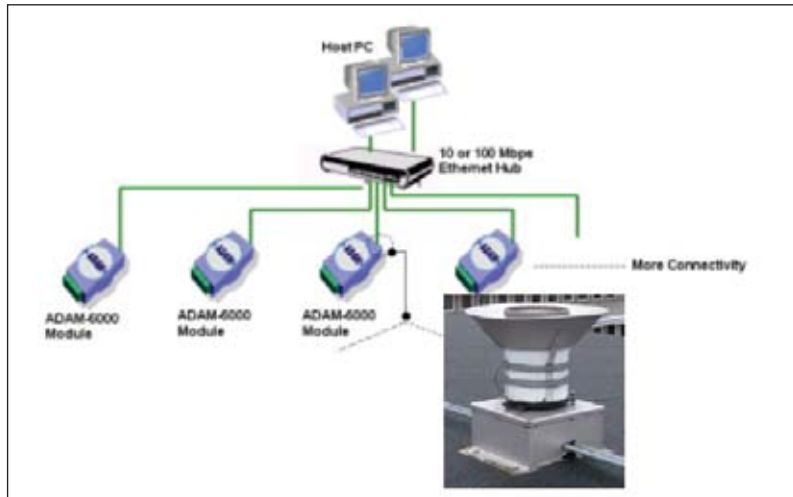


Figur 2-6 Visualisering av grunddata för regn i Helsingborg som ackumulerat värde nollställt vid dygnsskiftet.

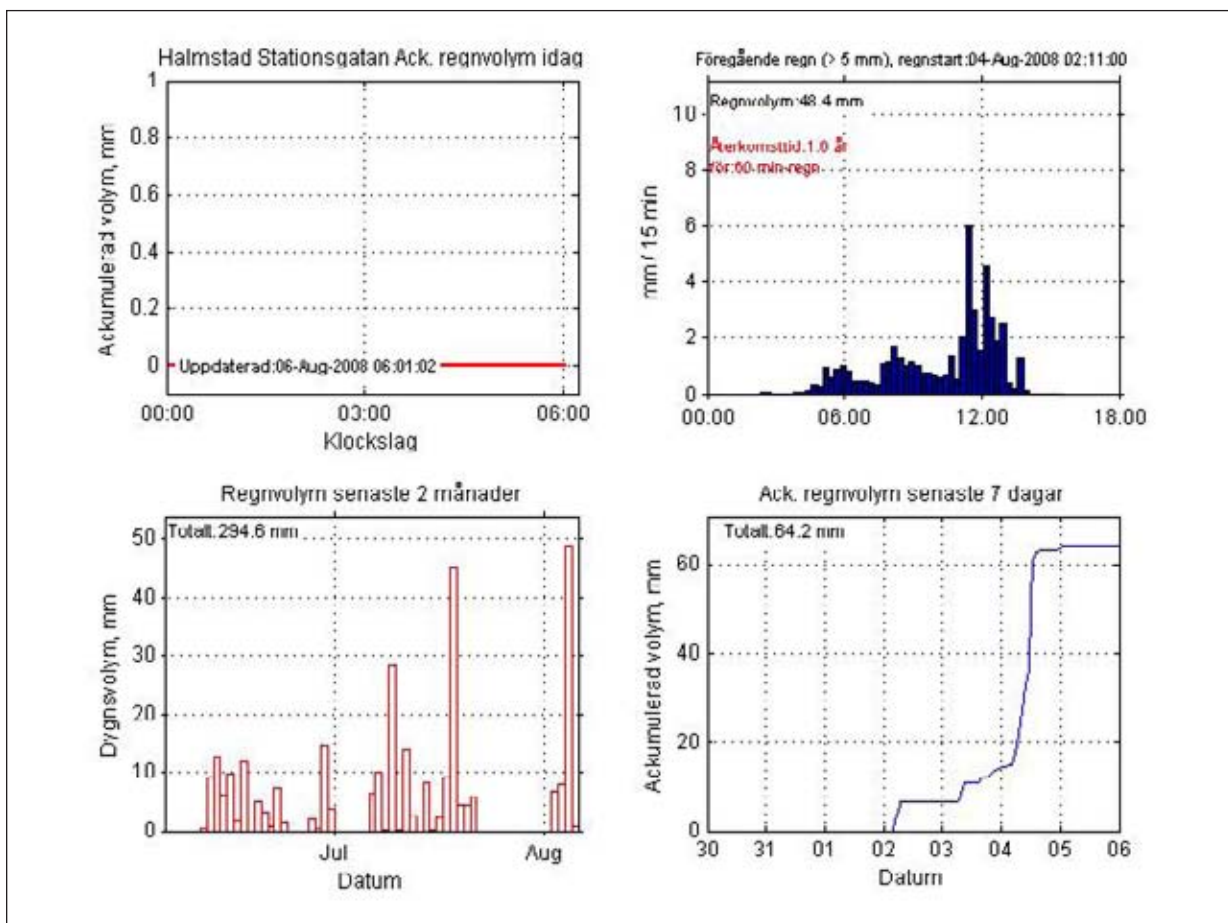


Figur 2-7 Exempel på översiktlig regnintensitetsbedömning i Helsingborg genom beräkning av flytande 10-minutervärde.

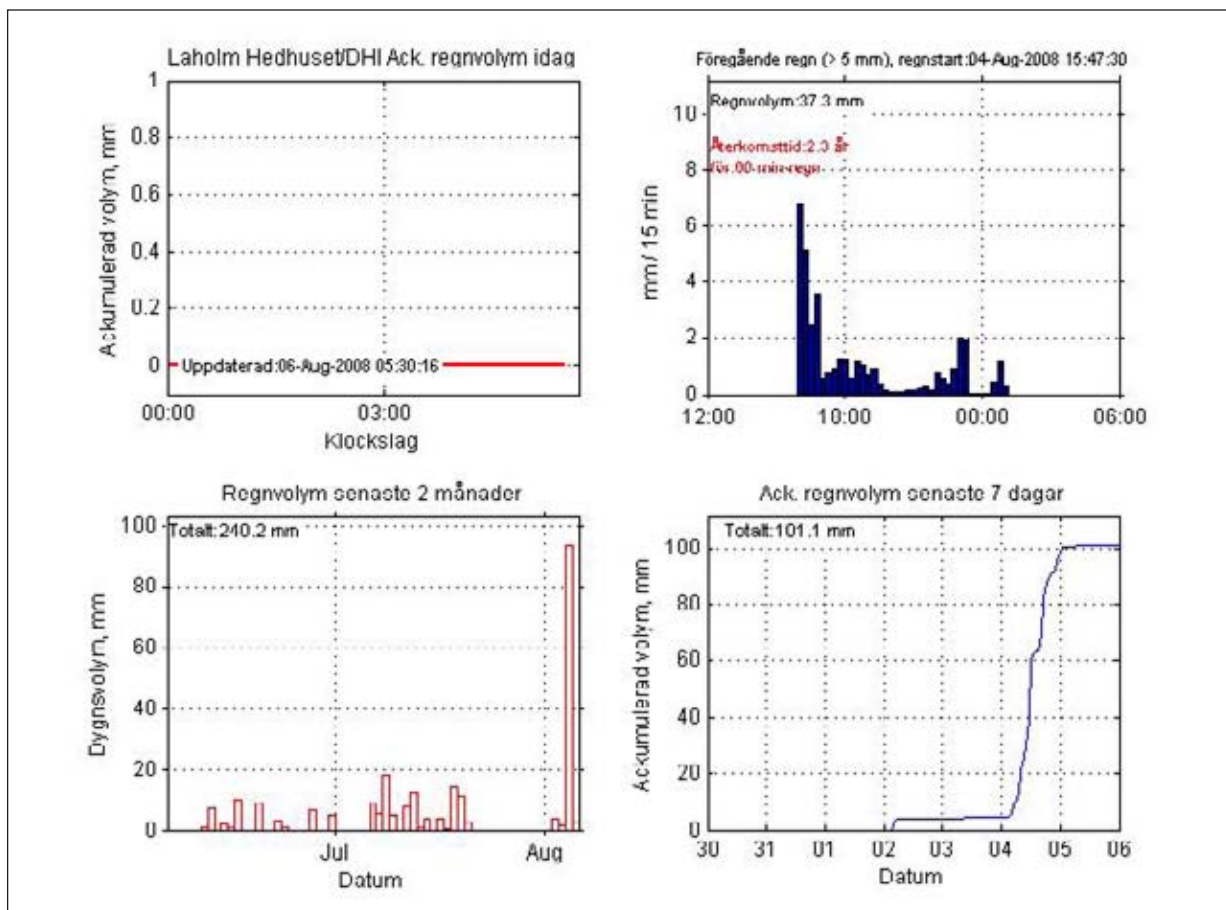
är ansluten till kommunens nätverk. Via en programvara skrivs vipp-händelsen på en fil, som omedelbart är tillgänglig för eventuell databearbetning. Databearbetning kan ske schemalagt med valfri frekvens. Förutom datafiler och detaljerade resultat skapas en statusbild vid varje beräkning, som ger en överblick av den aktuella regnsituationen, se exempel i Figur 2-9 och Figur 2-10.



Figur 2-8 Princip för loggning av regnhändelser via nätverk



Figur 2-9 Statusbild från regndataregistrering vid Stationsgatan i Halmstad



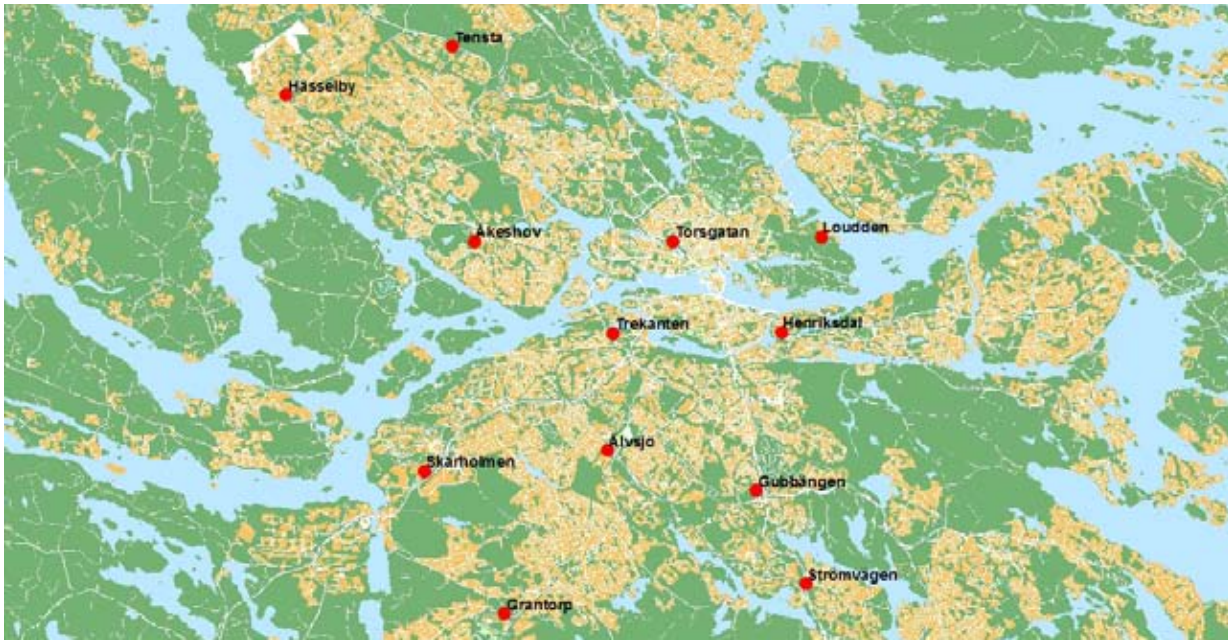
Figur 2-10 Statusbild från regndataregistrering vid Hedhusets reningsverk i Laholm.

2.2.4 Exempel Jönköping

En databas har upprättats på en dator, där befintliga data från driftövervakningssystemet bl. a regndata från 21 regnmätare kan presenteras på ett enkelt sätt i en vanlig webbläsare. Data till denna databas konverteras automatiskt från driftövervakningssystemet 1 gång per dygn. Regndata lagras som vippningshändelser. För grafisk presentation kan man välja och rita upp 1–2 kurvor i ett diagram. Regn redovisas i l/s, ha. Flöden redovisas i l/s. Beräkningsfunktion finns för volym på regn (summa mm i diagrammet) och flöde (m^3). Ur databasen kan data exporteras för t.ex. skapande av beräkningsregn eller detaljerad regnbearbetning.

2.2.5 Exempel – Stockholm Vatten AB

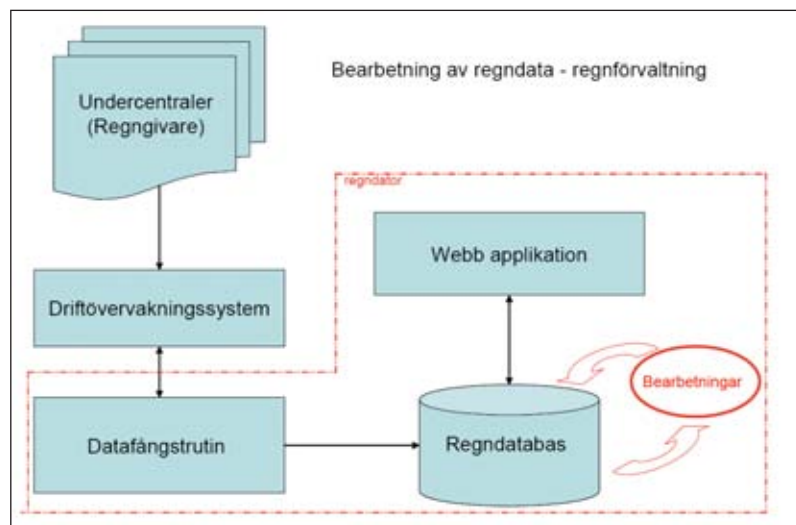
I början av 2008 moderniserades Stockholm Vattens system för hantering av regndata. Principen för funktionen framgår av Figur 2-12. Loggningen av regndata sker från undercentraler till det centrala driftövervakningssystemet, där data lagras med minutupplösning. Systemets funktionalitet baseras på en databas som upprättas på en "regndator". En datafångstrutin går med valfri frekvens in via en ODBC-databaskoppling mot driftövervakningssystemet med läsrättigheter till aktuella tabeller.



Figur 2-11 Placering av Stockholm Vattens regnmätare (2008).

Via ett webbaserat gränssnitt ges möjlighet till grafisk redovisning av regnen från valfria mätare. Parallellt med webbapplikationen har automatiska beräkningsrutiner för beräkning/utvärdering av regntillfällen (återkomsttider för olika varaktigheter) utvecklats.

I regndatabasen lagras kontinuerliga data, grunddata, samt vissa beräknade kontinuerliga värden. Vid bearbetning och statistisk analys måste man dela in regndata i regntillfällen (enligt en regndefinition) för att bestämma maxintensiteter per regntillfälle. Resultatet av bearbetningarna blir därför diskontinuerliga – typiskt redovisade i tabellform uppdelat på regntillfällen. Resultatet av utvärderingen läggs tillbaka in i regndatabasen (diskontinuerligt, uppdelat på regntillfällen). Via webbgränssnittet kan utsökning göras efter olika kriterier, för att t.ex. skapa olika rapporter.



Figur 2-12 Principer för regndatahantering hos Stockholm Vatten 2008

3 Statistik för flera likvärdiga mätplatser på samma ort

3.1 Inledning

Om nederbördsobservationer gjorda på olika platser läggs ihop och viktas i enlighet med respektive längd på tidsserien och sedan bearbetas som en enhet benämns tekniken ”stationsårsmetoden”. Detta är ett sätt att skapa ett större statistiskt underlag för regndata, vanligen med data från ett begränsat område inom en ort. Förutsättningen för att detta ska fungera är naturligtvis att man inte har anledning att misstänka några systematiska skillnader mellan mätpunkterna. Falk (1951) tillämpade denna teknik vid framtagandet av de välkända Stockholms-kurvorna.

På samma sätt är de klassiska intensitets-varaktighetskurvorna för Göteborg baserade på den bearbetning av Göteborgsdata, som redovisades av Arnell (1974). Data representerar viktade medelvärden från fem stationer.

Inom en större ort kan naturligtvis förhållandena variera så att olika nederbördsstatistik erhålls för olika delar av kommunen. I Göteborg anses dessa effekter välkända. Kant (2001) gjorde en utvärdering av regndata från flera stationer inom Göteborgsområdet för perioden 1973–2000, där det framgick att det var skillnader mellan kustnära placeringar, stationer belägna inom centrum, respektive stationer i inlandet.

Orter som inom sig rymmer t.ex. stora topografiska skillnader kan naturligtvis uppvisa olika regnstatistik beroende på var nederbörden är uppmätt. Frågan är då, om olika dimensioneringsregn ska tillämpas på ledningssystem i olika delar av kommunen.

Stationsårsmetoden kan inte tillämpas okritiskt. Om det finns trender i data (tillfälliga eller mera långsiktiga) är det inte lämpligt att lägga ihop data från olika mätserier med väsentligen olika varaktighet. Den vanliga situationen är att data finns för längre perioder för ett fåtal mätare, och att successivt ett antal mätplatser lagts till med tiden. En samlad bearbetning av en sådan datamängd innebär att nederbörds-egenskaper under vissa tidsperioder (vanligen nära nutid) får större vikt än andra perioder. Av detta skäl redovisas i denna rapport bearbetningar enligt stationsårsmetoden endast för Stockholm respektive Lund (se avsnitt 3.6 och 3.7), där data uppfyller villkoret att delserierna är ungefär lika långa.

I övrigt – i avsnitt 3.2 till avsnitt 3.5 – används data från olika källor (historiska digitaliserade från Göteborg i avsnitt 3.2, moderna digitala data från Växjö, Jönköping och Malmö i avsnitten 3.3–3.5) för att belysa om man blir ”klokare” av att betrakta flera parallella mätserier. Skiljer sig resultatet vid utvärdering av data från källor av olika karaktär? Hur ”lång” bör en regnserie vara för att regnstatistiken ska kunna utvärderas korrekt? Utvärdering av parallella mätdata kan också säga något om osäkerheten i uppskattningen av aktuell regnstatistik.

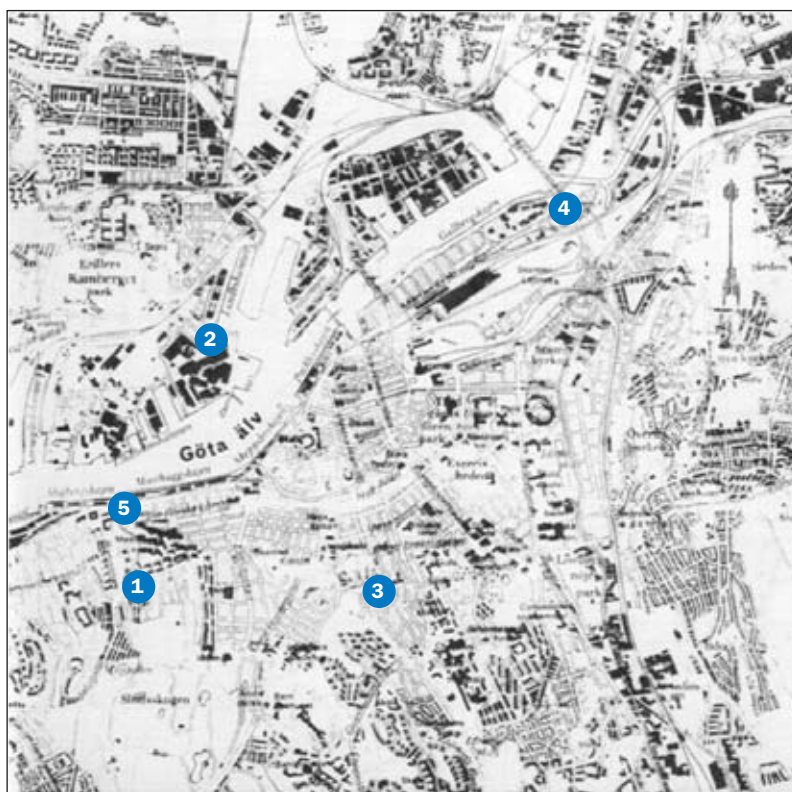
3.2 Omdigitalisering och utvärdering av äldre nederbördsdata från centrala Göteborg

3.2.1 Bakgrund

I början av 1970-talet digitaliserades äldre regndata från fem stationer i Göteborg från skivaremsor vid inst. för Vattenbyggnad CTH i samarbete med VA-verket i Göteborg. Bearbetning av dessa data resulterade i skriften: "Intensitets- varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926–1971". Författare: Viktor Arnell. Geo-hydrologiska forskningsgruppen. Meddelande nr 5. Göteborg 1974.

Nederbördsstationer

- 1 Masthugget
- 2 Lundby med mätperioden 1920–1955
- 3 Landala
- 4 Gullbergsvass
- 5 Barlastplatsen, som varit i drift sedan 1917 och är så fortfarande



Figur 3-1 Äldre nederbördsstationer i Göteborg. Figuren är hämtad från Arnell (1974).

Ett urval av de "häftiga regn", som skulle bli föremål för digitalisering, gjordes efter vissa kriterier. Dessa valdes med syftet att få med alla regn med intensiteter större eller lika med vad som i genomsnitt överskrider tre gånger per år för var och en av de studerade varaktigheterna (5–70 minuter). Slutresultatet blev att i genomsnitt omkring 10 kompletta nederbördstillfällen per år blev digitaliserade.

Tillvägagångssättet vid "stansning av regnen för vidare bearbetning" beskrivs i detalj i rapporten. Regnen överfördes till en hållremsa med hjälp av en koordinatograf. Koordinaterna för tre kända punkter på diagrampapperet stansades. Dessa punkter användes i bearbetning för kordinattransformering mellan koordinatografens och diagrammets koordinatsystem. Därefter bearbetades den ackumulerade nederbördskurvan på så sätt att kurvans brytpunkter stansades. Tömningar i flottörhuset eliminerades genom att första koordinatparet efter tömning sattes lika med det sista koordinatparet efter tömningen. Slutresultatet

för varje regntillfälle blev samhörande värden för den ackumulerade nederbörden som funktion av tiden.

Regndata lagrades slutligen på magnetband som Arnell skriver: "... i en så allmän form som möjligt för att ge stor flexibilitet i framtiden. Detta medför att framtida bearbetningar ... blir relativt billiga eftersom man slipper utföra en tidskrävande manuell bearbetning av nederbördsdiagrammen."

Detta var också tanken i samband med nu aktuellt projekt 35 år senare (år 2006–2008). Det var alltså känt att data hade lagrats på magnetband. Ett äldre band kunde återfinnas i ett arkiv på CTH som enligt märkning förmodligen innehöll de aktuella regndata. Problemet var att det inte var möjligt att hitta en bandstation av rätt fabrikat, som kunde läsa innehållet. I arkivet fanns dock också de aktuella data utskrivna på printerlistor (omkring 1800 printersidor). Lösningen blev (faktiskt "tidskrävande") inskanning av respektive datalista och "digitalisering" via OCR-tolkning av de tabellerade data. Metodiken beskrivs översiktligt nedan.

3.2.2 Digitaliseringsmetodik och statistisk bearbetning

Rådata (printerlistorna) OCR-tolkades och omformades enligt kolumn 1 och 2 i Figur 3-3 och konverterades till tidsseriedata enligt kolumn 3-5.

Ett antal felkontroller utfördes på väg till den slutliga tidsserien enligt Figur 3-4. Det vanligaste felet var felaktig OCR-tolkning av tecken och sifferuppgifter. Strukturen hos grunddata var sådan, att den i sig innehöll kontrollpunkter: inom varje regntillfälle måste både tiden och den ackumulerade regnvolymen vara kontinuerligt stigande. Det slutliga formatet på regndata bestod av icke-ekvidistanta tidpunkter för digitaliserade brytpunkter i regndata och däremellan volymstillskott (mm), se Figur 3-4. Data avrundades till en decimal. Varje regntillfälle inleddes med värdet 0.

PLATS	DATUM	STARTTID	TYP	SKALFAKTORER					
				Y	Y				
5	260605	14.00	5	0.10	79.32				
TRANSFORMATIONSPUNKTER									
014.00.00	0.000								
013.59.55	20.000								
019.00.00	0.007								
TID	MM	TID	MM	TID	MM	TID	MM	TID	MM
014.05.07	10.093	014.27.03	10.096	014.30.23	10.179	014.31.58	10.265	014.34.19	10.551
014.35.17	10.865	014.35.48	11.444	014.39.16	12.523	014.40.46	12.886	014.44.16	12.957
014.55.45	12.938	015.06.59	13.006	015.32.60	12.993	015.33.60	13.420	015.34.22	14.056
015.35.06	14.213	015.36.16	14.296	016.21.37	14.354	016.37.16	14.355	016.55.12	14.369
017.13.39	14.398	017.15.36	14.483	017.16.51	14.620	017.18.35	15.197	017.19.57	15.687
017.22.06	15.885	017.25.38	16.056	017.26.58	17.000	017.27.44	17.264	017.36.13	17.396
017.33.44	17.519	017.45.35	17.589	018.26.34	17.596				

Figur 3-2 Exempel på printerlista för ett regn

Barlastplatsen 1						
Blad	Tid	mm	datum	starttid	datum och tid	Akkumulera mm, volym- t inom regn: tillskott
1			260605	14.00	1926-06-05	
	14.05.07	10.093			1926-06-05 14.05.07	0.0 0.0
	14.27.03	10.096			1926-06-05 14.27.03	0.0 0.0
	14.30.23	10.179			1926-06-05 14.30.23	0.1 0.1
	14.31.58	10.265			1926-06-05 14.31.58	0.2 0.1
	14.34.19	10.551			1926-06-05 14.34.19	0.5 0.3
	14.35.17	10.865			1926-06-05 14.35.17	0.8 0.3
	14.35.48	11.444			1926-06-05 14.35.48	1.4 0.6
	14.39.16	12.523			1926-06-05 14.39.16	2.4 1.1
	14.40.46	12.886			1926-06-05 14.40.46	2.8 0.4
	14.44.16	12.957			1926-06-05 14.44.16	2.9 0.1
	14.55.45	12.938			1926-06-05 14.55.45	2.8 0.0
	15.08.59	13.006			1926-06-05 15.08.59	2.9 0.1
	15.33.00	12.993			1926-06-05 15.33.00	2.9 0.0
	15.34.00	13.420			1926-06-05 15.34.00	3.3 0.4
	15.34.22	14.050			1926-06-05 15.34.22	4.0 0.6
	15.35.06	14.213			1926-06-05 15.35.06	4.1 0.2
	15.38.16	14.296			1926-06-05 15.38.16	4.2 0.1
	16.21.37	14.354			1926-06-05 16.21.37	4.3 0.1
	16.37.16	14.355			1926-06-05 16.37.16	4.3 0.0
	16.55.12	14.389			1926-06-05 16.55.12	4.3 0.0
	17.13.39	14.398			1926-06-05 17.13.39	4.3 0.0
	17.15.36	14.483			1926-06-05 17.15.36	4.4 0.1
	17.16.51	14.620			1926-06-05 17.16.51	4.5 0.1
	17.18.35	15.197			1926-06-05 17.18.35	5.1 0.6
	17.19.57	15.687			1926-06-05 17.19.57	5.6 0.5
	17.22.06	15.885			1926-06-05 17.22.06	5.8 0.2
	17.25.38	16.056			1926-06-05 17.25.38	6.0 0.2
	17.26.58	17.000			1926-06-05 17.26.58	6.9 0.9
	17.27.44	17.264			1926-06-05 17.27.44	7.2 0.3
	17.30.13	17.398			1926-06-05 17.30.13	7.3 0.1
	17.33.44	17.519			1926-06-05 17.33.44	7.4 0.1
	17.45.35	17.589			1926-06-05 17.45.35	7.5 0.1
	18.28.34	17.596			1926-06-05 18.28.34	7.5 0.0

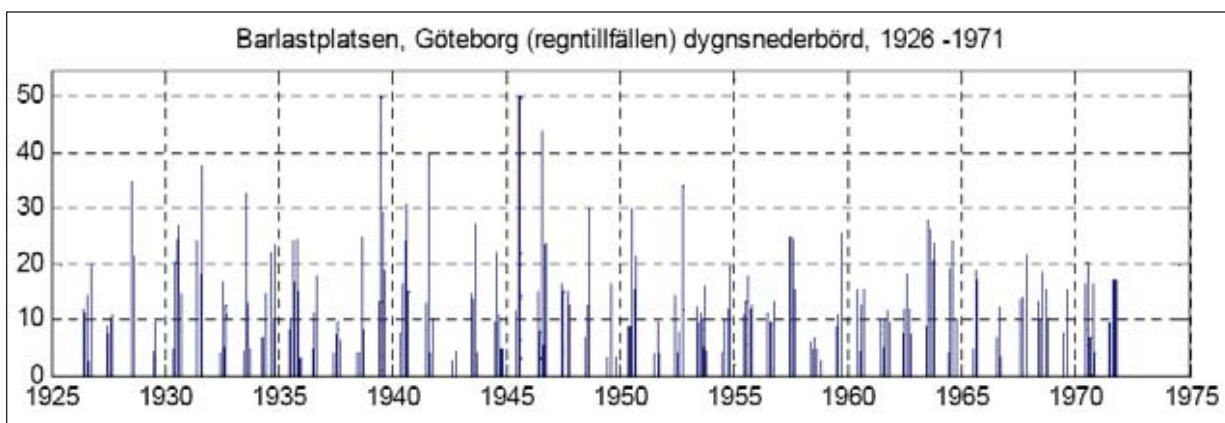
Figur 3-3 OCR-tolkade rådata (kolum 1 och 2) från Figur 3-2 samt konvertering till tidsseriedata (kolumn 3-5).

datum och tid	mm, volym- tillskott
1926-06-05 14.05.07	0.0
1926-06-05 14.27.03	0.0
1926-06-05 14.30.23	0.1
1926-06-05 14.31.58	0.1
1926-06-05 14.34.19	0.3
1926-06-05 14.35.17	0.3
1926-06-05 14.35.48	0.6
1926-06-05 14.39.16	1.1
1926-06-05 14.40.48	0.4
1926-06-05 14.44.16	0.1
1926-06-05 14.55.45	0.0
1926-06-05 15.08.59	0.1
1926-06-05 15.33.00	0.0
1926-06-05 15.34.00	0.4
1926-06-05 15.34.22	0.6
1926-06-05 15.35.06	0.2
1926-06-05 15.38.16	0.1
1926-06-05 16.21.37	0.1
1926-06-05 16.37.16	0.0
1926-06-05 16.55.12	0.0
1926-06-05 17.13.39	0.0
1926-06-05 17.15.36	0.1
1926-06-05 17.16.51	0.1
1926-06-05 17.18.35	0.6
1926-06-05 17.19.57	0.5
1926-06-05 17.22.06	0.2
1926-06-05 17.25.38	0.2
1926-06-05 17.26.58	0.9
1926-06-05 17.27.44	0.3
1926-06-05 17.30.13	0.1
1926-06-05 17.33.44	0.1
1926-06-05 17.45.35	0.1
1926-06-05 17.58.59	0.1
1926-06-05 17.59.06	0.1

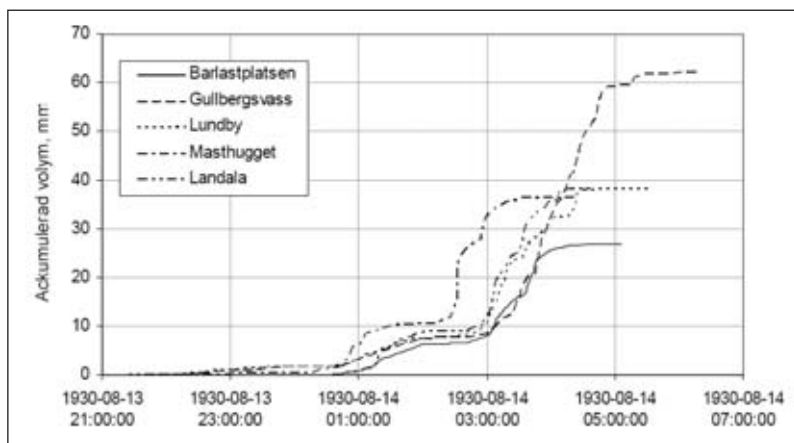
Figur 3-4 Slutligt format på tidsseriedata

I Figur 3-5 har den längsta av delserierna, 45 års data från Barlastplatsen, summerats i form av dygnsvärden. Eftersom endast utvalda regntillfällen digitaliserats, saknas mellanliggande regnvolymmer från de regn som inte uppfyllt urvalskriterierna. Sérierna är inte volymriktiga på årsbasis.

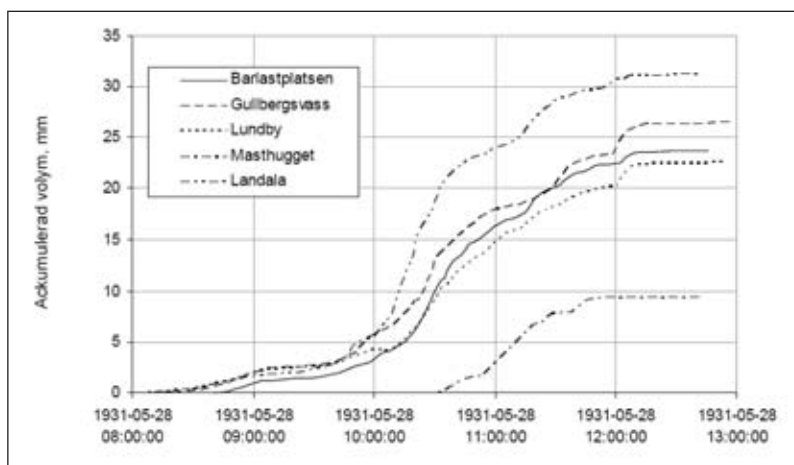
Dataserierna sammanfattas i Bilaga A.1 *Centrala Göteborg – digitaliserade regntillfällen, 5 stationer 1926–1971*. Grunddata är, som nämnts tidigare, digitaliserade från skrivarremсор som var uppsatta på en roterande trumma. Skrivarpapperet byttes med 2 veckors mellanrum, då aktuell tid noterades. Det är okänt hur väl tidsregistreringarna var synkroniserade. I Figur 3-6 och Figur 3-7 visas exempel från aktuella data på registrerade regnförlopp i de fem mätarna vid samma tidpunkter.



Figur 3-5 Regnserien Barlastplatsen (regntillfällen) 1926–1971 summerad som dygnsnederbörd



Figur 3-6 Exempel på regnförlopp registrerat i 5 regnmätare i Göteborg 1930-08-13



Figur 3-7 Exempel på regnförlopp registrerat i 5 regnmätare i Göteborg 1931-05-28

Dataserierna har bearbetats statistiskt enligt metodik som beskrivs i VA-Forsk-rapport 2006-04. Resultaten sammanfattas i Tabell 3-1. Tabelldata har, för att bli överskådligare, plottats i Figur 3-8 till Figur 3-11. Av figurerna framgår att regndata från Gullbergsvass uppvisar resultat starkt avvikande från de övriga.

De s.k. Göteborgskurvorna, senast publicerade i Svenskt Vatten publikation P90, baserade sig på den bearbetning av aktuella data, som redovisades av Arnell (1974) med resultat som är nära de som visas i Tabell 3-1. Data representerar viktade medelvärden från stationerna (Gullbergsvass undantagen). Kurvorna låg cirka 10 % under de kurvor som erhållits vid en tidigare bearbetning år 1935. Källan till siffrvärdena för kurvparametrarna i figuren är dock oklar, eftersom de inte finns i Arnells rapport. Siffrvärdena finns i VAV-publikationerna P31 och P28 (1976).

Tabell 3-1 Blockregnstatistik för fem nederbördsstationer i Göteborg 1926 och framåt
(från knappt 30 år upp till 45 år).

Regnintensiteter (l/s,ha) för olika blockregnsvaraktigheter (5–120 min) och återkomsttider (0,5 till 10 år)

Barlastplatsen 1926–1971

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
0,5	112,4	81,4	64,9	55,1	42,9	35,2	30,2	26,8	20,4	16,7
1	137,9	101,2	81,1	69,2	54,0	44,4	38,1	33,8	25,9	21,3
2	166,4	123,6	99,4	85,0	66,2	54,4	46,6	41,2	31,8	26,2
5	209,7	158,2	127,7	109,2	84,6	69,3	59,0	52,0	40,1	33,2
10	247,7	189,0	152,9	130,5	100,6	82,1	69,6	61,1	47,1	39,0

Gullbergsvass 1926–1960

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
0,5	162,6	112,1	86,5	71,7	54,9	44,9	38,7	34,5	25,9	20,9
1	206,7	146,6	113,5	94,7	72,5	59,1	50,8	45,1	33,8	27,3
2	258,7	189,3	146,9	123,3	94,3	76,6	65,4	57,8	43,0	34,7
5	342,5	262,1	204,1	172,5	131,6	106,2	89,7	78,5	57,7	46,4
10	420,3	333,3	260,0	220,9	168,1	134,8	112,8	98,0	71,1	57,0

Landala 1926–1962

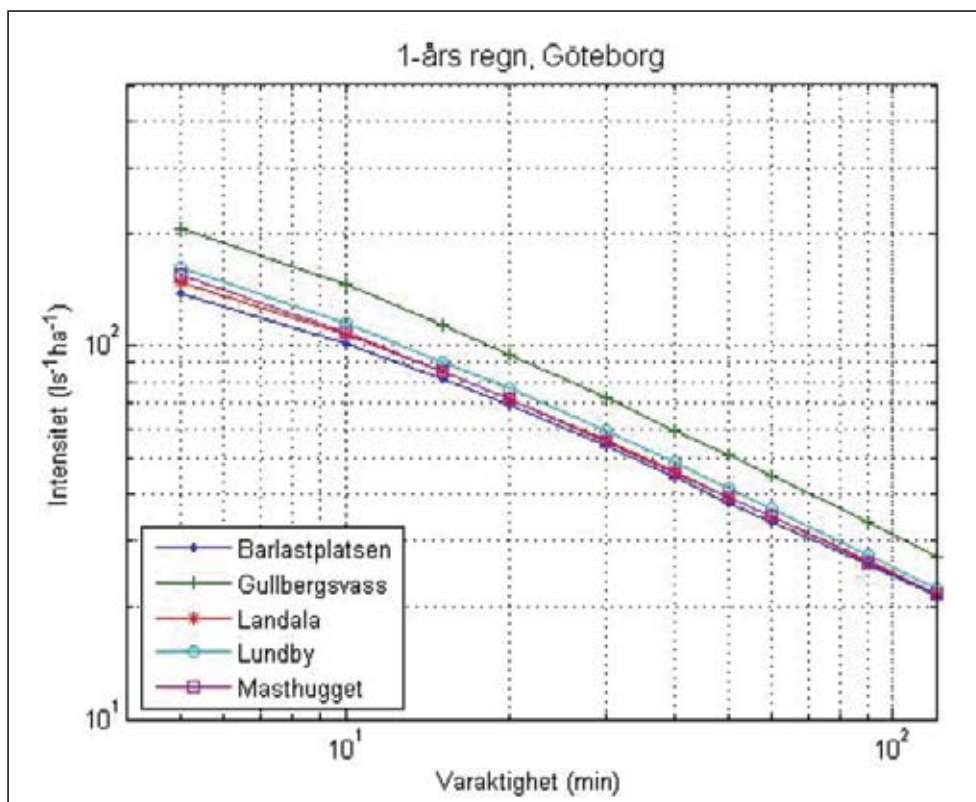
Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
0,5	120,6	85,1	67,7	56,7	43,7	35,8	30,7	27,1	20,5	16,6
1	148,7	106,9	85,7	72,0	56,0	46,0	39,4	34,9	26,5	21,6
2	180,0	131,8	106,0	89,4	69,9	57,5	49,1	43,5	33,2	27,2
5	227,8	170,4	137,6	116,5	91,4	75,2	63,9	56,4	43,2	35,6
10	269,8	205,0	165,9	140,7	110,6	91,0	76,9	67,7	51,8	42,8

Lundby 1926–1955

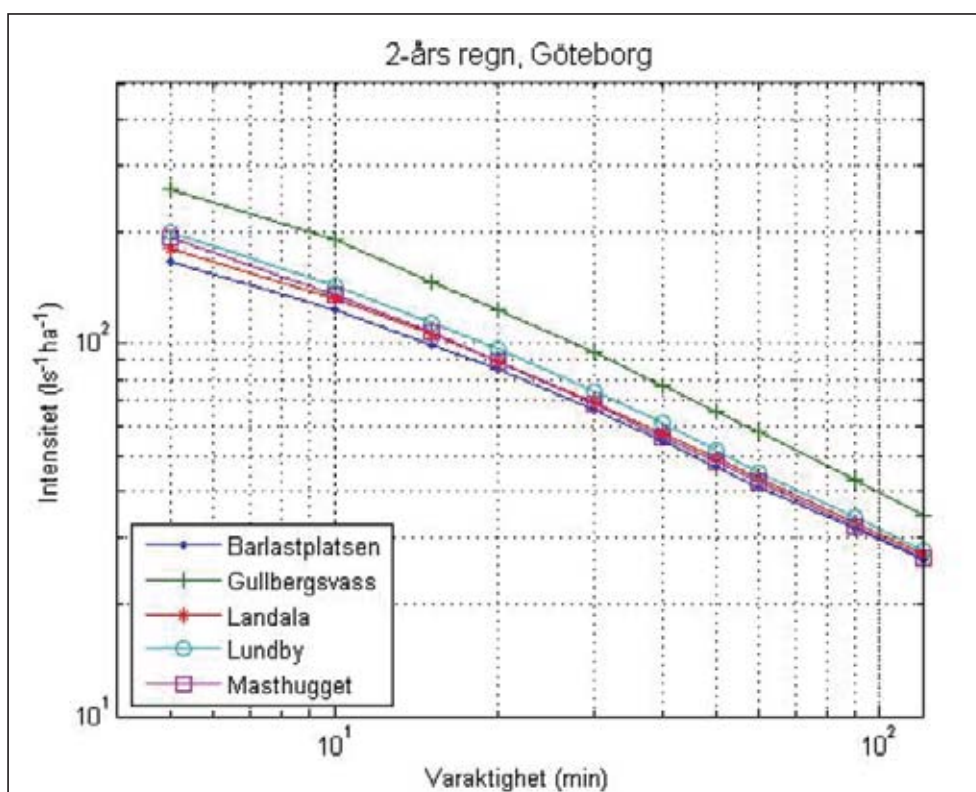
Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
0,5	130,5	90,9	70,9	59,6	46,2	37,9	32,5	28,7	21,6	17,5
1	162,4	115,3	90,6	76,7	59,4	48,6	41,5	36,4	27,7	22,5
2	198,0	143,7	113,8	97,0	74,8	61,0	51,7	45,1	34,4	27,9
5	252,5	188,8	151,3	129,9	99,6	80,5	67,5	58,3	44,5	36,1
10	300,4	230,1	185,9	160,6	122,4	98,2	81,6	69,9	53,3	43,2

Masthugget 1926–1952

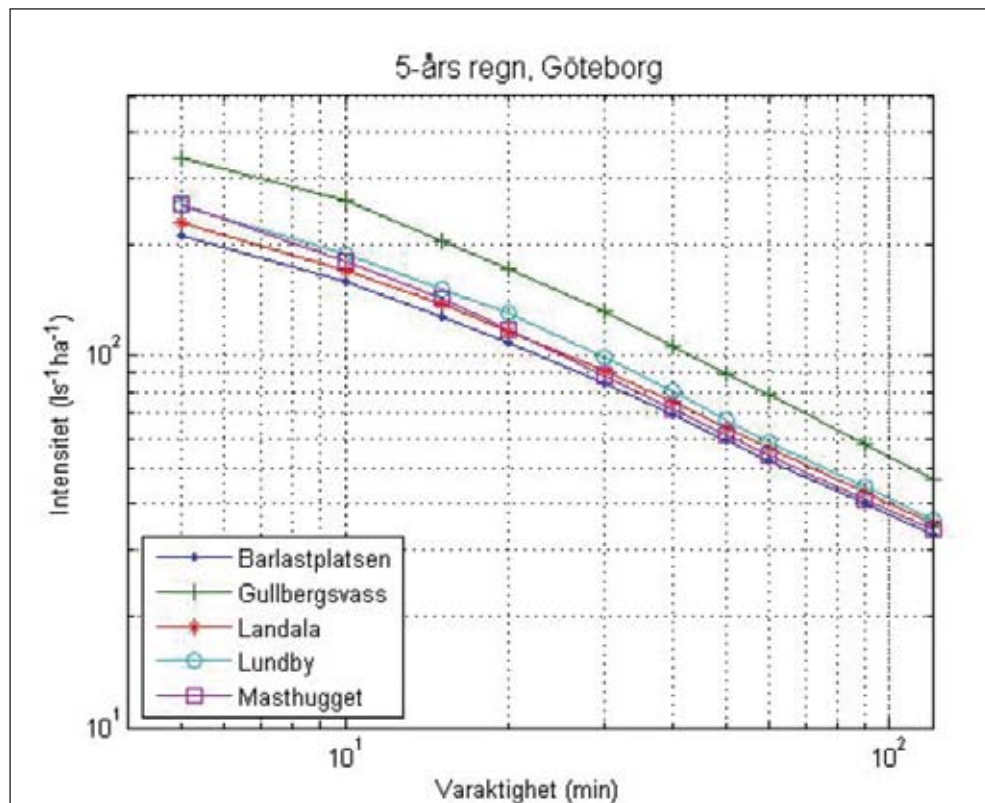
Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
0,5	121,0	84,7	67,1	56,3	43,8	36,1	31,2	27,6	20,8	16,9
1	154,4	108,1	85,9	71,6	55,4	45,5	39,3	34,8	26,3	21,7
2	193,4	135,6	107,9	89,2	68,6	56,0	48,1	42,6	32,3	26,7
5	256,3	180,1	143,5	117,2	88,8	71,9	61,0	53,9	40,9	34,1
10	314,4	221,6	176,5	142,6	106,8	85,7	72,0	63,4	48,0	40,2



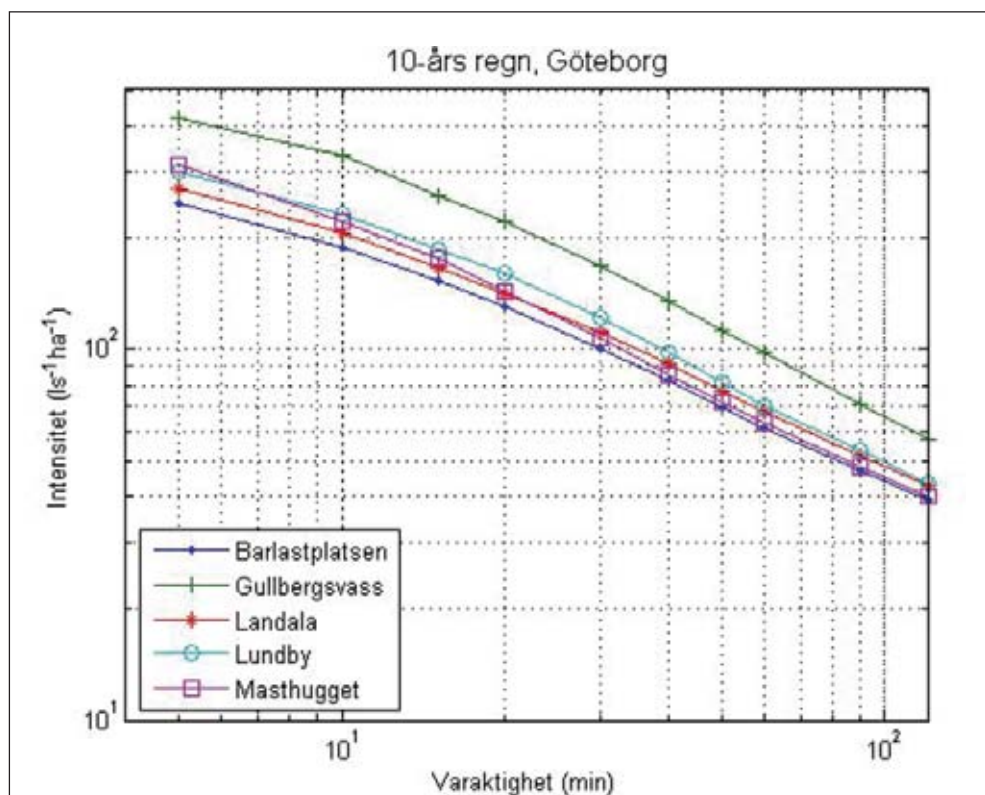
Figur 3-8 Jämförelse mellan utvärderade 1-årsregn (blockregnsregnvaraktighet 5–120 min) för fem nederbördsstationer i Göteborg med olika varaktighet på tidsseriedata räknat från 1926 – från knappt 30 upp till 45 år.



Figur 3-9 Jämförelse mellan utvärderade 2-årsregn (blockregnsregnvaraktighet 5–120 min) för fem nederbördsstationer i Göteborg.



Figur 3-10 Jämförelse mellan utvärderade 5-årsregn (blockregnsregnvaraktighet 5–120 min) för fem nederbördsstationer i Göteborg.



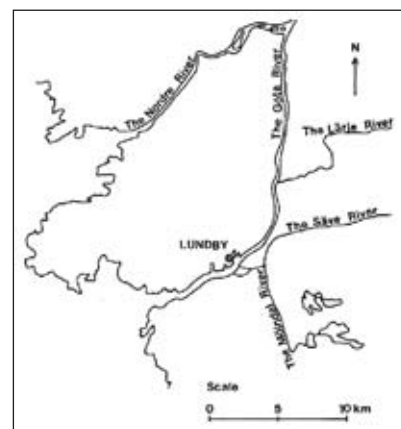
Figur 3-11 Jämförelse mellan utvärderade 10-årsregn (blockregnsregnvaraktighet 5–120 min) för fem nederbördsstationer i Göteborg.

3.2.3 Lundbyserien 1921–39

Lundbyserien 1921–39 (stora delar av 1922 saknas) är en kontinuerlig serie – digitaliserad i slutet av 70-talet. Arnell (1982) gjorde omfattande bearbetningar och karakteriseringar av serien. Den har funnits tillgänglig digitalt för detta projekt för jämförelser med andra data.

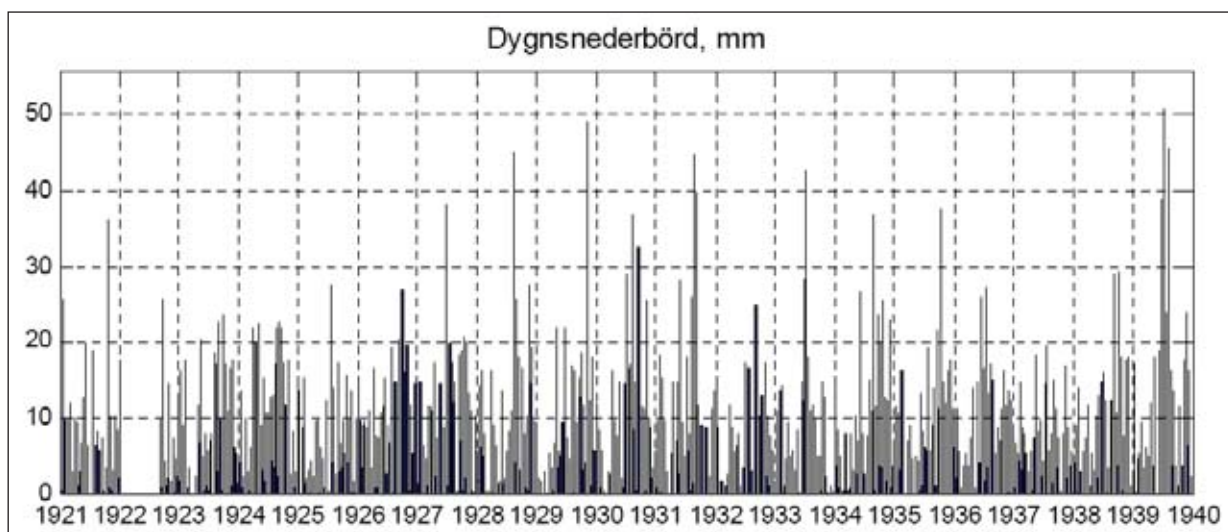
Dataserien har bearbetats statistiskt på motsvarande sätt som beskrivits för övriga data. Statistiken framgår av Tabell 3-2 och Tabell 3-3. I Figur 3-14 visas exempel på anpassning av en statistisk fördelning till maximala 24-timmars blockregnsvolym. Med ”kalenderdygn” i figuren menas att i stället för regelrätta blockregnsvolym, har dygnsvolym för nederbörd räknat från kl 00 till kl 00 (påföljande dygn) sorterats i storleksordning. Data i figuren antyder att utvärderingsresultatet hade blivit annorlunda (lägre intensitetsvärden) om man i stället anpassat statistiken till dessa data.

I Figur 3-15 jämförs de båda oberoende digitaliseringarna av nederbördsdata från Lundby i Göteborg. Digitaliseringarna avser visserligen delvis samma regndiagram, men de skedde vid olika tidpunkter och med olika teknik. Figuren visar blockregnsstatistik för dels Lundbyserien (regntillfällen) 1926–1955 och dels Lundbyserien 1921–1939 (kontinuerlig). Trots att tidsperioderna inte stämmer överens är resultatet påfallande lika, speciellt för kortare regnvaraktigheter, 10–30 minuter. För längre regnvaraktighet (60–120 minuter) och långa återkomsttider, 5–10 år, skiljer sig skattningen något.



Figur 3-12

Belägenhet av nederbördsstationen Lundby i Göteborg, från Arnell (1982)



Figur 3-13 Regnserien Lundby, Göteborg 1921–1939 summerad som dygnsnederbörd.

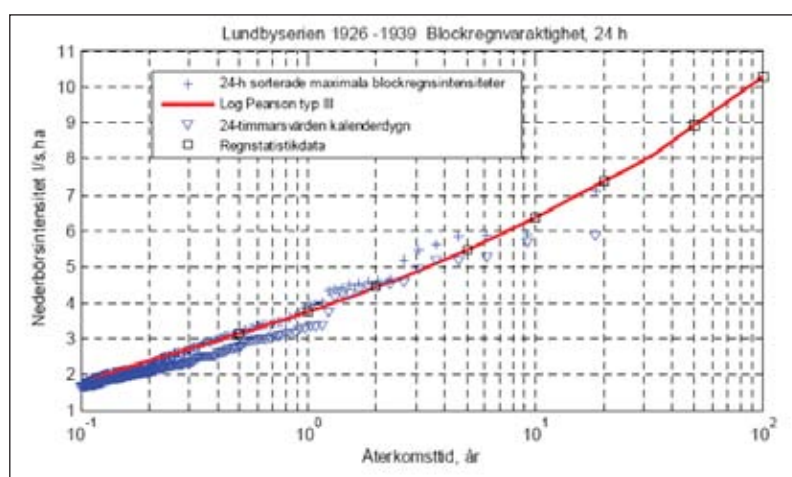
Tabell 3-2 Regnintensiteter (l/s, ha) för blockregnsvaraktigheterna 5–120 min vid återkomsttider 0,5 till 10 år baserade på anpassning av statistiska fördelningar till regndata från Lundby, Göteborg 1921–1939.

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
0,5	126,4	88,4	69,6	58,8	45,4	37,3	32,3	28,8	22,1	18,6
1	159,8	113,2	89,3	75,9	58,0	47,0	40,3	35,5	26,9	22,4
2	197,8	142,1	112,6	96,3	72,8	58,3	49,4	43,1	32,4	26,7
5	257,4	188,7	150,0	129,5	96,8	76,4	63,7	54,9	40,8	33,1
10	311,0	231,8	184,6	160,6	119,1	93,1	76,7	65,6	48,2	38,8

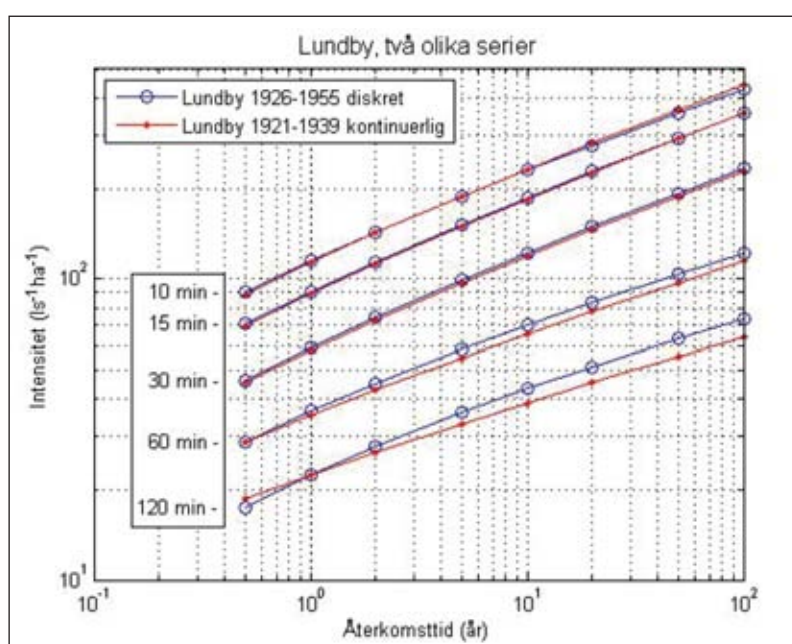
Tabell 3-3 Regnintensiteter (l/s, ha) och blockregnsvolym (mm) för blockregnsvaraktigheterna 6, 12 och 24 h vid återkomsttider 0.5 till 10 år baserade på anpassning av statistiska fördelningar till regndata från Lundby, Göteborg 1921–1939.

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min					
	6 h l/s, ha	6 h mm	12 h l/s, ha	12 h mm	24 h l/s, ha	24 h mm
0,5	8,9	19,3	5,3	23,0	3,1	27,1
1	10,6	22,8	6,3	27,2	3,7	32,4
2	12,4	26,7	7,4	32,0	4,4	38,2
5	15,1	32,6	9,1	39,1	5,5	47,1
10	17,4	37,6	10,5	45,4	6,4	54,9

Datapunkter är markerade med kryss, och de värden som tagits fram från fördelningen för fasta återkomsttider med kvadrater. Trianglar markerar rangordnade dygnsvärden (kalenderdygn).



Figur 3-14 Exempel på anpassning av en statistisk fördelning (log Pearson typ III) till rangordnade blockregnsintensiteter (24 h) från Göteborg, Lundby 1926-1939.



Figur 3-15 Jämförelse mellan blockregnstatistik för två olika regnserier från samma plats i Göteborg: Lundby 1926–1955 (regntillfällan) respektive Lundby 1921–1939 (kontinuerlig).

3.2.4 Slutsatser

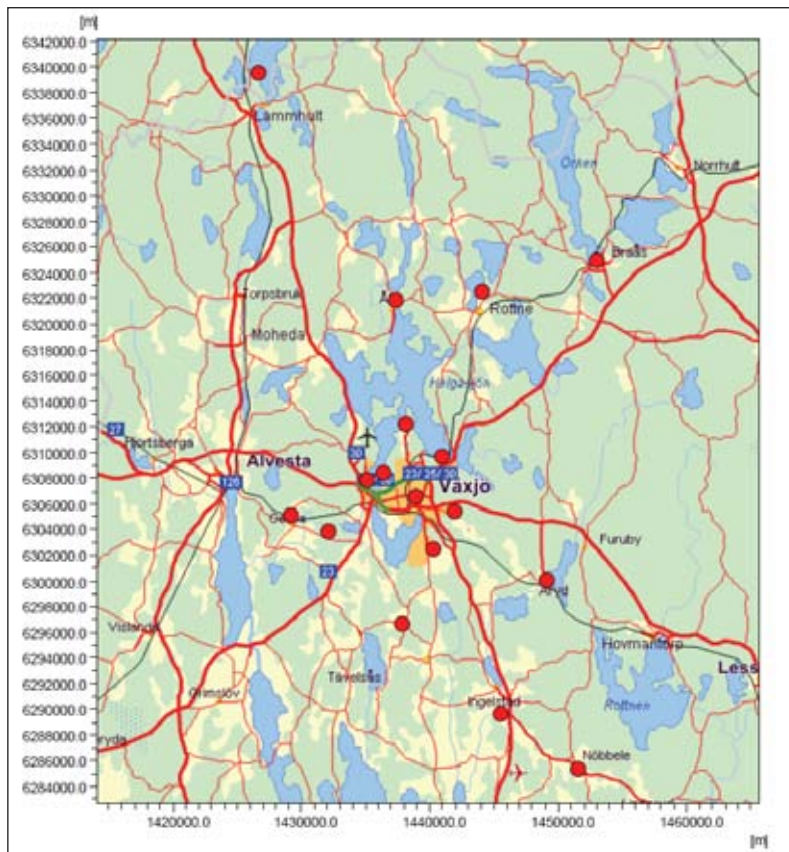
Tillräckligt långa tidsserier från samma ort (här: storleksordningen 30–45 år), där topografi och övrig geografi inte ger anledning att misstänka att det finns systematiska skillnader ("centrala Göteborg") ger likvärdig statistik i olika punkter. Vi bortser här från regndata från Gullbergsvass, där det inte finns någon förklaring, i varje fall i geografisk belägenhet, till avvikande värden.

I detta kapitel har det handlat om data från Göteborg sedan 1920-talet och framåt med tyngpunkt på den första halvan av förra seklet. Resultaten bekräftar väl etablerad regnstatistik m.a.p. korttidsnederbörd ("Göteborgskurvorna"). Se Hernebring (2006), där en mer detaljerad jämförelse görs för korttidsnederbörden. Metodiken vid den statistiska bearbetningen av data har visat sig ge likvärdigt resultat jämfört med tidigare bearbetningar. Det är också väsentligt att konstatera att data i form av utplockade regnhändelser ger samma resultat som bearbetning av kontinuerliga data. Detta utnyttjas i kapitel 4.1, där långtidstrender för regnstatistiken i Göteborg blir belyst noggrannare.

3.3 Växjö

3.3.1 Nederbördsstationer inom Växjö kommun

Växjö kommun har ställt data till förfogande från 17 nederbördsstationer inom kommunen, se Figur 3-16. Dataserierna är av varierande längd, från knappt 2 år upp till ca 22 år. Data sammanfattas i Bilaga A.3 *Växjö kommun – kontinuerliga regnserier från 17 stationer*. I data



Figur 3-16
Belägenhet för 17 nederbördsstationer inom Växjö kommun.

finns totalt 90 000 mm i omkring 11 000 regntillfällen och 145 ”stationsår”, med data från det senaste årtiondet mest representerat.

3.3.2 Bearbetningsstatistik

Samtliga regndata har bearbetats statistiskt. Här redovisas detaljerade resultat endast från den längsta – vid Norra Esplanaden. I Hernebring (2006) finns statistikvärden publicerade för samma station, vilka skiljer sig något från dessa, eftersom de avser en annan period (1985–2004). I följande avsnitt görs några jämförelser med resultatet från andra stationer.

Tabell 3-4 Regnintensiteter (l/s, ha) för blockregnsvaraktigheterna 5–120 min vid återkomsttider 0,5 till 10 år för regndata från N. Esplanaden, Växjö 1985–2007.

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
0,5	126,3	90,6	71,4	59,9	46,0	37,8	32,4	28,6	21,6	17,6
1	160,6	117,4	92,7	77,4	59,0	47,9	40,5	35,6	26,4	21,5
2	199,7	148,8	117,8	97,8	74,0	59,5	49,8	43,5	31,9	25,9
5	260,9	199,3	158,5	130,7	98,1	77,8	64,3	55,7	40,2	32,7
10	315,9	246,1	196,2	161,2	120,3	94,4	77,3	66,6	47,5	38,7

Tabell 3-5 Regnintensiteter (l/s, ha) och blockregnsvolym (mm) för blockregnsvaraktigheterna 6, 12 och 24 h vid återkomsttider 0,5 till 10 år för regndata från N. Esplanaden, Växjö 1985–2007.

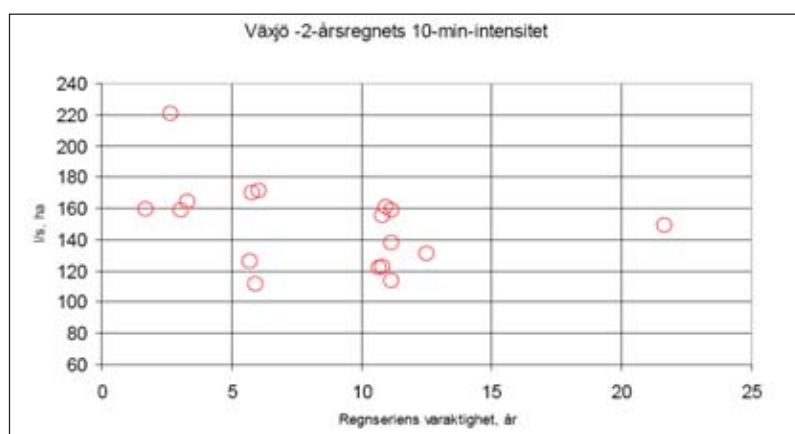
Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min					
	6 h l/s, ha	6 h mm	12 h l/s, ha	12 h mm	24 h l/s, ha	24 h mm
0,5	8,3	17,9	5,0	21,6	2,9	25,4
1	10,0	21,6	6,1	26,5	3,6	31,5
2	11,9	25,8	7,5	32,2	4,5	38,8
5	15,0	32,4	9,6	41,3	5,9	50,6
10	17,8	38,4	11,5	49,6	7,2	61,8

3.3.3 Jämförelser mellan stationer

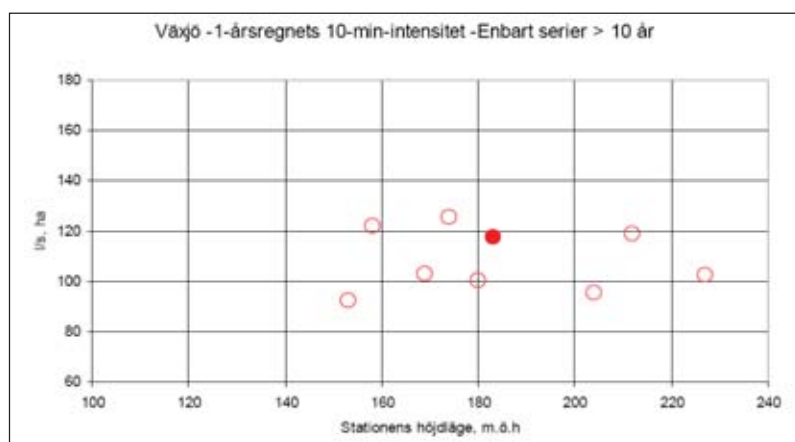
I Tabell 3-6 anges utvärderade regnintensiteter för 10-minutersregn med återkomsttid från 0.5 till 10 år för de 17 olika stationsdata. Om t.ex. 2-årsregnets 10-minutersintensitet avsätts som funktion av delseriernas längd (Figur 3-17), ser man att denna variabel tycks ha större förklaringsgrad till variabiliteten i resultaten än nederbördsstationens höjdläge (Figur 3-18). Underförstått är då, att resultatet för den längsta tidsserien från Norra Esplanaden kan förmodas innebära en säkrare skattning av ortens regnstatistik.

Tabell 3-6 Erhållen regnstatistik, 10-minutersregn med olika återkomsttid, för data från 17 nederbördsstationer i Växjö.

Plats	z, m.ö.h.	Varaktighet, år	10min 0,5-år	10min 1-år	10min 2-år	10min 5-år	10min 10-år
Braås	204	10,8	73,2	95,5	122,9	169,3	214,2
Dänningelanda	169	11,2	76,2	103,0	137,7	199,8	263,2
Gemla	157	6,1	99,6	132,1	171,2	236,2	298,0
Häringetorp	165	3,3	101,2	130,4	164,1	217,5	266,0
Högstorp	200	1,7	107,7	132,7	159,1	196,9	228,3
Ingelstad	153	11,2	73,3	92,2	113,3	145,8	174,3
Kronoberg, Växjö	169	3,0	95,5	124,7	158,7	213,1	263,1
Lammhult	212	10,8	89,8	119,0	155,4	218,0	279,6
N Esplanaden Växjö	183	21,6	90,6	117,4	148,8	199,3	246,1
Nöbbele	158	11,2	91,8	122,0	159,0	221,4	281,6
Rottne	180	10,7	80,9	100,2	122,0	155,6	185,3
Runvägen, Växjö	165	2,7	119,0	164,3	220,9	318,1	413,6
Rådjursvägen Växjö	170	5,8	96,7	129,6	169,9	237,7	303,1
Sjöudden Växjö	174	10,9	95,5	125,3	161,1	220,2	276,2
Teleborg/Vattentorn, Växjö	227	12,5	78,7	102,6	130,9	176,9	220,0
Åby	171	5,7	86,1	105,6	126,2	155,6	180,0
Åryd	169	5,9	79,6	95,1	111,5	135,1	154,7



Figur 3-17 Regnstatistik från 17 nederbördsstationer i Växjö. 2-årsregnets 10-minuters-intensitet avsatt mot längden för respektive tidsserie.



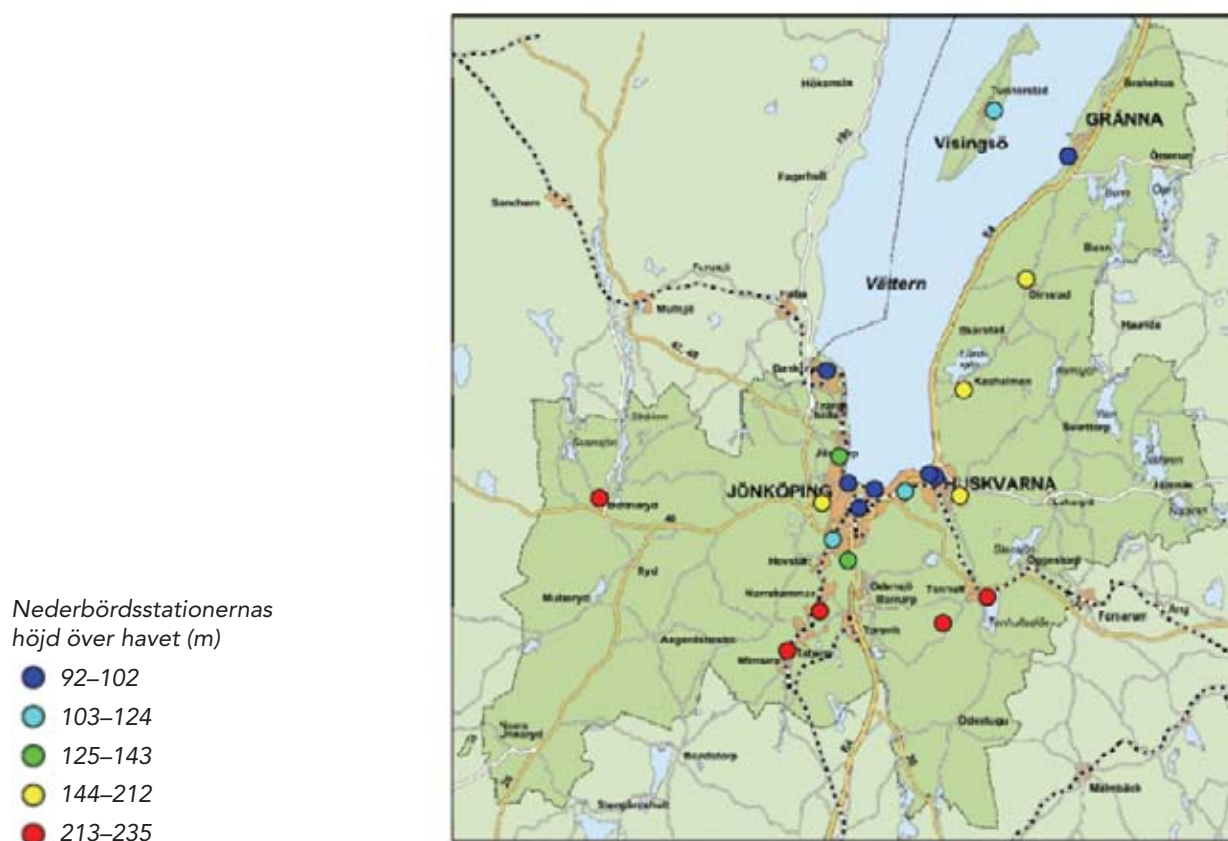
Värdet för N. Esplanaden är markerat med fylld cirkel.

Figur 3-18 Regnstatistik från 9 nederbördsstationer i Växjö med varaktighet mer än 10 år. 1-årsregnets 10-minutersintensitet avsatt mot stationens höjdläge.

3.4 Jönköping

3.4.1 Nederbördsstationer inom Jönköpings kommun

Jönköpings kommun har ställt data till förfogande från 21 nederbördsstationer inom kommunen, se Figur 3-19. Dataserierna är av varierande längd; de kortaste knappt 4 år. Nederbördsregistrering med hög upplösning har pågått i kommunen sedan slutet av 1985, så med något olika stationslägen har här en sammanhängande kontinuerlig serie bearbetats som referens med varaktigheten drygt 21 år. Levererade data sammanfattas i Bilaga A.4 *Jönköpings kommun – kontinuerliga regnserier från 21 stationer*. I data finns totalt 115 000 mm i omkring 14 000 regntillfällen och 197 ”stationsår”, med data från det senaste årtiondet mest representerat.



Figur 3-19 Belägenhet för 21 nederbördsstationer inom Jönköpings kommun. Färgmarkeringen anger höjdläget i m.ö.h.

3.4.2 Bearbetningsstatistik

Samtliga regndata har bearbetats statistiskt. Här redovisas detaljerade resultat endast från en referensserie ”Jönköping 1985–2006”, som består av data redovisade i Hernebring (2006): sept. 1985 t.o.m. aug. 2004, förlängd med data från Simsholmen t.o.m. 2006. I följande avsnitt görs några jämförelser med resultatet från övriga data.

Tabell 3-7 Regnintensiteter (l/s, ha) för blockregnsvaraktigheterna 5–120 min vid återkomsttider 0,5 till 10 år för regndata från Jönköping 1985–2006.

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
0,5	117,1	79,0	61,5	51,3	39,3	32,6	28,2	25,1	19,5	16,2
1	152,5	103,9	80,6	67,0	50,7	41,7	35,7	31,3	23,9	19,5
2	194,2	134,3	103,9	86,1	64,5	52,8	44,7	38,8	28,9	23,2
5	261,4	185,2	143,2	118,3	87,6	71,2	59,6	50,9	36,8	28,8
10	323,6	234,0	181,1	149,4	109,7	88,8	73,8	62,3	43,8	33,8

Tabell 3-8 Regnintensiteter (l/s, ha) och blockregnsvolym (mm) för blockregnsvaraktigheterna 6, 12 och 24 h vid återkomsttider 0,5 till 10 år för regndata från Jönköping 1985–2006.

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min					
	6 h		12 h		24 h	
	l/s, ha	mm	l/s, ha	mm	l/s, ha	mm
0,5	7,9	17,1	4,8	20,9	2,9	25,0
1	9,3	20,2	5,8	25,0	3,5	30,6
2	10,8	23,4	6,8	29,4	4,3	36,8
5	13,0	28,1	8,3	35,9	5,4	46,4
10	14,8	32,0	9,6	41,4	6,4	54,9

3.4.3 Jämförelser mellan stationer

I Tabell 3-9 anges utvärderade regnintensiteter för 10-minutersregn med återkomsttid från 0,5 till 10 år för de 21 olika stationsdata. Resultat av databearbetningar – respektive stationsdata har bearbetats separat. Observera att varaktigheten är begränsad i vissa fall.

Data har anpassats till en statistisk fördelningsfunktion och skattningen av regnintensiteten som funktion av återkomsttiden har ibland extrapolerats långt över den aktuella mätseriens varaktighet.

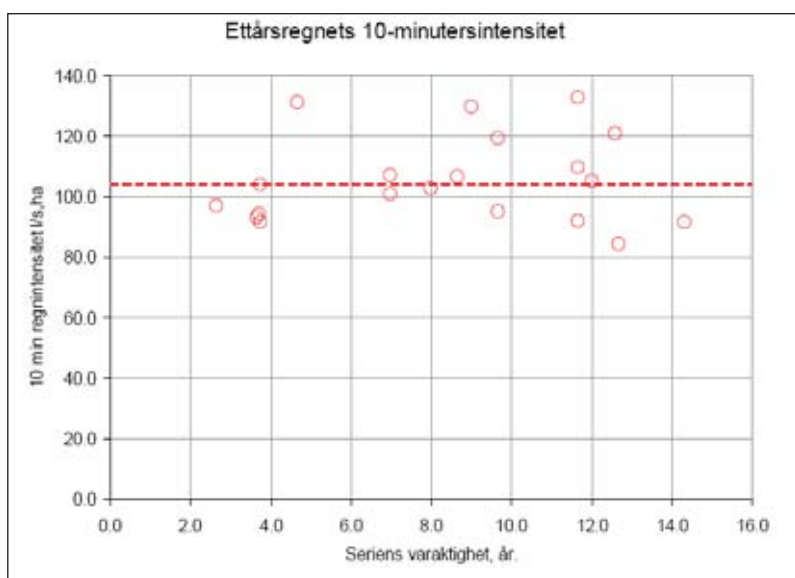
Spridningen i resultat är stor. Även om man tar hänsyn till varaktigheten på respektive delserie, så minskar inte spridningen runt det ”förväntade” värdet enligt referensserien, se Figur 3-20. Det är också svårt att urskilja någon påverkan på statistiska regnintensiteter av nederbördsstationens höjdläge, Figur 3-21.

Tabell 3-9 Erhållen regnstatistik, 10-minutersregn med olika återkomsttid, för data från 21 nederbördsstationer i Jönköping.

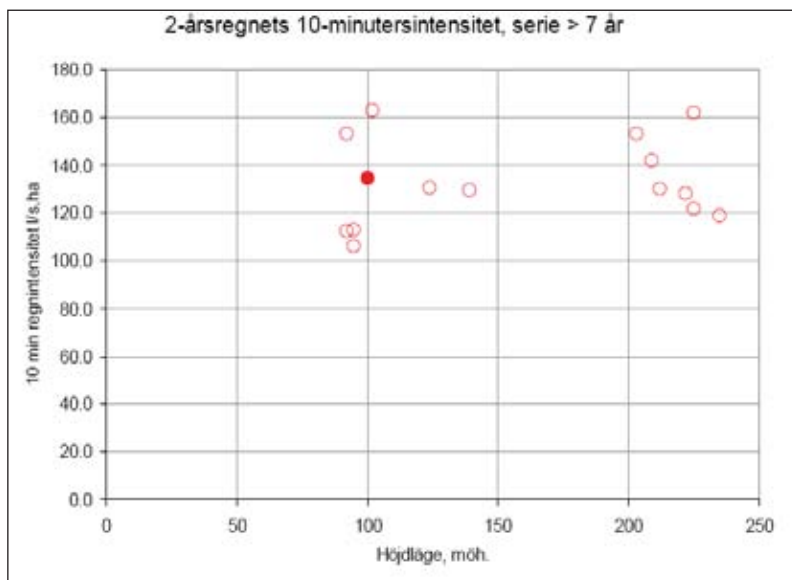
Id	Mätplats	Z, m.ö.h.	Seriens varaktig- het, år	Effektiv varaktig- het*, år	Statistiska blockregnsintensiteter: l/s, ha				
					10 min 0,5-år	10 min 1-år	10 min 2-år	10 min 5-år	10 min 10-år
1	Pstn Väster Jönköping	95	16,6	14,3	72,5	91,4	113,0	146,8	177,2
2	Pstn Öster Jönköping	94	3,7	3,7	76,8	94,2	113,0	140,5	163,9
3	Bankeryds RV	102	13,6	9,0	100,9	129,5	162,7	215,7	264,2
4	TRS Åbolid	143	3,8	3,8	73,6	91,6	111,3	140,7	166,0
5	TRS Hedenstorp	203	12,4	9,7	91,1	119,2	153,2	209,4	262,7
6	TRS Lockebo	139	9,4	8,0	79,9	102,6	129,5	173,2	214,0
7	Bottnaryds VV	222	11,3	7,0	88,2	107,0	128,0	159,8	187,7
8	TRS Stenslätten Norrahammar	225	3,7	3,7	79,2	103,9	134,7	187,6	239,8
9	TRS Ekhagen Jönköping	124	12,6	11,7	89,6	109,5	130,7	161,5	187,4
10	TRS Gestravägen	212	9,4	8,7	85,2	106,4	129,9	165,6	196,9
11	Simsholmen RV Jönköping	92	12,6	12,6	93,2	120,6	153,1	205,8	255,0
12	Pstn Hyacintstigen Månsarp	225	12,5	11,7	107,1	132,7	161,6	206,3	245,9
13	Pstn Hagaberg	117	3,8	3,8	Ej bedömt pga tidvis otillförlitliga data				
14	Pstn Esplanadbron Huskvarna	92	14,5	11,7	73,9	91,8	112,1	143,7	171,9
15	Tippen Hult	225	7,4	7,0	82,0	100,7	121,8	154,3	183,0
16	Huskvarna RV	92	4,7	4,7	97,9	131,1	171,8	240,8	307,7
17	Pstn Johan Werners Gränd Gränna	95	13,3	12,7	65,9	84,3	105,7	140,1	171,9
18	Pstn Östra vägen Tenhult	235	11,3	9,7	75,4	95,1	118,8	158,2	195,6
19	Pstn Vipevägen Huskvarna	209	12,6	12,0	77,5	104,9	141,9	211,7	286,5
20	Pstn Wrixlösa Visingsö	115	4,6	2,7	84,6	96,8	108,3	123,2	134,3
21	Pstn Ölmstad	186	3,7	3,7	72,2	93,2	118,5	160,6	200,7

* Hänsyn tagen till bedömda avbrottsperioder

Referensseriens värde är markerat med en streckad linje.



Figur 3-20 Regnstatistik från 21 nederbördsstationer i Jönköping. 1-årsregnets 10-minuters-intensitet avsatt mot längden för respektive tidsserie.



Värdet för referensserien är infört på nivån +100 och markerat med fylld cirkel.

Figur 3-21 Regnstatistik från 14 nederbördsstationer i Jönköping med varaktighet mer än 7 år. 2-årsregnets 10-minuters-intensitet avsatt mot stationens höjdläge.

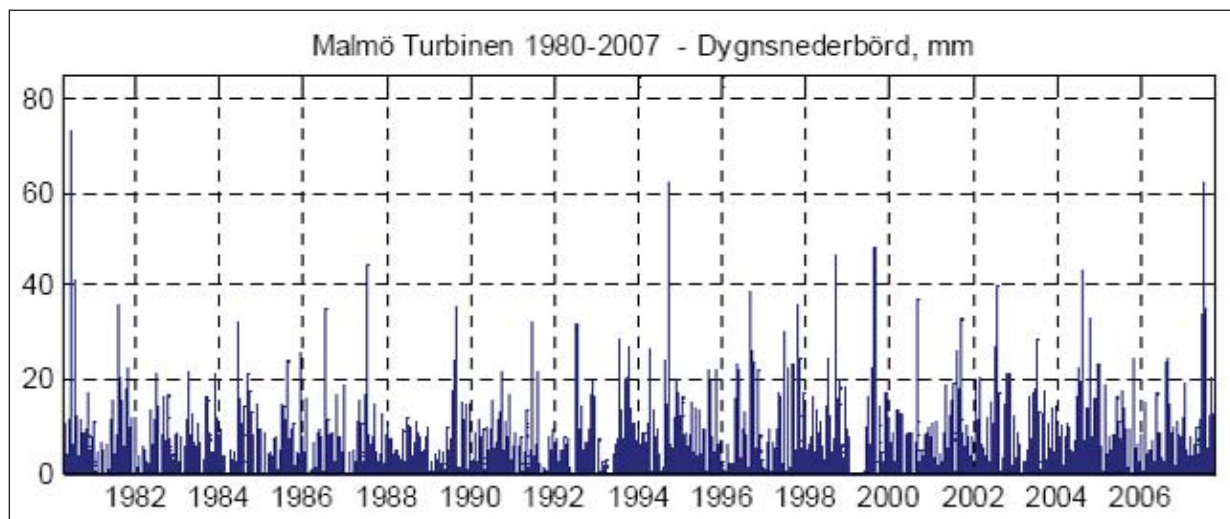
3.5 Malmö

3.5.1 Inledning

I detta avsnitt redovisas grundresultat från bearbetningar av högupp-lösta regndata från Malmö. En reviderad bearbetning har utförts för regnserien från Turbinen uppdaterad tom. sept. 2007. De resultat som tidigare redovisats i VA-Forskrappport 2006-04 avser data tom. aug. 2004. Vidare har bearbetning av 4 st ca 10-års regnserier utförts. Dels för att se eventuella skillnader mellan stationerna och dels vad en utvärdering ”de senaste 10 åren” innebär i relation till egenskaper för den nära 30 år långa regnserien enligt ovan från Turbinen.



Figur 3-22 Kommunal nederbördsstationer i Malmö



Figur 3-23 Regnserien Turbinen, Malmö 1980-2007 summerad som dygnsnederbörd.

3.5.2 Malmö Turbinen 1980-2007

Regndata beskrivs i Bilaga A.6 Malmö Turbinen 1980–2007. Data omfattar totalt 11 800 mm och 1 700 regntillfällen. Den formella varaktigheten är 27,5 år, men eftersom serien innehåller 28 fullständiga sommarperioder avrundades varaktigheten till denna siffra.

I Tabell 3-10 anges regnstatistik för varaktigheterna 5–120 minuter och för återkomsttider upp till 10 år. Bearbetningar utfördes också för regnvaraktigheterna 6, 12 och 24 timmar. Resultatet redovisas i Tabell 3-11.

Tabell 3-10 Regnintensiteter (l/s,ha) för olika blockregnsvaraktigheter (5–120 min) och återkomsttider (0,5 till 100 år) baserade på anpassning av statistiska fördelningar till regndata från Malmö, Turbinen 1980–2007.

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
0,5	112,5	78,0	61,6	52,0	40,7	34,1	29,9	26,7	20,7	17,3
1	143,7	100,7	79,5	67,3	52,7	44,1	38,5	34,5	26,5	21,9
2	179,2	126,9	100,5	85,4	67,2	56,2	49,0	43,9	33,5	27,4
5	234,5	168,8	134,4	114,9	91,2	76,4	66,3	59,7	45,1	36,4
10	284,0	207,2	165,6	142,4	114,0	95,6	82,9	74,9	56,2	44,9

Tabell 3-11 Regnintensiteter (l/s, ha) och blockregnsvolym (mm) för blockregnsvaraktigheterna 6, 12 och 24 h vid återkomsttider 0,5 till 100 år baserade på anpassning av statistiska fördelningar till regndata från Malmö, Turbinen 1980–2007.

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min					
	6 h		12 h		24 h	
	l/s, ha	mm	l/s, ha	mm	l/s, ha	mm
0,5	8,4	18,1	4,9	21,2	2,8	24,2
1	10,4	22,5	6,1	26,4	3,5	30,2
2	12,8	27,7	7,5	32,4	4,3	37,1
5	16,7	36,0	9,7	42,0	5,6	48,0
10	20,2	43,6	11,8	50,8	6,7	58,0

Tabell 3-12 Regnstatistik för fyra 10-års (1996–2006) regnserier i Malmö.

1-årsregn – Blockregnstatistik från 10-årsserier, l/s,ha

Station	Blockregnsvaraktigheter, minuter									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
Augustenborg	160,6	113,7	89,8	75,3	57,8	47,5	41,1	36,4	26,9	21,8
Bulltofta	149,1	109,4	88,5	73,8	55,9	45,3	39,5	35,1	26,8	21,7
Limhamn	189,0	130,3	101,3	84,4	65,6	54,7	46,6	40,7	30,0	24,2
Turbinen (96-06)	178,9	127,7	101,3	85,1	66,5	56,4	48,8	43,5	32,5	26,1

1-årsregn – Blockregnsintensiteter för 10-årsserie i relation till ”28-årsbearbetning”.

(Värden i tabellen ovan dividerade med värden enligt Tabell 3-10)

Station	Blockregnsvaraktigheter, minuter									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
Augustenborg	112%	113%	113%	112%	110%	108%	107%	105%	101%	100%
Bulltofta	104%	109%	111%	110%	106%	103%	103%	102%	101%	99%
Limhamn	132%	129%	127%	125%	124%	124%	121%	118%	113%	110%
Turbinen (96-06)	125%	127%	127%	126%	126%	128%	127%	126%	123%	119%

2-årsregn – Blockregnstatistik från 10-årsserier, l/s,ha

Station	Blockregnsvaraktigheter, minuter									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
Augustenborg	199,8	142,9	112,8	95,2	73,7	60,7	52,6	46,6	33,9	27,0
Bulltofta	187,9	140,7	115,0	96,2	72,0	58,0	50,7	45,1	34,0	27,1
Limhamn	249,1	170,9	133,4	111,6	86,9	71,6	60,3	52,3	37,9	30,1
Turbinen (96-06)	218,0	158,1	126,3	106,7	84,0	71,3	61,7	55,3	41,0	32,6

2-årsregn – Blockregnsintensiteter för 10-årsserie i relation till ”28-årsbearbetning”.

(Värden i tabellen ovan dividerade med värden enligt Tabell 3-10)

Station	Blockregnsvaraktigheter, minuter									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
Augustenborg	111%	113%	112%	111%	110%	108%	107%	106%	101%	99%
Bulltofta	105%	111%	114%	113%	107%	103%	103%	103%	101%	99%
Limhamn	139%	135%	133%	131%	129%	127%	123%	119%	113%	110%
Turbinen (96-06)	122%	125%	126%	125%	125%	127%	126%	126%	122%	119%

5-årsregn – Blockregnstatistik från 10-årsserier, l/s,ha

Station	Blockregnsvaraktigheter, minuter									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
Augustenborg	260,5	189,3	149,5	127,2	100,1	83,2	72,1	64,1	45,9	35,6
Bulltofta	248,9	191,8	159,1	134,2	99,1	79,3	69,7	61,9	46,0	36,0
Limhamn	352,3	240,6	189,4	159,4	124,6	101,0	83,9	72,0	51,3	40,0
Turbinen (96-06)	275,8	204,5	165,0	140,8	111,9	95,2	82,6	74,7	55,1	43,2

5-årsregn – Blockregnsintensiteter för 10-årsserie i relation till ”28-årsbearbetning”.

(Värden i tabellen ovan dividerade med värden enligt Tabell 3-10)

Station	Blockregnsvaraktigheter, minuter									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
Augustenborg	111%	112%	111%	111%	110%	109%	109%	107%	102%	98%
Bulltofta	106%	114%	118%	117%	109%	104%	105%	104%	102%	99%
Limhamn	150%	143%	141%	139%	137%	132%	126%	121%	114%	110%
Turbinen (96-06)	118%	121%	123%	123%	123%	125%	125%	125%	122%	119%

3.5.3 Regnmätare i Malmö – jämförande bearbetningar av 10-årsserier

Delserier från stationerna i Malmö: Augustenborg, Bulltofta, Limhamn och Turbinen för perioden april 1996–2006 bearbetades. Med hänsyn till bedömda avbrottsperioder blev den ”effektiva” varaktigheten nära 10 år för samtliga serier. Övriga stationsdata hade för kort varaktighet för att bli medtagna. Notera att ”Turbinen 1996–2006” utgör en delmängd av ”Turbinen 1980–2007”, som redovisats ovan. Regndata beskrivs i Bilaga A.7 *Malmö – kontinuerliga regnserier från 4 stationer 1996–2006*.

Bearbetningsresultaten redovisas i Tabell 3-12 för 1–5-årsregn, dels i absoluta tal och dels i relation till ”Turbinen 1980–2007”, Tabell 3-10.

3.5.4 Diskussion

Det är intressant att notera att regndata från Turbinen 1996–2006 genomgående uppvisar resultat som innebär 20–25% högre regnintensiteter jämfört med ”sig själv” för hela referensperioden 1980–2007. För stationerna Augustenborg och Bulltofta ligger variationerna i stora drag inom $\pm 10\%$ jämfört med referensdata. Stationsdata från Limhamn däremot, ger upp emot 30–40% förhöjda intensitetsvärden, speciellt för kortare regnvaraktigheter (5–30 minuter).

3.6 Lund

3.6.1 Nederbördsdata

Registrering av högupplöst nederbörd har skett under lång tid inom Lunds kommun (efter sammanslagning av Lunds och Malmös tidigare VA-verk numera: VA SYD). Att det i Lund fanns arkiverade digitala data för en lång tidsperiod framkom sent i projektet, men det bedömdes ändå värdefullt att få med dessa inom projektets ram. Kontinuerliga nederbördsdata under ca en 20-årsperiod för 6 nederbördsstationer (se

Nederbördsstationer

- 1 R1_Lund
- 2 R2_Dalby
- 3 R3_Genarp
- 4 R4_S Sandby
- 5 R5_Veberöd
- 6 Rg_Lund



Figur 3-24 Belägenhet för sex kommunala nederbördsstationer i Lund markerade med cirkelsymboler.

Tabell 3-13 Varaktigheter (formell resp effektiv) för 6 regndataserier från Lund 1987–2007.
Med tillgänglighet menas kvoten mellan effektiv och formell varaktighet.

	R1_Lund	R2_Dalby	R3_Genarp	R4_S_Sandby	R5_Veberöd	R6_Lund	Totalt
Formell varaktighet, stationsmånader	250	215	246	246	233	211	1 401
Effektiv varaktighet, stationsmånader	220	178	210	204	175	165	1 152
Tillgänglighet	88,0 %	82,8 %	85,4 %	82,9 %	75,1 %	78,2 %	82 %

mera exakta uppgifter nedan) innebär ju en ”guldgruva” (tycker i varje fall författaren).

De digitala data bestod av vippningshändelser från, i samtliga fall, 0,5-mm vippmätare – de äldsta datafilerna från 1987. Med något undantag var datafilerna fortfarande läsbara. Från juni 1987 fanns därmed tillgång till data från 3 mätare (R1, R3, R4), sommaren 1988 tillkommer en (R5) och under 1990 de två övriga (R2 och R6).

Regndata beskrivs i Bilaga A.9 *Lund – kontinuerliga regnserier från 6 stationer 1987–2007*. Data omfattar totalt knappt 60 000 mm och 6 885 regntillfällen.

Summerade månadsvärden för respektive station användes för att bedöma perioder med dataavbrott. Detta kunde genomföras eftersom parallella data fanns från 6 stationer, med vissa undantag som nämnts ovan för perioden 1987–1990 med färre, 3–4 mätare i drift. Mätaren ansågs vara ur drift om månadsvärdet var starkt avvikande (nedåt) jämfört med medianvärdet för de övriga. Denna schematiska regel kombinerades med manuella bedömningar för vissa perioder med mycket låg generell månadsnederbörd (exempelvis juli 1994). Under perioden april–augusti 1991 fanns bara data från en av stationerna (R5_Veberöd). I Tabell 3-13 sammanfattas respektive dataserie i form av formell varaktighet (från början till slut), effektiv varaktighet – där antalet bedömda avbrottsmånader dragits bort – samt tillgängligheten, dvs. kvoten mellan effektiv och formell varaktighet. Det totala antalet bedömda effektiva stationsmånader (1 152) motsvarar varaktigheten 96 år.

3.6.2 Metodik/Bearbetningsresultat

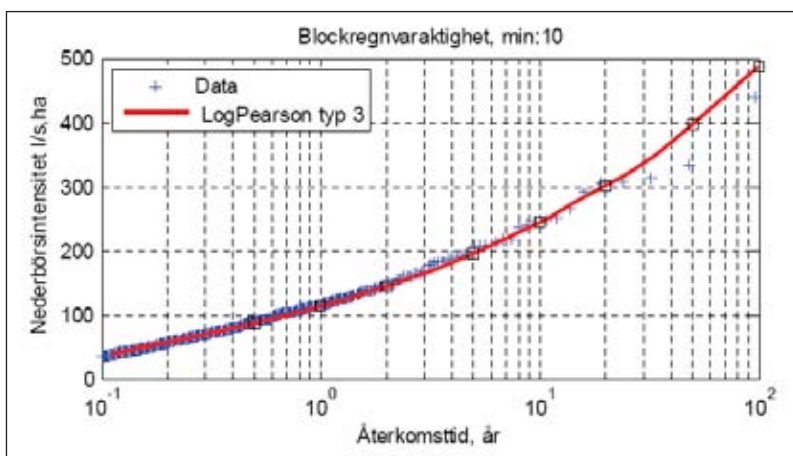
De sex dataserierna bearbetades först statistiskt var för sig. För varje regntillfälle bestämdes maximal blockregnsintensitet för varaktigheter från 5–120 minuter, samt för 6, 12 och 24 timmar. Detaljerade bearbetningsresultat för varje delserie redovisas inte här, endast översiktligt i diagramform i avsnitt 3.6.3.

Samtliga utvärderade blockregnsvolymen för de 6 dataserierna sorterades i storleksordning och de största, till ett antal svarande mot den totala varaktigheten i år multiplicerat med 10 (i detta fall: 960 st), anpassades till en statistisk fördelning. I Figur 3-25 visas exempel för 10-minutersregn. I Tabell 3-14 redovisas skattningen av den aktuella regnstatistiken för varaktigheterna 5 minuter till 2 timmar och återkomsttiden 0,5–100 år. På samma sätt utvärderades också regnvaraktigheterna 6, 12 och 24 timmar. Figur 3-26 visar sorterade 12-timmarvärden och Tabell 3-15 bedömd regnstatistik för dessa längre varaktigheter.

Tabell 3-14 Regnintensiteter (l/s,ha) för olika blockregnsvaraktigheter (5–120 min) och återkomsttider (0,5 till 100 år) baserade på anpassning av statistiska fördelningar till regndata från Lund – den samlade datamängden från 6 stationer 1987–2007, 96 stationsår.

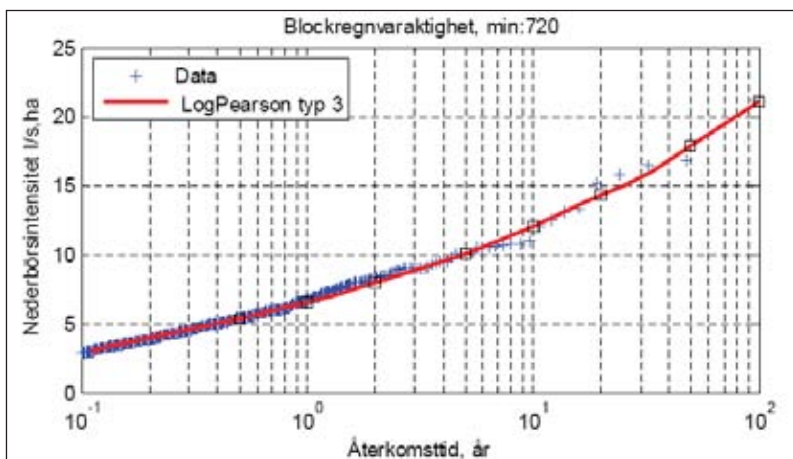
Station	Blockregnsvaraktigheter, minuter									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
0,5	123,1	86,6	68,2	57,0	44,1	36,9	32,1	28,6	22,1	18,5
1	161,4	113,0	88,6	73,8	56,5	47,2	41,0	36,4	27,7	22,9
2	207,4	144,3	112,9	93,7	71,4	59,4	51,5	45,5	34,1	28,0
5	283,8	195,6	152,8	126,5	95,7	79,4	68,7	60,4	44,5	36,1
10	356,2	243,7	190,2	157,2	118,6	98,2	84,9	74,4	54,0	43,5
20	444,4	301,8	235,5	194,4	146,1	120,8	104,4	91,2	65,3	52,3
50	591,0	397,5	310,1	255,8	191,5	158,1	136,6	118,8	83,5	66,3
100	730,1	487,3	380,3	313,5	234,2	193,1	166,8	144,6	100,3	79,2

Datapunkter är markerade med kryss, och regnstatistikdata med kvadrater.



Figur 3-25 Anpassning av en statistisk fördelning (log Pearson typ III) till rangordnade blockregnsintensiteter (10 min) från 6 nederbördsstationer i Lund 1987–2007 – totalt 96 stationsår.

Datapunkter är markerade med kryss, och regnstatistikdata med kvadrater.



Figur 3-26 Anpassning av en statistisk fördelning (log Pearson typ III) till rangordnade blockregnsintensiteter (12 timmarsvärden) från 6 nederbördsstationer i Lund 1987–2007 – totalt 96 stationsår.

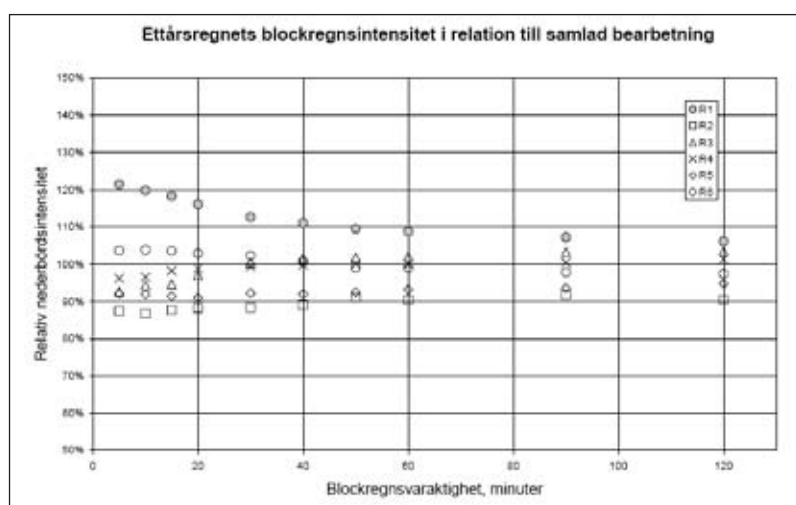
Tabell 3-15 Regnintensiteter (l/s, ha) och blockregnsvolym (mm) för blockregnsvaraktigheterna 6, 12 och 24 h vid återkomsttider 0,5 till 100 år baserade på anpassning av statistiska fördelningar till regndata från Lund – den samlade datamängden från 6 stationer 1987–2007, 96 stationsår.

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min					
	6 h l/s, ha	6 h mm	12 h l/s, ha	12 h mm	24 h l/s, ha	24 h mm
0,5	9,2	19,8	5,4	23,2	3,1	26,9
1	11,1	23,9	6,6	28,4	3,8	33,0
2	13,2	28,5	7,9	34,3	4,6	39,9
5	16,4	35,4	10,1	43,6	5,9	50,7
10	19,2	41,4	12,0	52,0	7,0	60,5
20	22,4	48,3	14,3	61,7	8,3	71,9
50	27,3	59,0	17,9	77,2	10,4	89,8
100	31,6	68,3	21,1	91,2	12,3	106,0

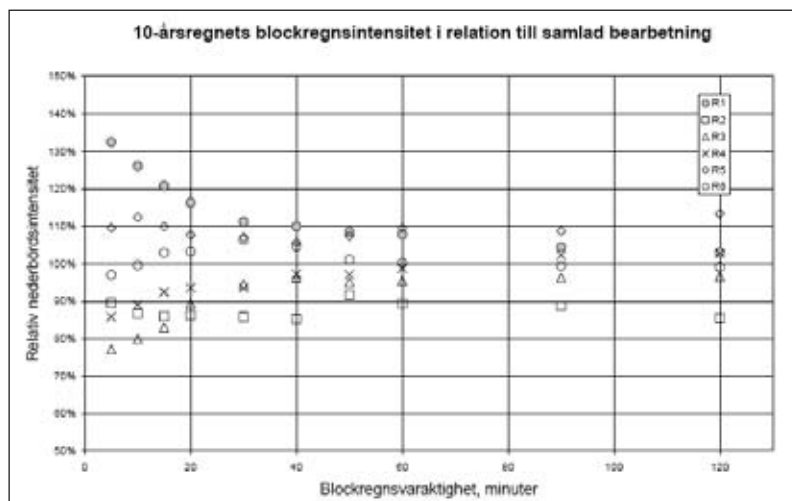
3.6.3 Jämförelse med delserier

Eftersom de sex delserierna från Lund ungefär täcker samma tidsperiod, är det intressant att redovisa resultatet när dessa bearbetats var för sig och ställa detta i relation till den samlade bearbetningen enligt ovan. Samtliga stationer är utrustade på samma sätt (0,5 mm vippmätare) och det finns enligt uppgift ingen anledning att förmoda att det skulle vara några systematiska skillnader i regnstatistik vid de olika lokaliseringarna.

Figur 3-28 och Figur 3-29 visar jämförelser mellan de individuella seriernas statistiska egenskaper och resultatet av den samlade bearbetningen. Det framgår att spridningen i resultat för längre varaktigheter är omkring $\pm 10\%$, och att den ökar vid kortare regnvaraktigheter, mindre än ca 20 minuter, speciellt för sällsyntare händelser som 10-årsregn i Figur 3-29. En slutsats kan vara att varaktigheten för respektive delserie (14–18 stationsår) är för kort för att den ”sanna” regnstatistiken ska hinna återspeglas. Man kan dock tycka att dataunderlaget för att



Figur 3-27 Bedömd intensitet hos 1-årsregn (5–120 minuter) för vardera av de 6 regnserierna från Lund i relation till (dividerat med) resultatet av den samlade bearbetningen enligt Tabell 3-14.



Figur 3-28 Bedömd intensitet hos 10-årsregn (5–120 minuter) för vardera av de 6 regnserierna från Lund i relation till (dividerat med) resultatet av den samlade bearbetningen enligt Tabell 3-14.

bedöma ettårsregnet borde vara tillräckligt. Det är också tänkbart att med hänsyn till okända faktorer som påverkar mätnoggrannheten, det inte är rimligt att förvänta sig större överensstämmelse än som här av storleksordningen $\pm 10\%$.

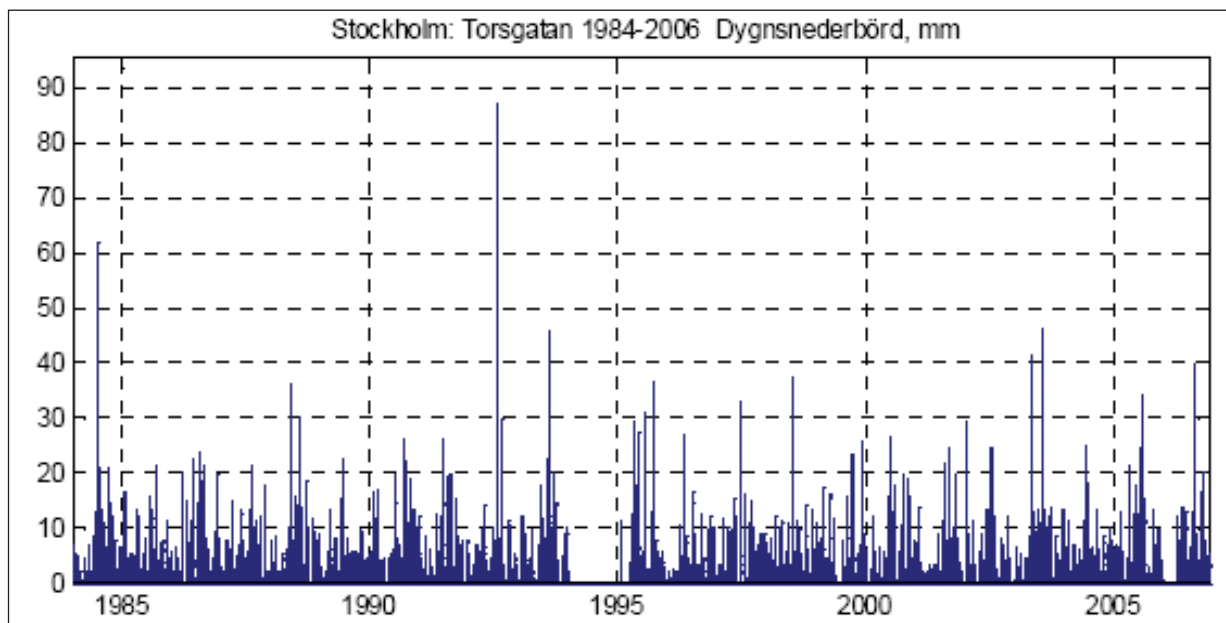
3.7 Stockholm: Samlad bearbetning av regntillfällena från Torsgatan och Skärholmen/Älvsjö 1984–2006

3.7.1 Nederbördsdata

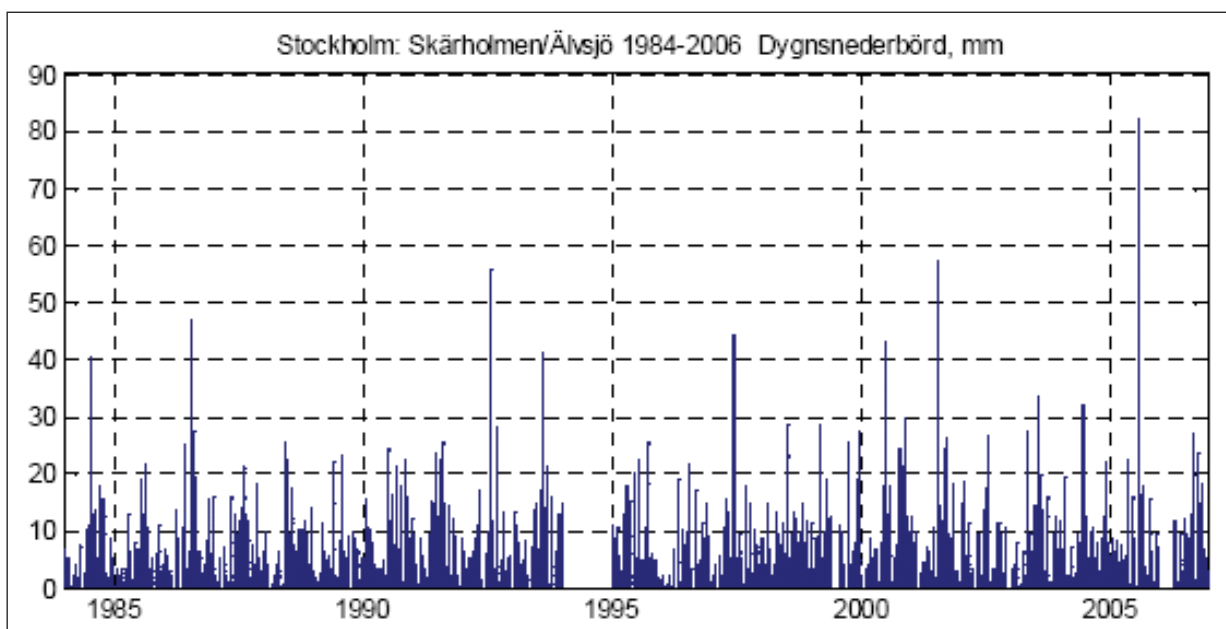
En 20-års regnserie från Stockholm Torsgatan (1984–2004) bearbetades och resultatet redovisades av Hernebring (2006). Här har denna serie kompletterats med ytterligare två år, genom att mer data erhållits från Stockholm Vatten. Dessutom har Stockholm Vatten ställt en parallell regnserie till förfogande med kombinerade data från stationerna Skärholmen och Älvsjö som täcker samma tidsperiod, 1984–2006. I båda fallen saknas data för år 1994 (pga. av byte av driftövervakningssystem), så den sammanlagda varaktigheten blir 44 stationsår.

Regndata beskrivs i Bilaga A.5 *Stockholm – kontinuerliga data från Torsgatan och Skärholmen/Älvsjö 1984–2006*. Data omfattar totalt 22 000 mm och 2 700 regntillfällen.

Den metodik som tillämpas här (sammanvägning genom den s.k. stationsårsmetoden) anknyter till den som Falk (1951) använde för att ta fram de s.k. Stockholmskurvorna för regndata uppmätta i Stockholm under perioden 1907–1946. Genom att kombinera ihop data från 6 olika stationsplaceringar inom Stockholmsområdet erhöll han data för sammanlagt 164 ”stationsår”. De resultat som redovisas i det följande jämförs i avsnitt 4.2 med Falks kurvsamband.



Figur 3-29 Regnserien Torsgatan, Stockholm 1984–2006 summerad som dygnsnederbörd.



Figur 3-30 Regnserien Skärholmen/Älvsjö 1984–2006 summerad som dygnsnederbörd.

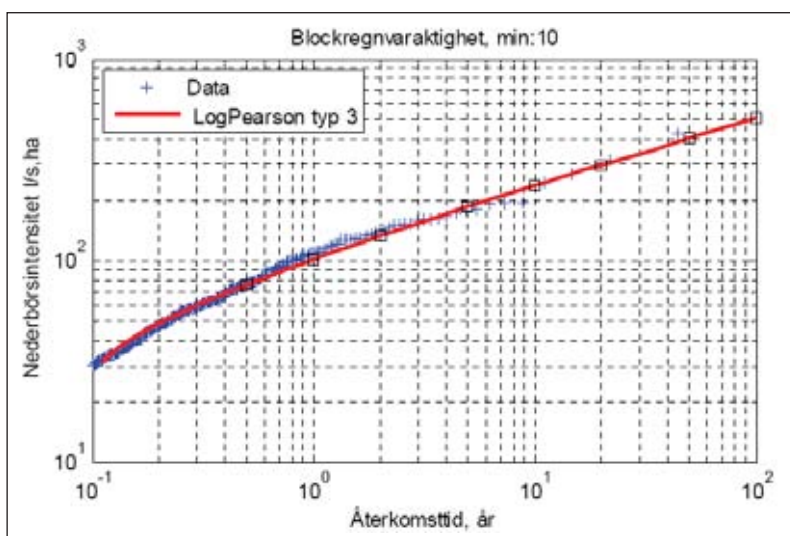
3.7.2 Metodik/Bearbetningsresultat

Båda serierna delades in i regntillfällen och maximal blockregnsintensitet för varaktigheterna 5 min upp till 2 timmar bestämdes för varje regntillfälle. Samtliga intensiteter från de båda serierna rangordnades och de största till ett antal svarande mot tidsseriens längd i år multiplicerat med 10 (här: 440 st) anpassades till en statistik fördelning. Figur 3-31 visar exempel med 10-minuters blockregnsvaraktighet. I Tabell 3-16 anges regnstatistik erhållen på detta sätt för varaktigheterna 5–120 minuter och för återkomsttider upp till 100 år. Bearbetningar utfördes också för regnvaraktigheterna 6, 12 och 24 timmar. Resultatet redovisas i Tabell 3-17, rangordnade 24-timmarsvärden i Figur 3-32.

Tabell 3-16 Regnintensiteter (l/s,ha) för olika blockregnsvaraktigheter (5–120 min) och återkomsttider (0,5 till 100 år) baserade på anpassning av statistiska fördelningar till regndata från Stockholm – den samlade datamängden från Torsgatan och Skärholmen/Älvsjö 1984–2006, 44 stationsår.

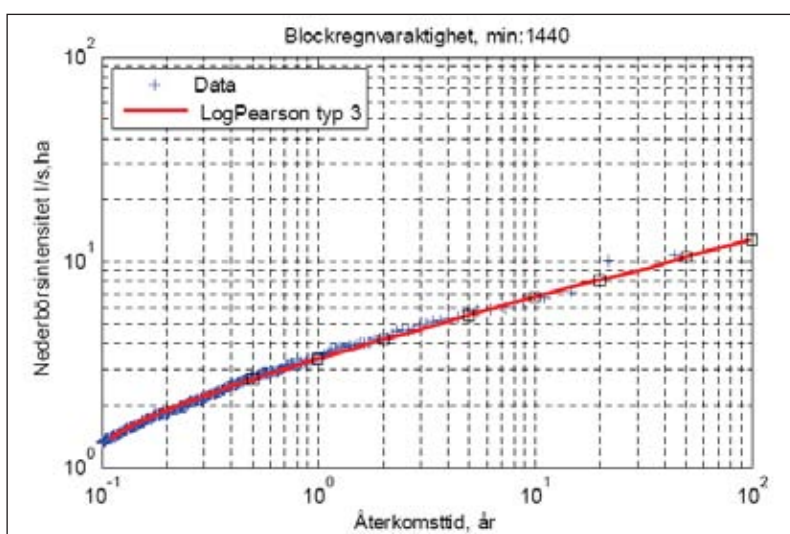
Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, minuter									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
0,5	103,0	76,1	60,6	50,7	38,4	31,8	27,6	24,6	18,8	15,5
1	135,6	101,3	81,0	68,1	51,9	42,6	36,8	32,6	24,7	20,3
2	174,7	132,3	106,5	90,1	69,3	56,7	48,7	43,0	32,4	26,4
5	239,6	184,7	150,2	128,8	100,8	82,1	70,0	61,6	46,1	37,3
10	301,1	235,5	193,1	167,4	133,2	108,2	91,9	80,6	60,1	48,4
20	375,9	298,3	247,0	216,7	175,5	142,3	120,2	105,3	78,2	62,8
50	500,3	404,9	339,6	303,0	251,8	203,8	171,2	149,5	110,7	88,4
100	618,3	507,9	430,4	389,2	330,2	267,0	223,3	194,7	143,8	114,5

Datapunkter är markerade med kryss, och regnstatistikdata med kvadrater.



Figur 3-31 Anpassning av en statistisk fördelning (log Pearson typ III) till rangordnade blockregnsintensiteter (10 min) från Stockholm, Torsgatan och Skärholmen/Älvsjö 1984–2006.

Datapunkter är markerade med kryss, och regnstatistikdata med kvadrater.



Figur 3-32 Anpassning av en statistisk fördelning (log Pearson typ III) till rangordnade blockregnsintensiteter (24 h) från Stockholm, Torsgatan och Skärholmen/Älvsjö 1984–2006.

Tabell 3-17 Regnintensiteter (l/s, ha) och blockregnsvolym (mm) för blockregnsvaraktigheterna 6, 12 och 24 h vid återkomsttider 0,5 till 100 år baserade på anpassning av statistiska fördelningar till regndata från Stockholm – den samlade datamängden från Torsgatan och Skärholmen/Älvsjö 1984–2006, 44 stationsår.

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min					
	6 h l/s, ha	6 h mm	12 h l/s, ha	12 h mm	24 h l/s, ha	24 h mm
0,5	7,6	16,3	4,6	19,7	2,7	23,0
1	9,5	20,6	5,7	24,7	3,4	29,0
2	11,9	25,8	7,1	30,7	4,2	36,0
5	15,9	34,4	9,4	40,6	5,5	47,4
10	19,8	42,7	11,5	49,9	6,7	57,9
20	24,5	52,8	14,1	61,1	8,2	70,6
50	32,3	69,8	18,4	79,6	10,6	91,2
100	39,9	86,1	22,5	97,1	12,8	110,4

4 Långtidstrender

4.1 Göteborg - Barlastplatsen

4.1.1 Regndata/regnhändelser 1926-2007

Göteborg Vattens regnmätare placerad vid Barlastplatsen är unik i och med att, som nämnts tidigare, mätningar har pågått på denna plats sedan 1917 och pågår fortfarande. Mätutrustningen har varierat med tiden, men placeringen har varit densamma. Nedan beskrivs hur en "sammanhängande" serie med regntillfällen skapats för perioden 1926–2007.

I avsnitt 3.2 redovisas hur data för perioden 1926–1971 har återskapats. Från 1973 t.o.m. år 2000 finns data i form av regnhändelser utvärderade enligt vissa kriterier från skivaremsor. Digitala data (i bemärkelsen händelseregistreringar/vipptidpunkter) från denna mätstation finns fr.o.m. år 2000. För åren 2000 och 2001 har endast data sammanfattade som 10-minutersvärden varit tillgängliga. Åren därefter finns kontinuerliga data med minutupplösning.

Vid den manuella utvärderingen från skivaremsor för åren 1973 t.o.m. 2000, som successivt hade utförts genom Göteborg Vattens försorg, valdes regnhändelser ut från kriteriet att regnvolymen under 5, 10, 60 och 120 min skall överstiga 1,7 mm, 3,0 mm, 6,8 mm respektive 8,6 mm (vilket skall motsvara en återkomsttid på ca 1/3 år). Antalet regntillfällen för respektive varaktighet framgår av Tabell 4-1.

Tabell 4-1 Antal utplockade regntillfällen från Barlastplatsen 1973–2000.

	Blockregnsvaraktigheter, min			
	5	10	60	120
Antal regn	178	130	83	50

Eftersom de här utnyttjade bearbetningsrutinerna krävde data för alla bearbetade regnvaraktigheter, fylldes tabellen på med samma regnvolymer som föregående varaktighet om regntillfället saknade ett värde där. Detta innebär säkerligen en underskattad volym för de längre varaktigheterna – man vet bara att utvärderingskriteriet har underskridits, men inte med hur mycket. Vid den statistiska bearbetningen kan effekten av dessa förmodat felaktiga värden motverkas genom att man tar med ett begränsat antal av de största regnen.

I dataserien finns regntillfällen från 1973, men samtliga från detta år hamnar långt ner på rankingen och kommer därför inte att synas i den fortsatta redovisningen. 1974 saknar helt regntillfällen i listan. Ett ytterligare problem med data är att noteringar om 2-timmarsregn saknas sedan 1990. Vidare tycks året i "skarven", 1972, sakna data.

Regnhändelser med utvärderade maximala blockregnsvolymerna 5, 10, 60 och 120 minuter togs från dataserien 1926-1971 (443 regntillfällen). För perioden 2001 – sept. 2007 hämtades motsvarande data från bearbetningar av de kontinuerliga mätdata (331 regntillfällen). Dataserien bestod nu av sammanlagt 756 regn och med en varaktighet på 82 år.

För en närmare statistisk analys har här, efter sortering av blockregnintensiteterna, ett antal regn valts ut uppgående till 5 ggr regnseriens längd räknad i år. I detta fall är regnseriens varaktighet 82 år, vilket innebär att de 410 största värdena inom respektive blockregnvaraktighet har analyserats. En test har också utförts, där ett antal av i medeltal 3 ggr regnseriens längd räknad i år medtagits. Detta gav väsentligen samma resultat som redovisas nedan och tas inte med i denna rapport.

4.1.2 Blockregnsstatistik

Bearbetningarna utfördes på samma sätt som för kontinuerliga data, med den skillnaden att arbetet med utplockning av regn och bestämning av maximal medelintensitet för (ett begränsat antal) regnvaraktigheter redan var utfört.

Tabell 4-2 Regnintensiteter (l/s,ha) för olika blockregnsvaraktigheter (5, 10, 60 och 120 min) och återkomsttider (0,5 till 100 år) baserade på anpassning av statistiska fördelningar till regndata från Göteborg Barlastplatsen 1926 – sept 2007

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktigheter, min			
	5	10	60	120
0,5	113,5	82,5	25,8	15,9
1	140,1	103,7	32,8	20,2
2	168,0	126,4	40,3	24,7
5	209,0	160,2	51,5	31,2
10	243,9	189,5	61,2	36,8
20	282,8	222,7	72,3	43,0
50	347,2	278,3	90,8	53,2
100	392,6	318,1	104,1	60,4

4.1.3 Långtidstrender

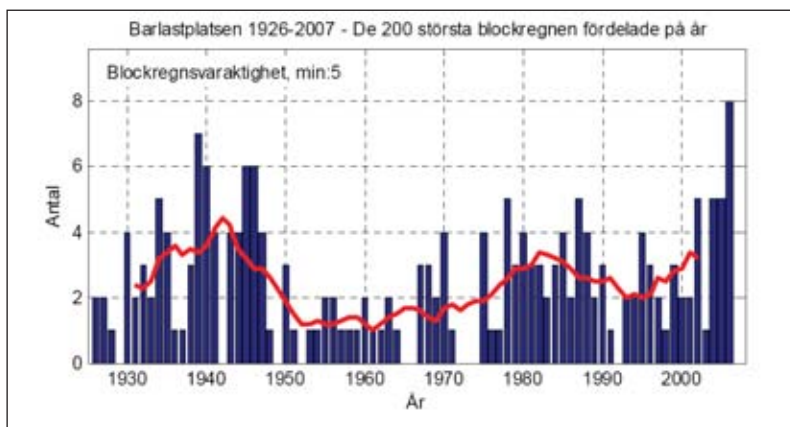
Ett sätt att redovisa eventuella trender i data är att ta fram hur många häftiga regn som uppträder per år. Ett "häftigt" regn definieras här som att respektive blockregnintensitet tillhör de 200 största under hela 82-årsperioden. Det förväntade utfallet i genomsnitt, om tidsserien saknar någon trend är $200/82=2,4$ tillfällen per år. I figurerna nedan redovisas dels aktuellt antal per år, och dels ett flytande 10-årsmedelvärde. Datapunkten för ett 10-årsintervall är avsatt mitt i det aktuella intervallet.

Generellt visar trendkurvorna en hög frekvens av häftiga regn under 1930–1940-talet, för att sedan bli lägre än "normalt" under 1950-, 1960- och 1970-talet. De tre senaste årtiondena (1980–2007) tycks präglas av en pendling runt normalläget.

Bengtsson (2008) analyserade dygnsnederbörd från Skåne och västkusten som längst för perioden 1919 till 2007. Han fann inte någon trend mot ökande dygnsnederbörd och redovisar "trendlinjer" som liknar de som här visats i Figur 4-1 till Figur 4-4.

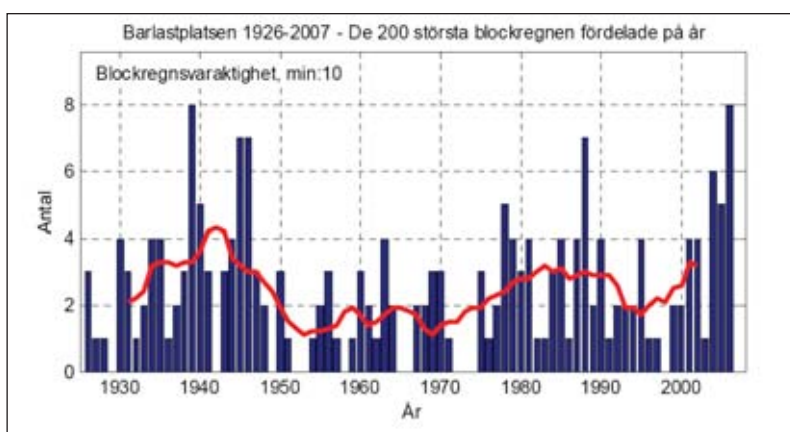
Figur 4-1

Barlastplatsen 1926–2007. De 200 största 5-min blockregnsvolymerna fördelade på år. Linjen markerar ett flytande 10-årsmedelvärde.



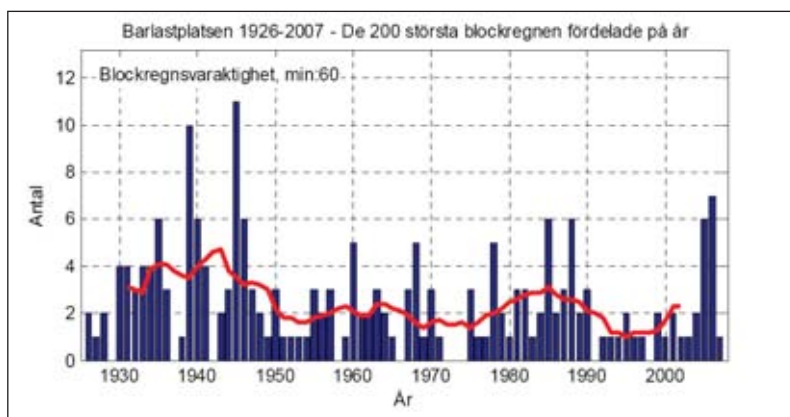
Figur 4-2

Barlastplatsen 1926–2007. De 200 största 10-min blockregnsvolymerna fördelade på år. Linjen markerar ett flytande 10-årsmedelvärde.



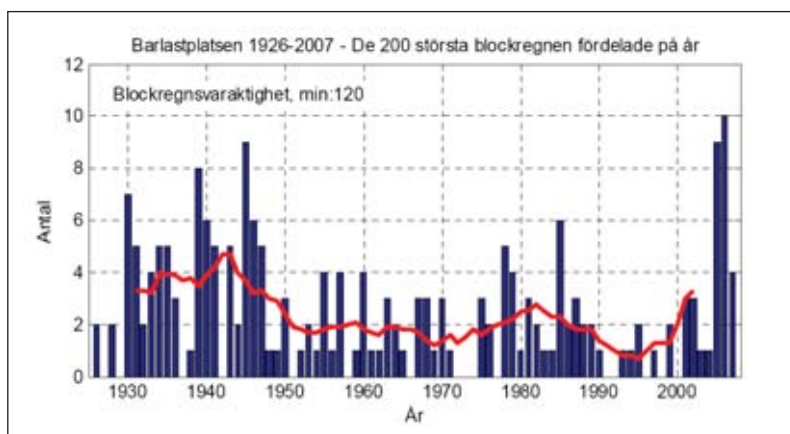
Figur 4-3

Barlastplatsen 1926–2007. De 200 största 60-min blockregnsvolymerna fördelade på år. Linjen markerar ett flytande 10-årsmedelvärde.



Figur 4-4

Barlastplatsen 1926–2007. De 200 största 2-timmars blockregnsvolymerna fördelade på år. Linjen markerar ett flytande 10-årsmedelvärde.



4.1.4 20-årsbearbetningar

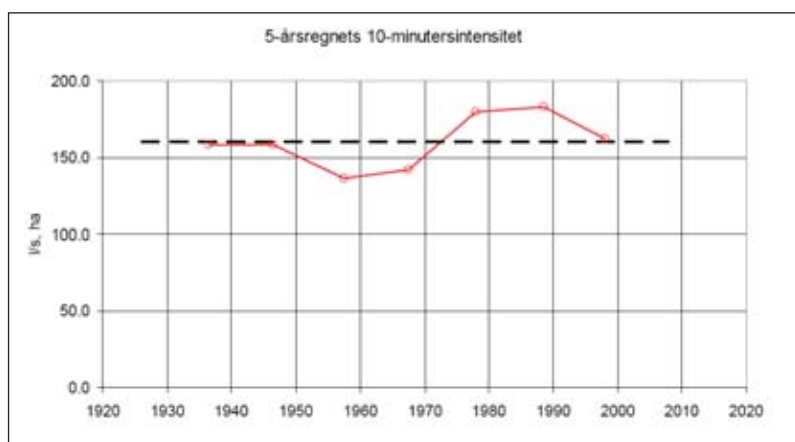
Ett annat sätt att belysa trender i data är att dela upp den 82 år långa tidsserien i delintervall och ta fram statistik för delarna. Här har valts att dela upp serien i överlappande 20-årsintervall enligt Tabell 4-3. Normalt tycker vi ju, att om vi har en 20 år lång regnserie så borde underlaget vara gott för att bedöma regnstatistiken. Resultatet av varje delbearbetning är alltså den uppfattning om regnstatistik vi skulle ha i slutet av varje period, om vi bara kände till data 20-21 år bakåt i tiden.

I redovisningen i fortsättningen ställs resultaten i relation till vad som erhållits för hela datamängden, se Tabell 4-2. Datapunkterna för delbearbetningarna har avsatts mitt i intervallen enligt Tabell 4-3, fastän det ju är först i slutet av varje period som ”kunskapen” uppstår.

Tabell 4-3

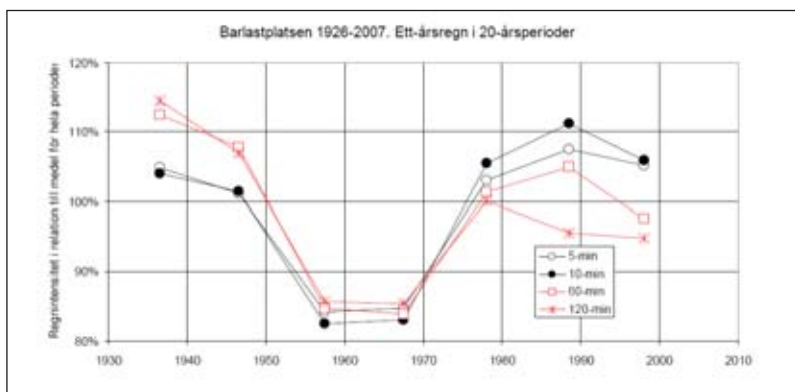
Tidsperioder och total varaktighet för delbearbetningar.

Tidsperiod	Varaktighet, år
1926–1946	21
1936–1956	21
1947–1967	21
1957–1977	21
1968–1987	20
1978–1998	21
1988–2007	20



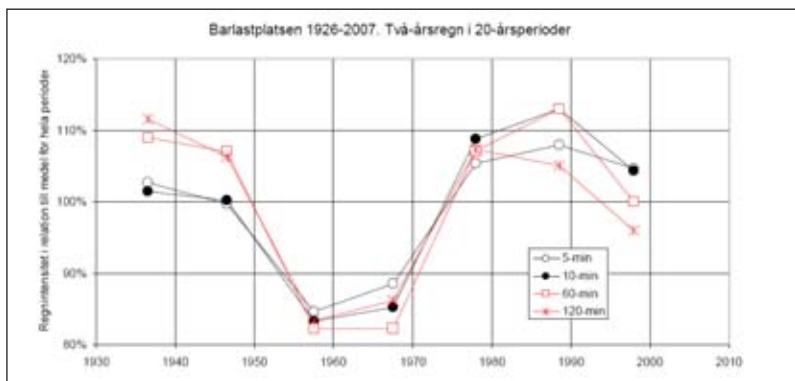
Figur 4-5

Barlastplatsen 1926–2007. 5-årsregnets 10-minutersintensitet uppdelat på 20-årsperioder. Streckad linje är värdet för hela perioden.



Figur 4-6

Barlastplatsen 1926–2007. Ett-årsregn i 20-årsperioder med olika varaktighet i relation till motsvarande värde för hela perioden.

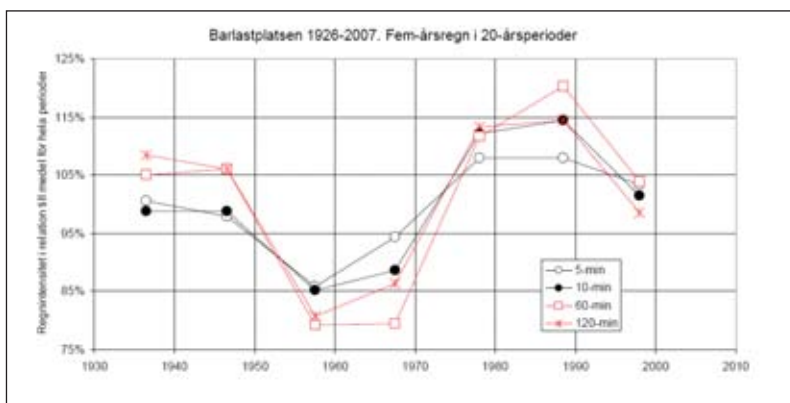


Figur 4-7

Barlastplatsen 1926–2007. Två-årsregn i 20-årsperioder med olika varaktighet i relation till motsvarande värde för hela perioden.

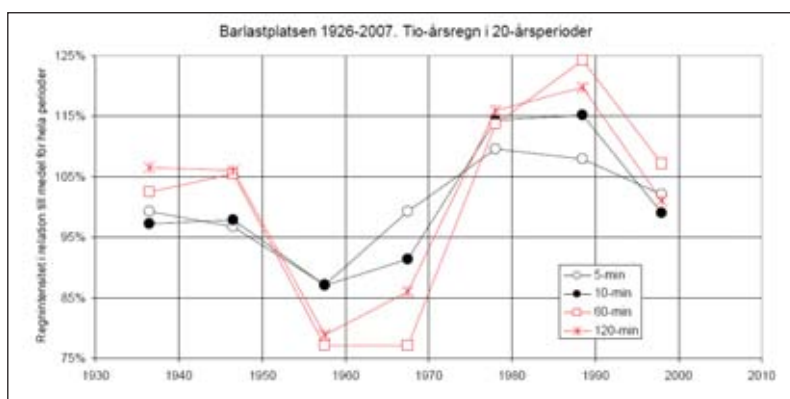
Figur 4-8

Barlastplatsen 1926–2007.
Fem-årsregn i 20-årsperioder med olika varaktighet i relation till motsvarande värde för hela perioden.



Figur 4-9

Barlastplatsen 1926–2007.
Tio-årsregn i 20-årsperioder med olika varaktighet i relation till motsvarande värde för hela perioden.



Figur 4-6 till Figur 4-9 visar att vår åsikt om rådande regnstatistik kan variera betydligt om vi har tillgång till en "begränsad" datamängd (här: regndata med 20 års varaktighet), beroende på tidpunkten för datainsamlingen. För ett-årsregnet är osäkerheten ca $\pm 15\%$. Den ökar upp till omkring $\pm 25\%$ för sällsyntare händelser, som 10-årsregnet.

En faktor som kan förstärka minimivärdet runt 1970 är, som nämnts, bristande dataunderlag vissa år i början på 1970-talet (saknade data 1972, 1974). Detta kan dock inte vara hela förklaringen till variabiliteten i erhållna resultat.

Om här redovisade resultat återspeglar generella variationer även på andra platser, betyder detta att vi skulle behöva mycket långa tidsserier (kanske upp mot 30–40 år) för att med viss säkerhet kunna uttala oss om den "sanna" regnstatistiken på platsen. Det säger sig självt, att om det dessutom finns anledning att misstänka/avslöja en bakomliggande trend ställs ännu större krav.

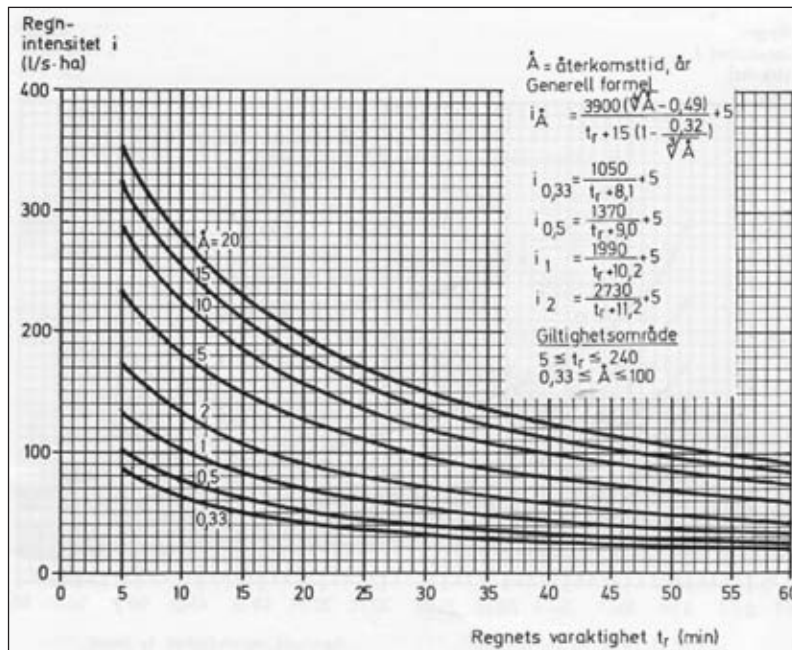
4.2 Stockholm: nya regndata (1984–2006) jämfört med äldre regnstatistik (1907–46)

Stockholmskurvorna enligt Figur 4-10 publicerades av Falk (1951). Den generella formeln för intensitets-varaktighetskurvorna framgår av ekvation 4-1. Den är resultatet av analys av ca 550 regn uppmätta vid 6 olika stationsplaceringar inom Stockholmsområdet med varierande antal stationsår under perioden 1907–1946. Totalt innefattades regist-

reringar för 164 stationsår. 17 olika blockregnvaraktigheter utvärderades, från 5 min upp till 4 timmar.

$$i_A = \frac{3900(\sqrt[3]{A} - 0.49)}{t_R + 15(1 - \frac{0.32}{\sqrt[3]{A}})} + 5 \quad \dots 4-1$$

Man kan notera att giltighetsområdet för den generella formeln anges för regnvaraktigheter från 5 min till 4 timmar, samt för återkomsttider från 1/3 till 100 år.

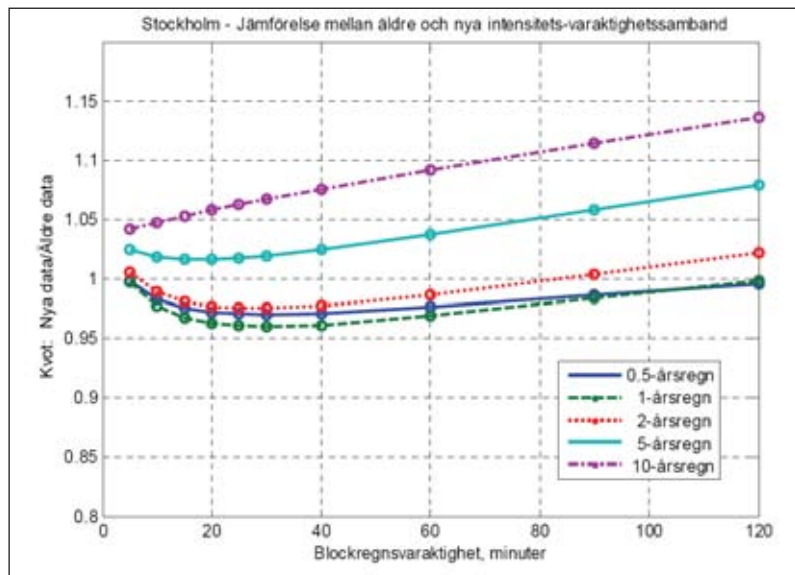


Figur 4-10 Regnintensitet i Stockholm 1907–1946 (figuren är hämtad från VAV P31).

I Figur 4-11 har kvoten mellan nya data för regnintensiteter (Stockholm, Torsgatan och Skärholmen/Älvsjö 1984–2006, se Tabell 3-16) och äldre data enligt Figur 4-10 uppritats.

Avvikelseerna gentemot de gamla Stockholmskurvorna ligger här till sin huvuddel inom marginalen $\pm 5\%$. För 10-årsregnen ger de nya data något mer än 10% högre intensiteter vid längre regnvaraktigheter. Med tanke på övriga osäkerheter, kan man inte begära en bättre överensstämmelse för att dra slutsatsen att vi i data för perioden 1984–2006 hittar samma regnstatistik som Falk gjorde för perioden 1907–1946.

Som kuriosas kan nämnas att tabellvärdena i Tabell 3-16, där skattningar av sällsyntare händelser (20 år upp till 100 år) anges, inte avviker mycket från vad som erhålls från Falks ekvation. För kortare regnvaraktigheter (5–15 minuter) är tabellvärdena 10–15% högre, och för de längre (90–120 minuter) 15–35% högre.



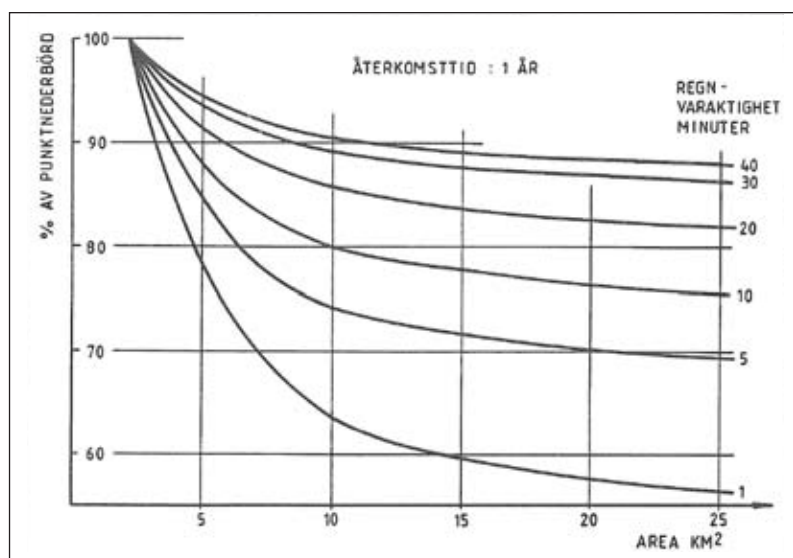
Figur 4-11 Kvot mellan nya regnintensiteter (Stockholm, Torsgatan och Älvsjö/Skärholmen 1984–2006) och äldre data enligt Svenskt Vatten P90 (Stockholm 1907–1946) Återkomsttid: 0,5 till 10 år, blockregnsvaraktigheter 5–120 minuter.

5 Utbredning/skala hos häftiga regn – arealnederbörd

5.1 Inledning

Föregående avsnitt har handlat om nederbörd uppmätt i nederbörds-mätare med en uppfångningsarea av storleksordningen 200 cm². Frågan hur representativ denna uppmätta punktnederbörd är och statistiken för denna, blir aktuell vid tillämpningar med stora avrinningsområden, speciellt vid hydrologiska tillämpningar. Det finns en mängd litteratur inom området där relationen anges mellan statistiken för punktnederbörd och areell nederbörd, uttryckt som en s.k. arealreduktionsfaktor¹ (ARF, Areal reduction factor), se t.ex. Wilson (1990).

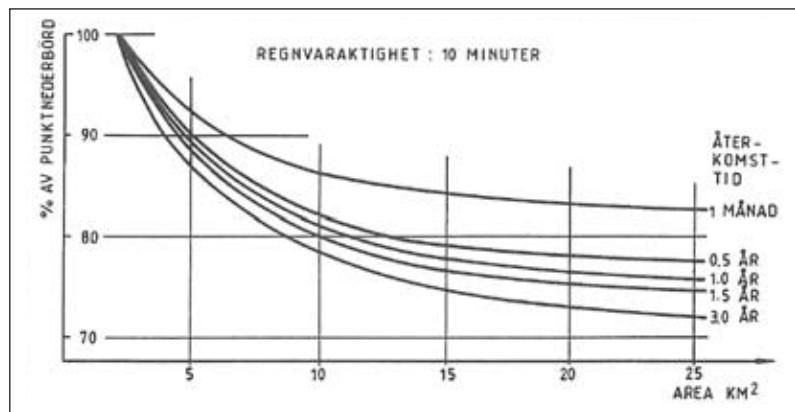
Niemczynowicz (1984) kom fram till arealreduktionsfaktorer enligt Figur 5-1 och Figur 5-2, baserat på ett observationsnät som bestod av 12 nederbördsstationer inom drygt 25 km² i Lund. 400 regntillfällen analyserades motsvarande 3 års data. Det framgår att storleken på skillnaden mellan punkt- respektive areal-regnstatistik beror på regnvaraktighet, återkomsttid och storleken på den aktuella arean. Niemczynowicz fann att den största skillnaden uppträder för korta regnvaraktigheter, och långa återkomsttider.



Figur 5-1 Exempel på arealreduktionsfaktorer för Lund.
Återkomsttid för regn: 1 år. (Niemczynowicz, 1984)

Pedersen (2004) rapporterar nedslående slutsatser i detta sammanhang. Baserat på ett mycket tätt observationsnät med högupplösande (0.01 mm) regnmätare drogs slutsatsen att variationer inom ett regnfält hade en avsevärt mindre rumsupplösning än pixelstorleken för en väderradar utvecklad av DHI (Local Area Weather Radar – LAWR) – 500x500 m. Pixelstorleken hos normala regionala radarbilder är av storleksord-

¹ Med arealreduktionsfaktor menas nederbördsintensitet för en viss areal som helhet i relation till intensiteten i en punkt.

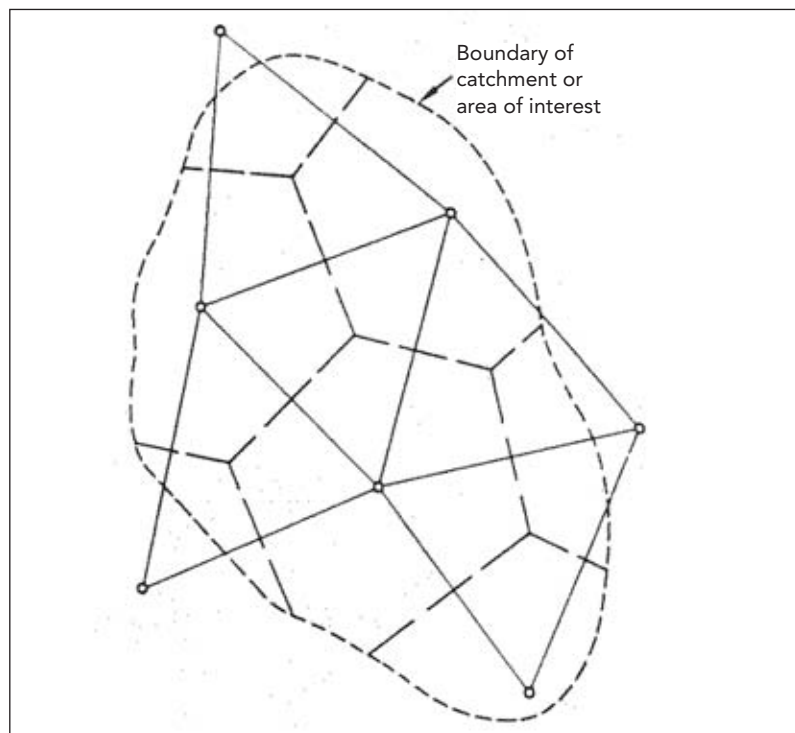


Figur 5-2 Exempel på arealreduktionsfaktorer för Lund.
Regnvaraktighet: 10 min. (Niemczynowicz, 1984)

ningen 2x2 km. Mätningarna utfördes under en 65-dagarsperiod med 9 regngivare placerade inom en LAWR-pixel, vardera representerande en yta av 166x166 m. Variabiliteten mellan de enskilda regngivarna var mycket stor under enskilda regntillfällen. Däremot erhöles ackumulerat över längre perioder jämförbara värden.

Det finns olika metoder att beräkna arealnederbörd baserat på punktdata, se t.ex. NOAA (2008), från enkla aritmetiska medelvärden, olika typer av avståndsviktning i gridnät eller Thiessenpolygoner enligt Figur 5-3. Delareor som förmodas erhålla nederbörd från en specifik nederbördsstation avgränsas där av streckade linjer (konstruerade som normaler vid mittpunkten på linjer som sammanbinder stationsplaceringarna) och avrinningsområdets gränser.

Den metodik som tillämpats i detta projekt beskrivs närmare i tillämpningsavsnitten 5.2.2 och 5.3.2.



Figur 5-3 Thiessenpolygoner. Från Wilsson (1990)

I dessa tider kan vårt intresse också vara att gå i motsatt riktning: att från data avseende arealnederbörd dra slutsatser om statistik för punkt-nederbörd. De klimatscenariodata om den framtida nederbördssituationen som t.ex. publiceras av Rossby Center vid SMHI avser arealnederbörd jämnt fördelad över 2 500 km². Den areella upplösningen är alltså 50 km gånger 50 km. Tidsupplösningen är som bäst 1 timme, men har för specialstudier halverats till 30 minuters upplösning. Det är naturligtvis en intressant fråga hur vi skulle kunna använda dessa data för att bedöma framtida korttids(punkt)nederbörd.

Som jämförelse, och med tanke på de resultat som presenteras i fortsättningen, kan nämnas att Växjö kommun² ungefär kan omfattas inom en kvadrat med sidlängden 50 km gånger 50 km = 2 500 km².

I fortsättningen visas exempel på arealfördelning i form av olika försök att visualisera ett urval av specifika regntillfällen. Med nödvändighet handlar det då om resultat från ett fåtal (extrema) regntillfällen. Detta görs för att illustrera komplexiteten i den areella nederbördssituationen. I två fall, med data från Växjö respektive Jönköping, tillämpas en mer systematiserad ansats för att bedöma arealstatistiken för längre tidsperioder.

5.2 Exempel från Växjö

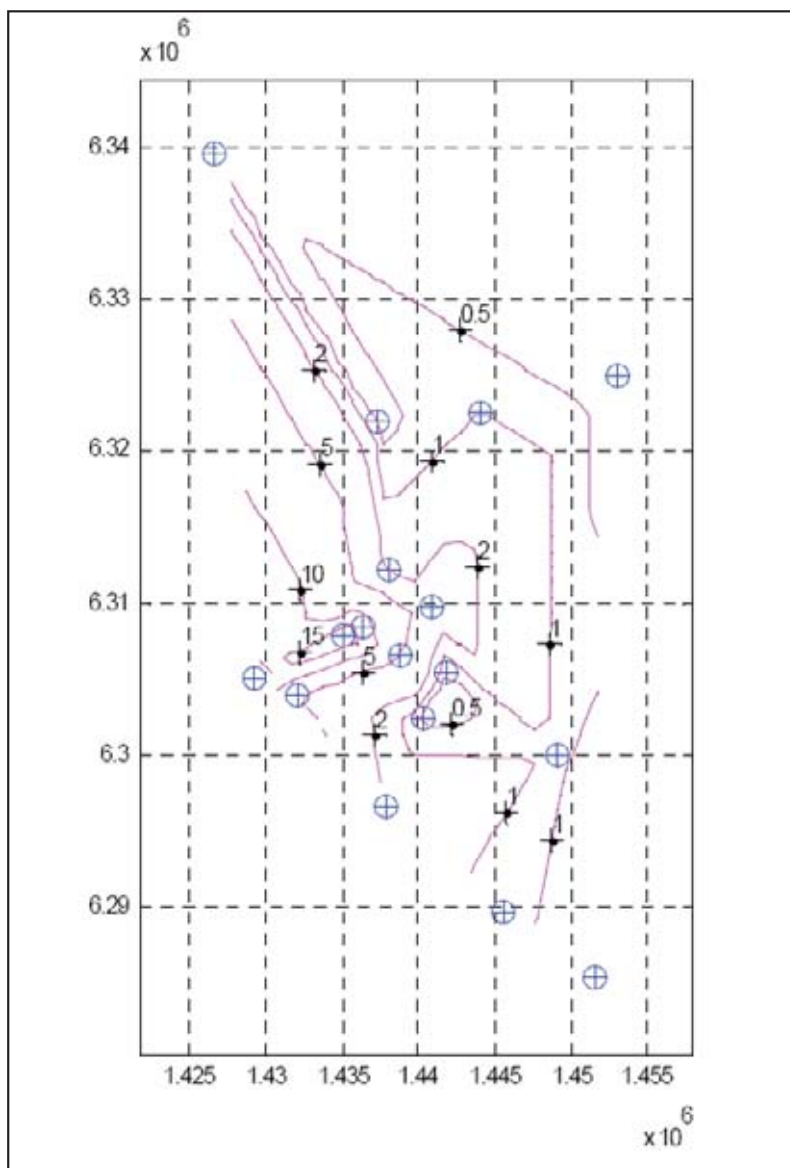
5.2.1 Ett enstaka regntillfälle

Det har här valts att, av alla tänkbara regntillfällen, detaljredovisa ett från Växjödata. Urvalskriteriet var att det skulle innehålla extremregn, minst med återkomsttiden³ 10 år. Det aktuella regntillfället inträffade den 30/9 2006. Regnförloppet uppfångades i kommunens alla 17 regnmätarna från ca kl. 17 och med maxintensitet runt kl. 20. Registrerade totalvolymen varierade från 15 upp till 35 mm. I Figur 5-5 visas detaljerade regnförlopp för 5 av stationerna.

För 5 av stationsplaceringarna bedömdes regnets återkomsttid vara mindre än 0,5 år, för ytterligare 5 av storleksordningen 1-årshändelse. För 4 st. var återkomsttiden 2–5 år. Mer än 10-års återkomsttid konstaterades för tre stationer: Sjöudden ca 10-årsregn för varaktigheterna 10–15 minuter, Gemla 13–16-årsregn för varaktigheten 5–10 minuter och Runvägen knappt 20-årsregn för 10-minuters varaktighet. Figur 5-4 visar nivålinjer för återkomsttid (år) – från 0,5 till 15 år, utvärderade som maximal återkomsttid för blockregnvaraktigheterna 5 min upp till 2 timmar för respektive stationsdata. Den bedömda återkomsttiden varierar från 0,5 år till 15–20 år inom ett avstånd som är mindre än 10 km.

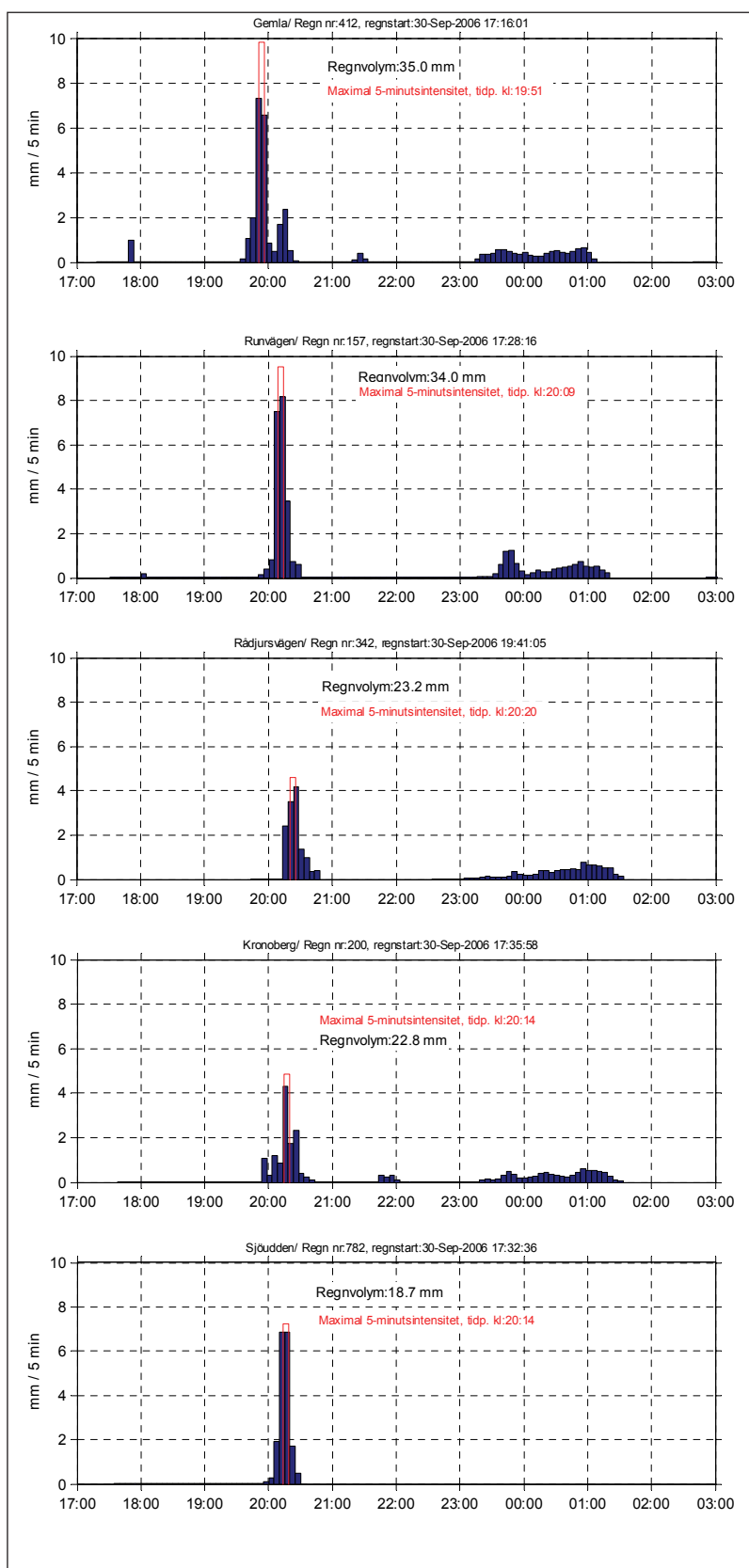
² Den exakta siffran för Växjö kommuns totalareal är 1 924,81 km²

³ Alla referenser till "återkomsttid" i denna rapport avser beräkning enligt Hernebring (2006), "Sverigemedel". Man får för kortare regnvaraktigheter väsentligen samma resultat om man använder ekvation enligt Dahlström (1974) med $Z=18$, eller enligt Dahlström (2006).



Figur 5-4 Regntillfälle den 30/9 2006 registrerat i 17 nederbördsrätare i Växjö kommun.

Bilden visar nivålinjer för återkomsttid (år) – från 0,5 till 15 år, utvärderade som maximal återkomsttid för blockregnvaraktigheterna 5 min upp till 2 timmar för respektive stationsdata. Skalan på rutnätet i bilden är 10 (höjd)*5 (bredd) km.

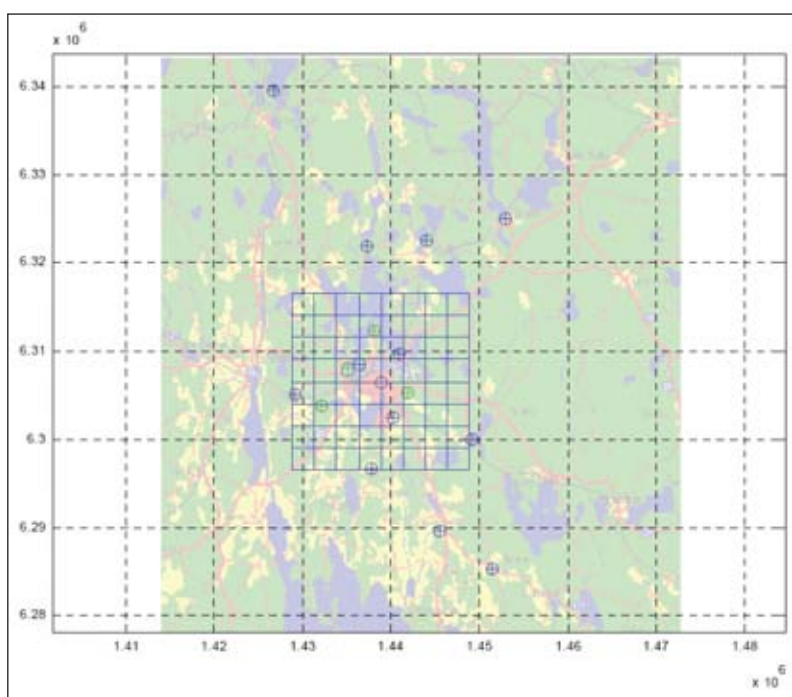


Figur 5-5 Nederbördsförlopp den 30/9 2006 registrerat i fem nederbördsräknare i Växjö

5.2.2 Arealnederbörd

Beräkningar av arealnederbörd utfördes för en tidsperiod, som bestämdes i en avvägning mellan att det skulle finnas trovärdiga kontinuerliga data från så många stationer som möjligt och att tidsperioden skulle vara tillräckligt lång. Den slutliga beräkningsperioden omfattade knappt 6 år (från 2001-06-01 till 2007-03-31) med högupplösta data från 14 stationer.

Punktdata skapades i ett gridnät där (en varierande) sidlängd delats in i 8 delar, vilket innebar $9 \times 9 = 81$ beräkningspunkter. Mittpunkten var hela tiden fast (= mediankoordinaterna för samtliga stationer, vilket råkade bli nära stationen N. Esplanaden i Växjö centrum). Sidlängden på gridnätet varierades så att totalytan blev 2 (= ”punkt”), 25, 100, 400, 900, 1 600 respektive 2 500 km². I Figur 5-6 visas exempel på beräkningsgrid med sidlängden 20 km.



Figur 5-6 Exempel på gridnät ($20 \times 20 = 400 \text{ km}^2$) för beräkning av arealnederbörd på nederbördsdata från Växjö.

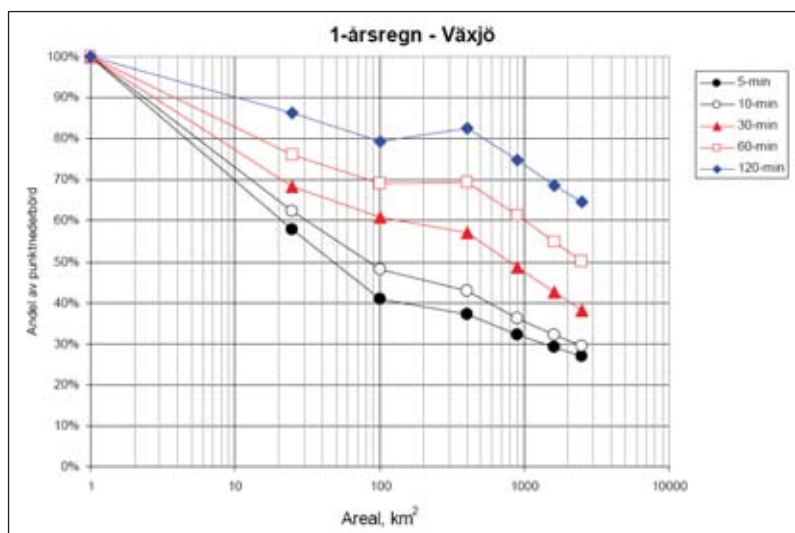
Nederbördsdata i varje beräkningspunkt och för varje beräkningssteg erhöles som ett viktat värde från det momentana intensitetsvärdet för alla deltagande mätare. Sammanvägningen gjordes genom att viktfa-
k-
torer beräknades, omvänt proportionella mot avståndet från beräk-
ningspunkten till respektive stationsplacering, upphöjt till potensen
5. Inspiration till att använda just potensen 5 har hämtats från Alied
(2004). Det innebär dynamiken i nederbördsdata behålls i hög grad i
varje beräkningspunkt, i stället för att slätas ut genom mindre ”sträng”
avståndsviktning. I praktiken medför denna beräkningsmetodik att
man kan förvänta sig liknande resultat som om Thiessenpolygoner (se
Figur 5-3) använts för bestämning av arealnederbörden. Arealneder-
börden räknades sedan här ut som medelvärdet för alla de 81 st. beräk-
ningspunkterna under tidssteget.

På så sätt erhöles successivt nya tidsserier, som kunde bearbetas statistiskt. Innan beräkningarna utfördes hade de ursprungliga icke-ekvidistanta data (vippningar) från alla deltagande stationer gjorts om till ekvidistanta 5-minutersvärden.

Resultatet av de statistiska bearbetningarna redovisas i Figur 5-8 och Figur 5-10. De resultat som redovisas här, innebär en något större arealpåverkan (lägre arealreduktionsfaktorer) än vad Niemczynowicz redovisat (se Figur 5-1 och Figur 5-2) om datapunkterna för arealen 25 km² jämförs.

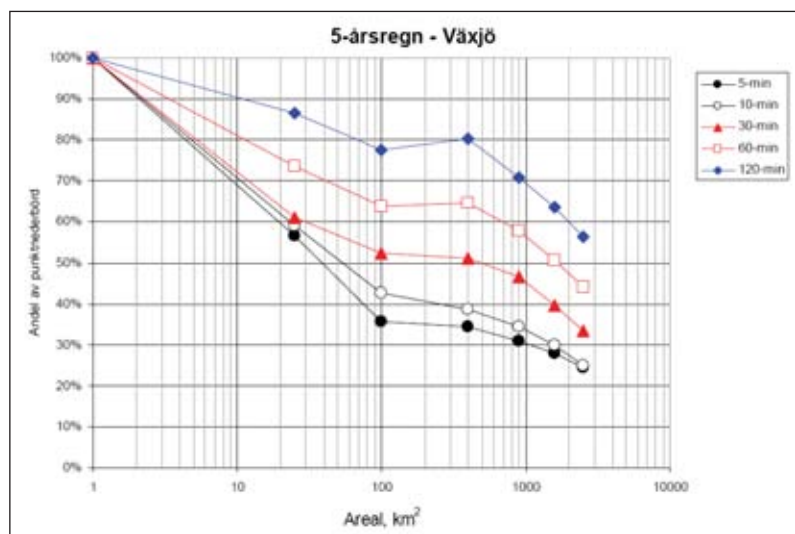
Även om det i praktiken är ointressant med intensiteten för mycket korta regnvaraktigheter (10–30 min) vid mycket stora avrinningsområden (2 500 km²) är det tänkvärt att, med tanke på klimatscenariodata, arealreduktionsfaktorerna antar så låga värde som 0,25–0,3.

Att arealreduktionsfaktorerna verkar stiga eller vara oförändrade i steget mellan 100 och 400 km² för längre regnvaraktigheter är svårt att förklara, och får förmodligen tillskrivas tillfälligheter, och "brus" i indata.



Figur 5-7

Arealreduktionsfaktorer för nederbördsdata från Växjö 2001–2007. Återkomsttid för regn: 1 år.



Figur 5-8

Arealreduktionsfaktorer för nederbördsdata från Växjö 2001–2007. Återkomsttid för regn: 5 år.

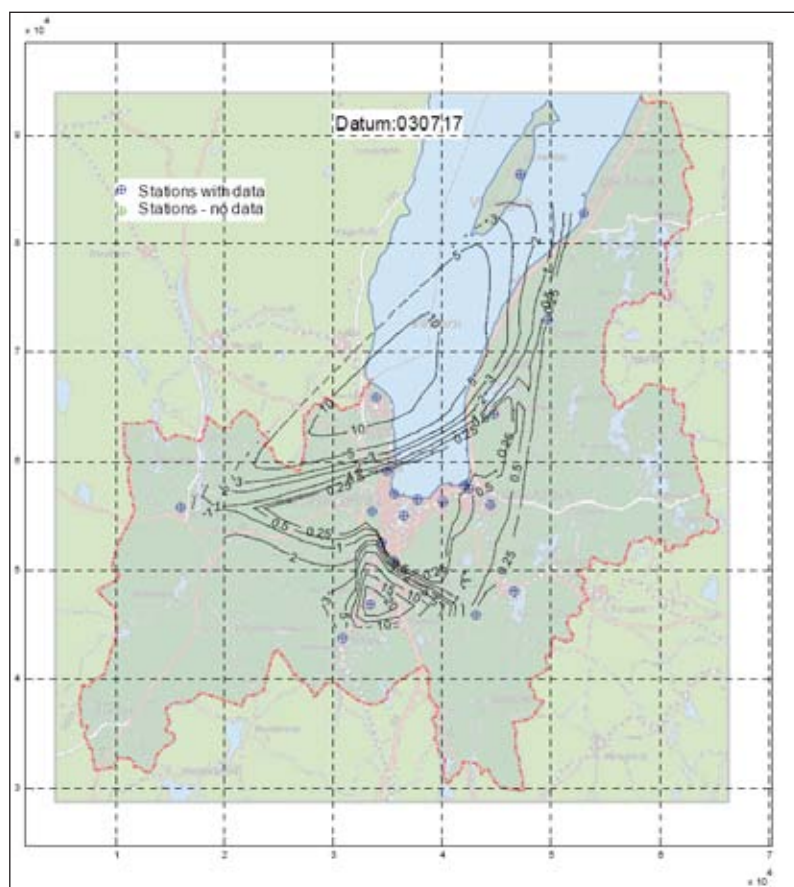
5.3 Exempel från Jönköping

5.3.1 Enstaka regntillfällen

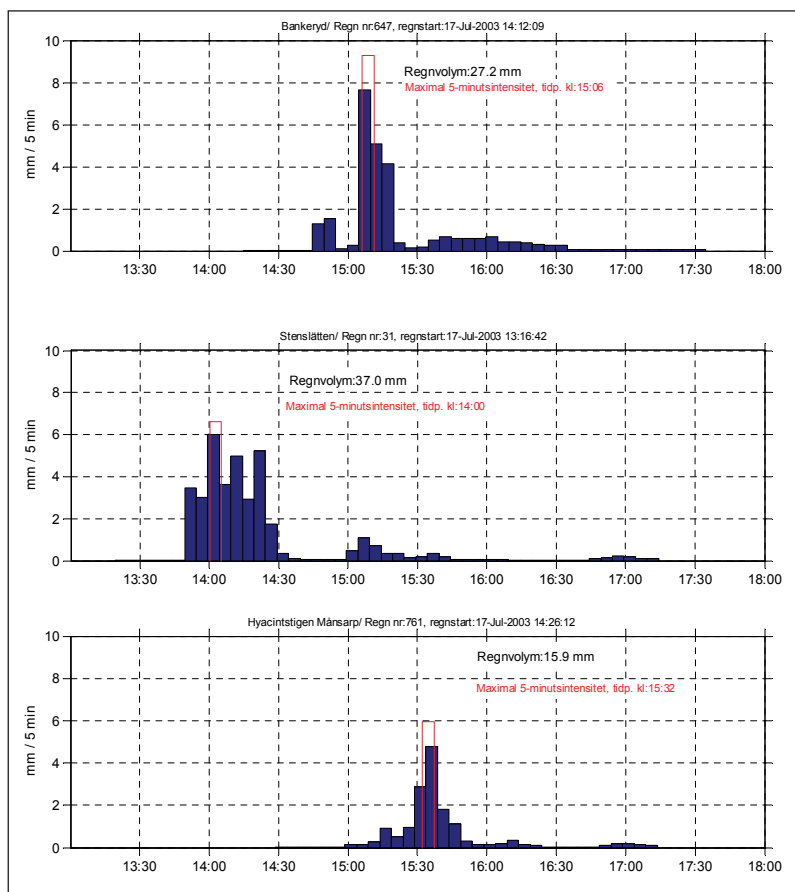
Från Jönköpingsdata redovisas här två utvalda regntillfällen. Urvalskriteriet var att de skulle innehålla extremregn, minst med återkomsttiden 10 år. Det första regntillfället inträffade den 17/7 2003.

Regnet registrerades i kommunens samtliga 21 regnmätare från kl. 14 till kl. 17 med mycket varierande totalvolym, från 4 till 37 mm. För 13 stationer var återkomsttiden mindre än en månad. För ytterligare 5 stationer bedömdes återkomsttiden till mellan 1 månad och ½ år. Vid Stenslätten – knappt 25 år (31 mm under 40 minuter), Bankeryd 10–13 år (5–15 min varaktighet), knappt 3 år i Månsarp (5–15 min).

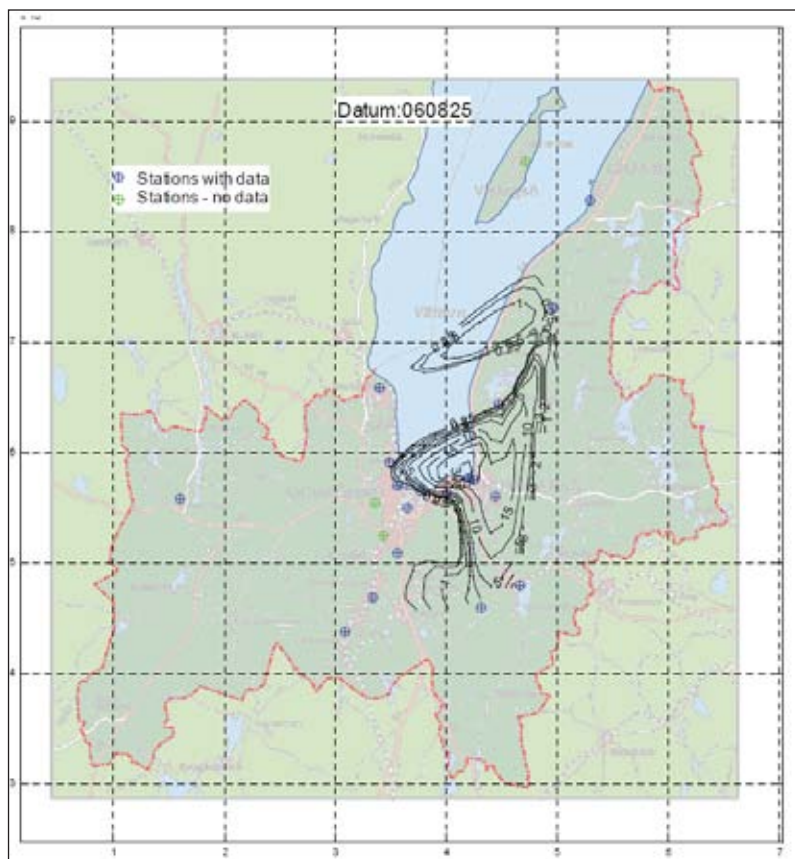
Figur 5-9 visar nivålinjer för återkomsttid (år) – från 0,5 till 20 år, utvärderade som maximal återkomsttid för blockregnvaraktigheterna 5 min upp till 2 timmar för respektive stationsdata. Exempel på regnförlopp ges i Figur 5-10.



Figur 5-9 Regntillfälle den 17/7 2003 registrerat i 21 nederbördsräknare i Jönköpings kommun. Bilden visar nivålinjer för återkomsttid (år) – från 0,5 till 15 år, utvärderade som maximal återkomsttid för blockregnvaraktigheterna 5 min upp till 2 timmar för respektive stationsdata. Skalan på rutnätet i bilden är 10 x 10 km.



Figur 5-10 Exempel på nederbördsförlopp den 17/7 2003, registrerat i tre nederbördsräknare i Jönköpings kommun.



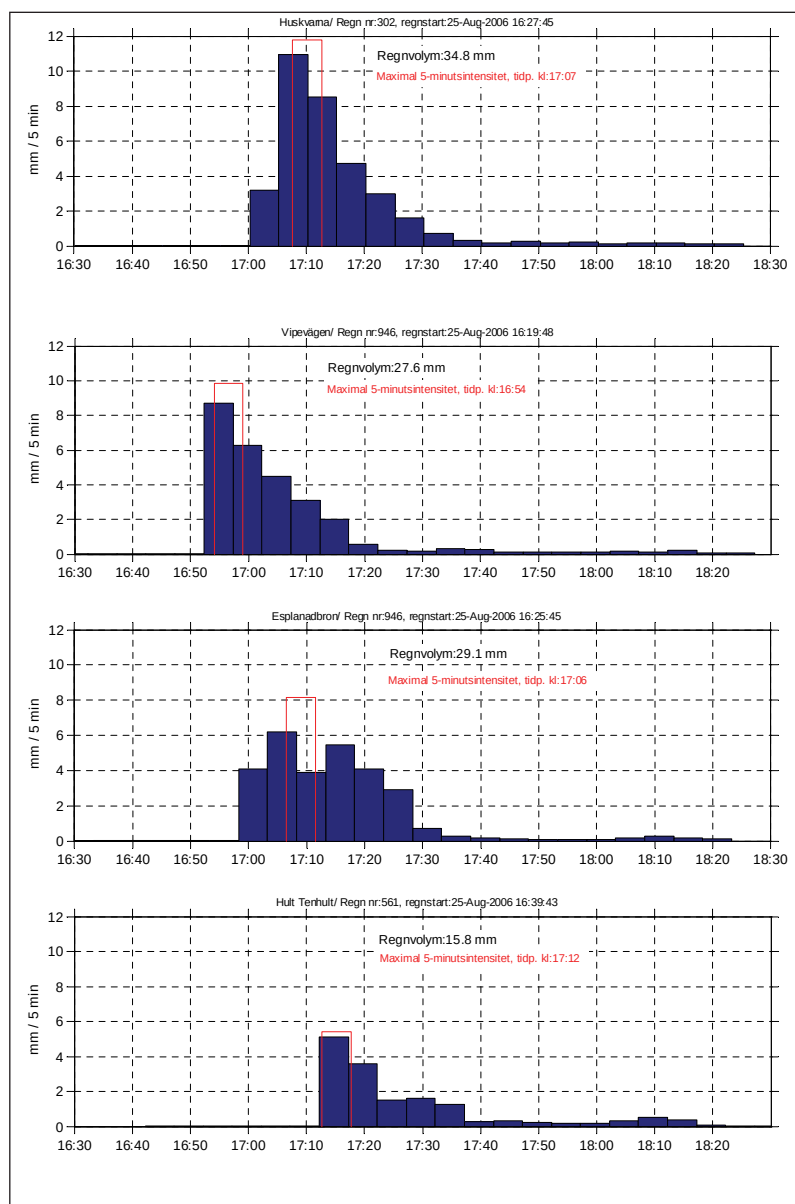
Figur 5-11

Regntillfälle den 25/8 2006 registrerat i 18 nederbördsräknare i Jönköpings kommun.

Bilden visar nivålinjer för återkomsttid (år) – från 0,5 till 15 år, utvärderade som maximal återkomsttid för blockregnvaraktigheterna 5 min upp till 2 timmar för respektive stationsdata. Skalan på rutnätet i bilden är 10 x 10 km.

Nästa regntillfälle, som redovisas här, inträffade den 25/8 2006. Nederbörd registrerades då i 12 stationer, nollnederbörd (inget regn) i 6 st. Tre stationer bedömdes inte vara i drift.⁴ Under ca 2 h registrerades som mest 34,8 mm vid Huskvarna reningsverk, samt knappt 30 mm vid ytterligare två näraliggande stationer. Som mest bedömdes återkomsttiden till 35 år (15–30 min varaktighet) vid Huskvarna reningsverk samt omkring 20 år (20–30 minutersregn) vid Vipevägen och Esplanadbron. En 3-årshändelse (10–30 min) registrerades vid en station i Tenhult.

Figur 5-11 visar nivålinjer för återkomsttid (år) och exempel på regnförlopp ges i Figur 5-12.



Figur 5-12 Exempel på nederbördsförlopp den 25/8 2006, registrerat i fyra nederbördsmätare i Jönköpings kommun.

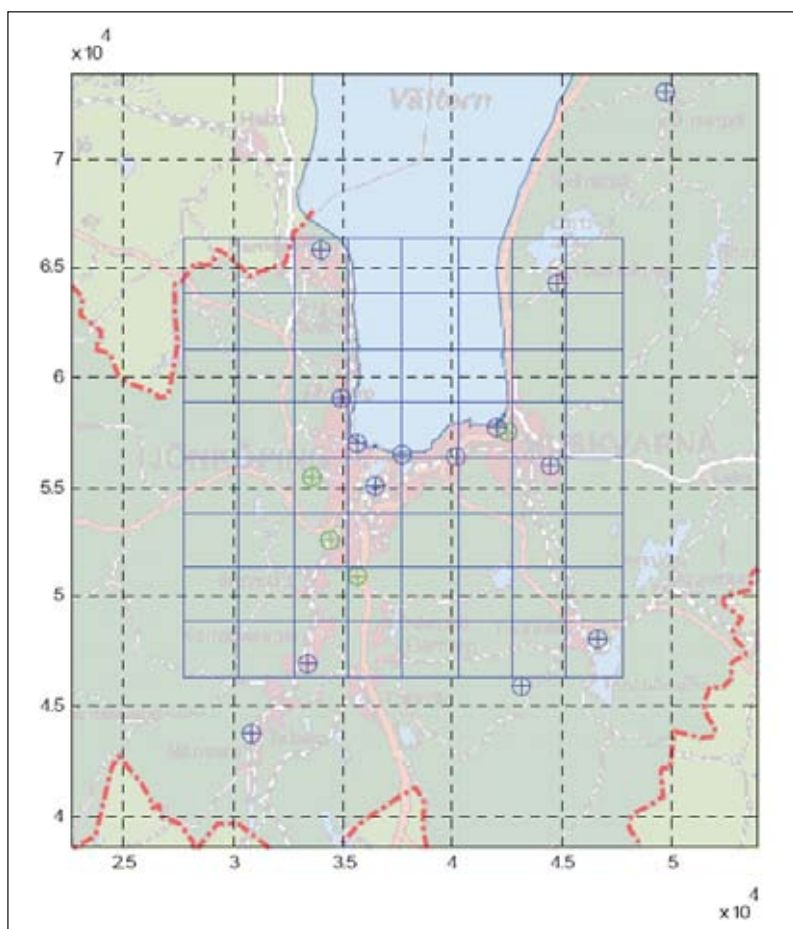
⁴ Skillnaden mellan nollnederbörd och driftavbrott (inga data) är inte enkel att avgöra vid den aktuella typen av nederbördsdata (vipptidpunkter). Här har bedömningar gjorts baserat på responsen vid angränsande regntillfällen före och efter, om stationen är "vid liv". Längre perioder med driftavbrott avslöjas vid volymsummeringar till dygns- och månadsvärden.

5.3.2 Arealnederbörd

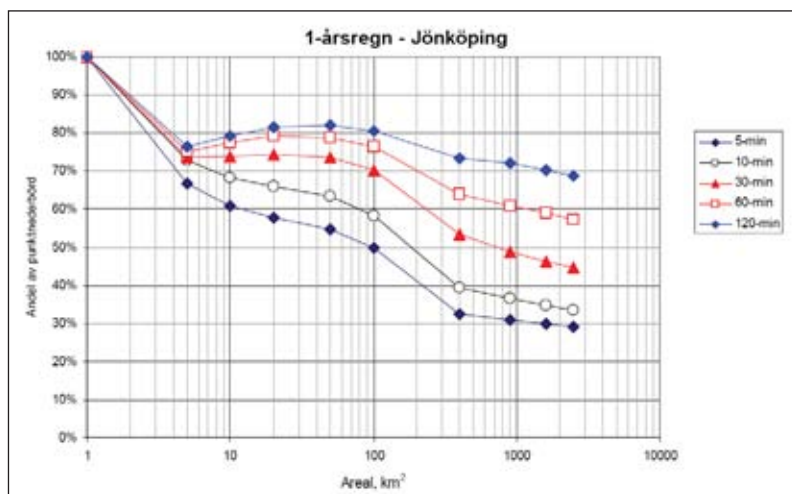
Beräkningar av arealnederbörd utfördes enligt den metodik som beskrivs närmare i avsnitt 5.2.2. Här valdes beräkningsperioden att omfatta 3,5 år inkl. 4 sommarperioder (från 2003-06-01 till 2006-12-01) med högupplösta data från 15 stationer.

Sidlängden på gridnätet varierades så att totalytan från punktnederbörd successivt ökades till 5, 10, 20, 50, 100, 400, 900, 1 600 respektive 2 500 km². I Figur 5-13 visas exempel på beräknings-grid med sidlängden 20 km.

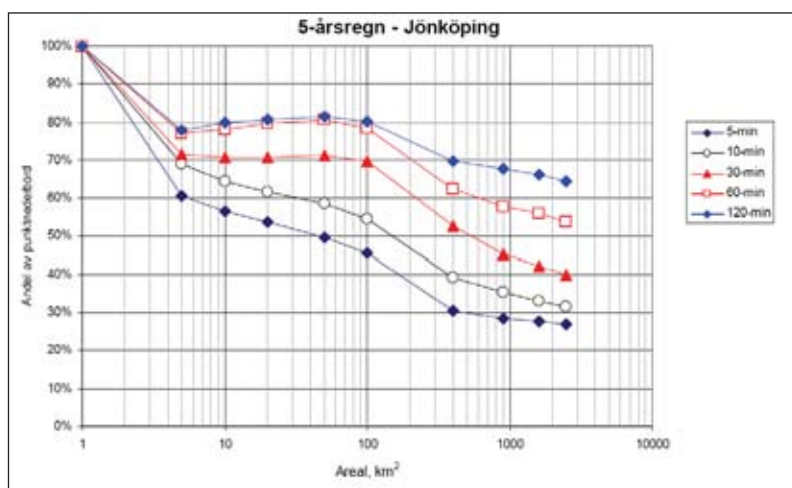
De erhållna tidsserierna för arealnederbördena bearbetades sedan statistiskt. Resultatet redovisas i Figur 5-14 och Figur 5-15. Redovisningen av 5-årsdata i Figur 5-15 innebär en extrapolering av statistiken, eftersom varaktigheten på den aktuella datamängden är kortare. De resultat som redovisas här, liknar de som redovisats för Växjödata (se Figur 5-7 och Figur 5-8). I intervallet 5–100 km² för de längre regnvaraktigheterna 30–120 minuter är arealkoefficienterna här i stort sett konstanta. Det stämmer inte med resultatet från Växjöbearbetningarna, med i och för sig färre datapunkter inom intervallet. Det är möjligt att med här tillämpad metodik, och med tanke på stationernas verkliga geografiska placering i relation till det ”fyrkantiga” beräkningsnätet, att det kan bli så att ingen ny information tillkommer trots att beräkningsytan ökas i vissa steg.



Figur 5-13 Exempel på gridnät ($20 \times 20 = 400 \text{ km}^2$) för beräkning av arealnederbörd på nederbördsdata från Jönköping.



Figur 5-14 Arealreduktionsfaktorer för nederbördsdata från Jönköping 2003–2006. Återkomsttid för regn: 1 år.



Figur 5-15 Arealreduktionsfaktorer för nederbördsdata från Jönköping 2003–2006. Återkomsttid för regn: 5 år.

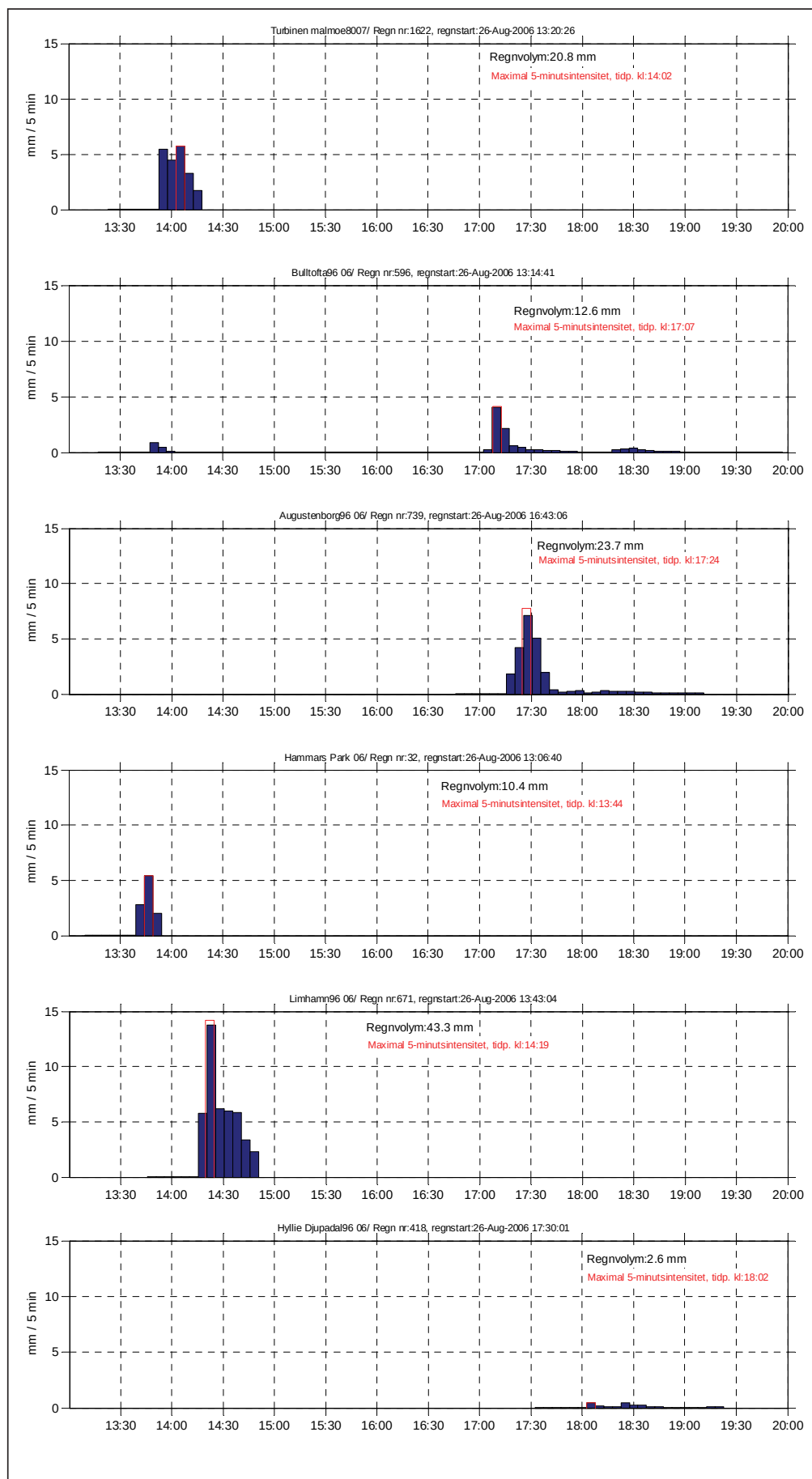
5.4 Malmö – exempel på enstaka regntillfälle

Det har här valts att detaljredovisa ett nederbördsdygn från Malmödata, som var mycket extremt m.a.p. korttidsnederbörd och där data fanns från 6 stationer. Det aktuella datumet var den 26/8 2006. Som mest uppmättes i Limhamn mer än 43 mm under mindre än en timme. Två ”skurar” uppträdde under dagen, den ena med intensitetsmaximum omkring 14:30, den andra med maxintensitet strax efter kl. 17. Samtliga stationer registrerade nederbörd i varierande omfattning vid dessa tidpunkter. Detta framgår inte riktigt av Figur 5-17, eftersom där plotats det intensivaste regntillfället under dagen för respektive station. På grund av tillämpad regndefinition med viktigaste kriterium att regnet tolkas vara slut om tiden för nollnederbörd överstiger 2 timmar blir förloppet i samtliga fall uppdelat i två, utom för data från Bulltofta, där kriteriet inte uppfylls. Regndygnet sammanfattas i Figur 5-16 i form av nivålinjer för återkomsttid (maximalt för varaktigheter från 5 minuter till 2 timmar). Värdet för maximal återkomsttid spänner över intervallet <1 månad (Hyllie) upp till nära 80 år (Limhamn).

I Limhamn registrerades som mest 41,3 mm under 30 minuter, vilket utvärderat som återkomsttid med skenbar exakthet blir 77 år. Vid Turbinen och Augustenborg innebar varaktigheterna 15–30 minuter i båda fallen omkring 10-årsregn, vid Hammars park knappt ett 3-årsregn. Vid Bulltofta motsvarade maximal 10-minuterintensitet ett 1-årsregn. Vid Djupadalsskolan, Hyllie var nederbördsintensiteten obetydlig (< 1-månadsregn).



Figur 5-16 Regn den 26/8 2006 registrerat i 6 nederbördsmätare i Malmö. Bilden visar nivålinjer för återkomsttid (år) – från 0,5 till 70 år, utvärderade som maximal återkomsttid för blockregnvaraktigheterna 5 min upp till 2 timmar för respektive stationsdata under dygnet. Skalan på rutnätet i bilden är 2 x 2 km.



Figur 5-17 Nederbördsförlopp den 26/8 2006, registrerat i sex nederbördsmätare i Malmö

5.5 Västra Skåne somrarna 2006 och 2007

För att belysa den "guldgruva" beträffande högupplösta regndata som samlas in i våra kommuner gjordes en rundringning till kommuner i västra Skåne för att samla in regndata från somrarna 2006 och 2007, vilka båda var extrema ur nederbördssynpunkt bl.a. i Skåne.

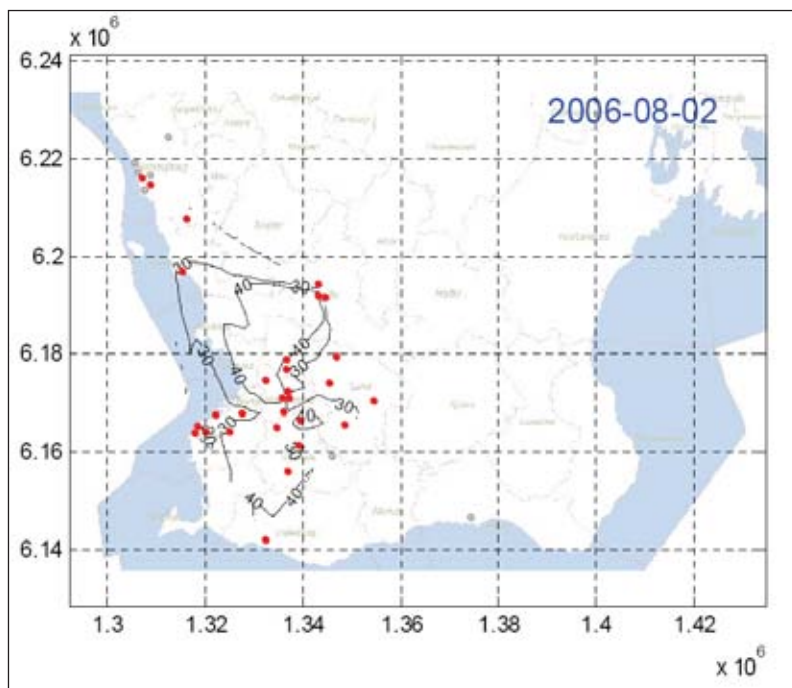
Sammanlagt innebar det att det utan större ansträngning och systematik gick att samla in data från 36 stationer i 9 kommuner i västra Skåne. Som deltagare i projektet fanns data redan tillgängliga från Malmö och Helsingborg. Dessutom kunde data från följande kommuner, med varierande antal stationer och varaktighet, inkluderas: Svedala, Lund, Eslöv, Ystad, Landskrona, Trelleborg och Staffanstorps. Vissa av data kom från tillfälliga kampanjmätningar, men de flesta från fasta kommunala stationsplaceringar. Vissa data existerade bara som summerade dygnsvärden i driftövervakningssystem. Data med större upplösning, vanligen 1- eller 5-minutervärden, hade "fallit över kanten" efter ett antal månader.

Lokaliseringen framgår av karta enligt Figur 5-18. Den areella upplösningen och, för de flesta mätpunkterna, tidsupplösningen på denna informationsmängd överträffar vad SMHI kan erbjuda. Inom de aktuella kommunerna har SMHI sammanlagt 13 aktiva nederbördsstationer, då som regel med nederbörden som dygnsvärde. I fortsättningen redovisas ett antal exempel på extrema regndygn och regnförlopp under somrarna 2006 och 2007.



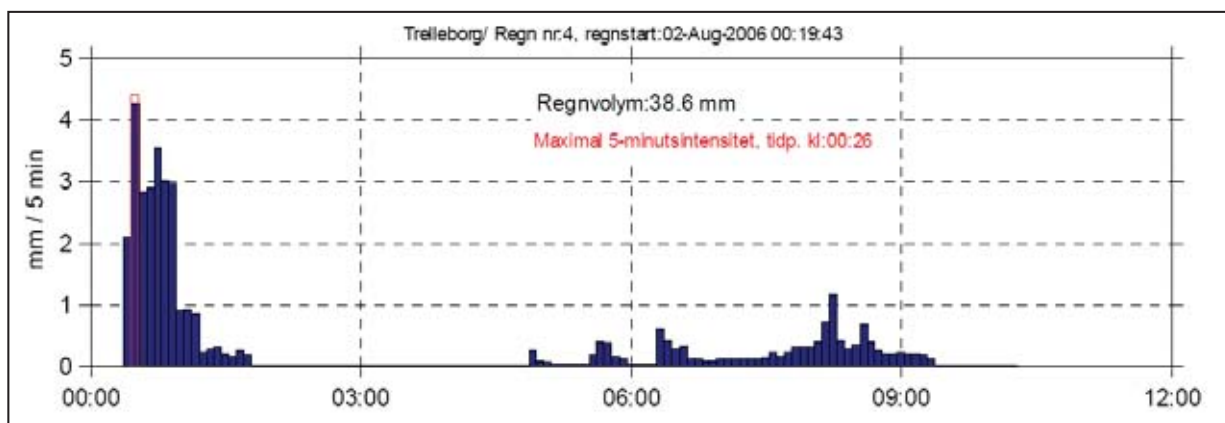
Figur 5-18 Stationsplacering för insamlade regndata i Västra Skåne.

2006-08-02



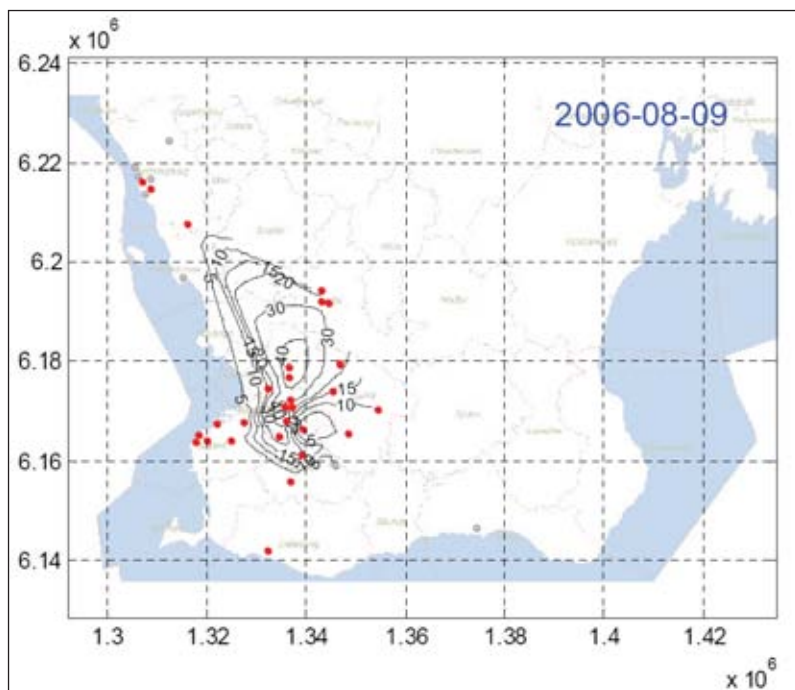
Figur 5-19 Registrerad dygnsnederbörd för ett antal stationer i västra Skåne under kalenderdygnet 2006-08-02. Stationer där det saknas data är gråmarkerade. Skalan på rutnätet i bilden är 20 x 20 km.

Störst dygnsmängd registrerades i Staffanstorp, Hjörup_APU4 (47 mm), Staffanstorp_APU2 (44,8 mm), Klågerup (Svedala) 42,4 mm, Eslövs stadshus (46,2 mm) samt Trelleborg (42 mm). Regnförloppet illustreras av data från Trelleborg, se Figur 5-21. Regnets återkomsttid är ca 9 år m.a.p. 40–50 minutersregn.



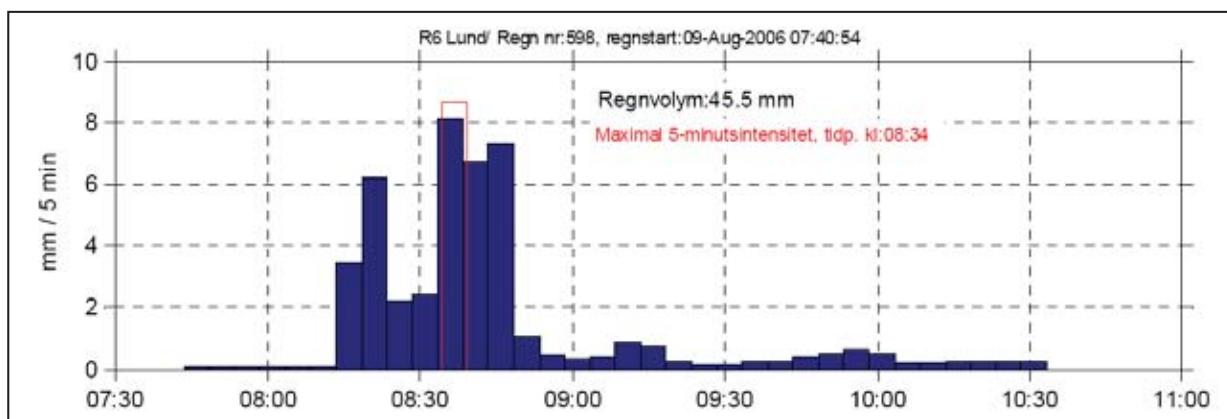
Figur 5-20 Registrerat nederbördsförlopp i Trelleborg den 2/8 2006.

2006-08-09



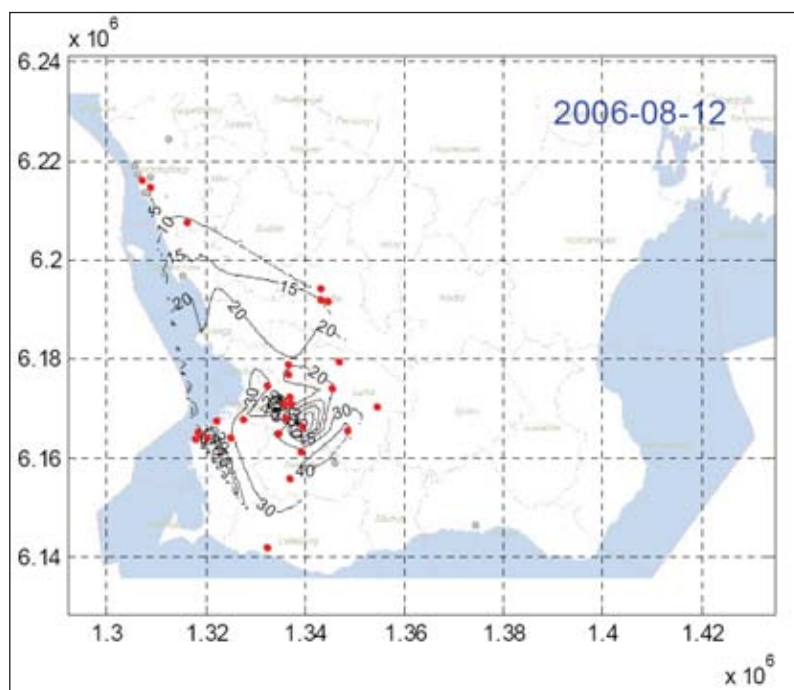
Figur 5-21 Registrerad dygnsnederbörd för ett antal stationer i västra Skåne under kalenderdygnet 2006-08-09. Stationer där det saknas data är gråmarkerade. Skalan på rutnätet i bilden är 20 x 20 km.

De största regnvolymer registrerades i APU 2 Staffanstorp (48,2 mm), Lund_R1 (43,5 mm) respektive Lund_R6 (45,5 mm). Exempel på regnförloppet är hämtat från Lund_R6, Figur 5-22. Det föll 38 mm under 40 minuter, vilket svarar mot en återkomsttid på drygt 40 år.



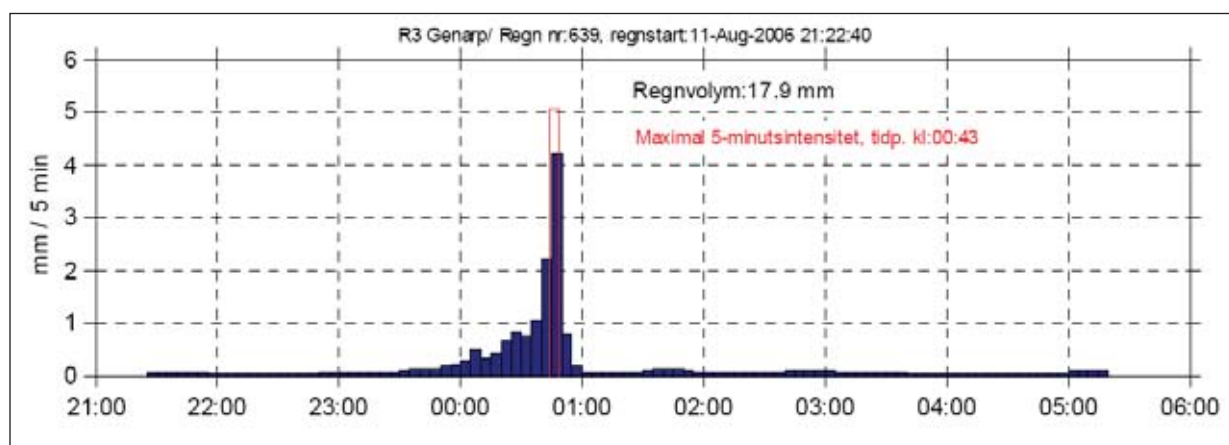
Figur 5-22 Registrerat nederbördsförlopp i station R6_Lund den 9/8 2006.

2006-08-12

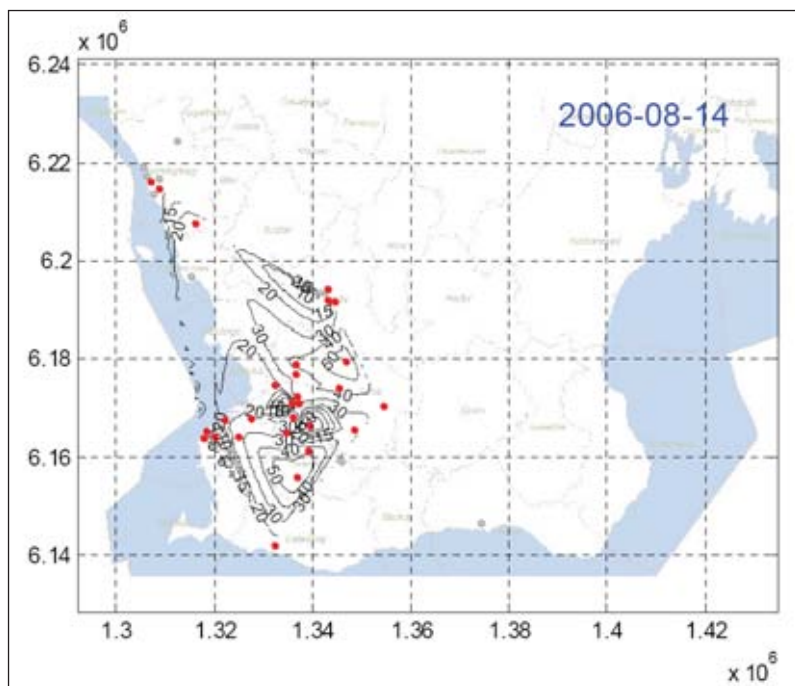


Figur 5-23 Registrerad dygnsnederbörd för ett antal stationer i västra Skåne under kalenderdygnet 2006-08-12. Stationer där det saknas data är gråmarkerade. Skalan på rutnätet i bilden är 20 x 20 km.

41,1 mm registrerades i Genarp (Lund), 39,4 mm i Grevie-APU3 (Stafanstorps). Exemplet på regnförlopp i Figur 5-24 är från Genarp. Där föll två regn samma dygn med volymerna 17,9 respektive 25,5 mm. På bilden visas det första, med en återkomsttid för varaktigheterna 10–60 minuter på ca 1 år. 5-minutersintensiteten innebär högre återkomsttid, ca 1,6 år.

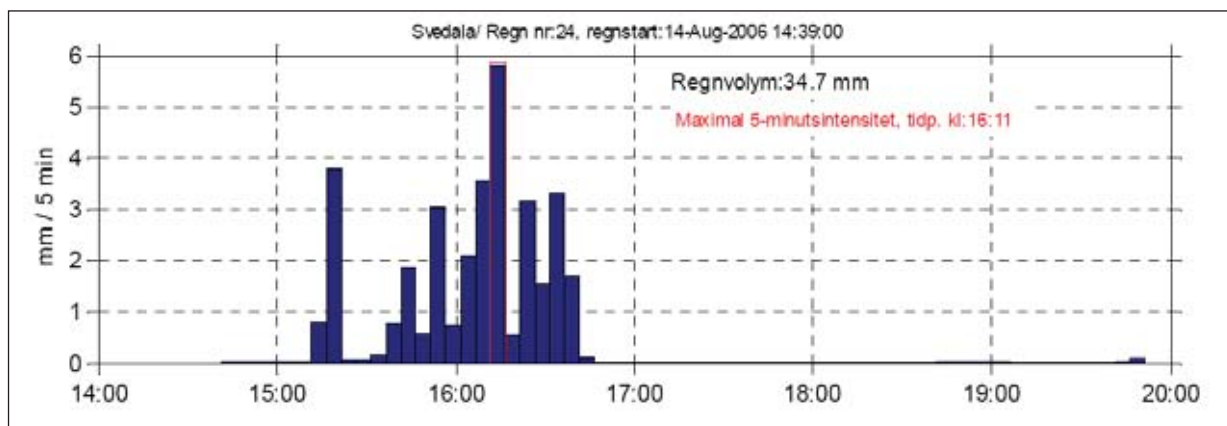


Figur 5-24 Registrerat nederbördsförlopp i Genarp, Lund den 11–12/8 2006.



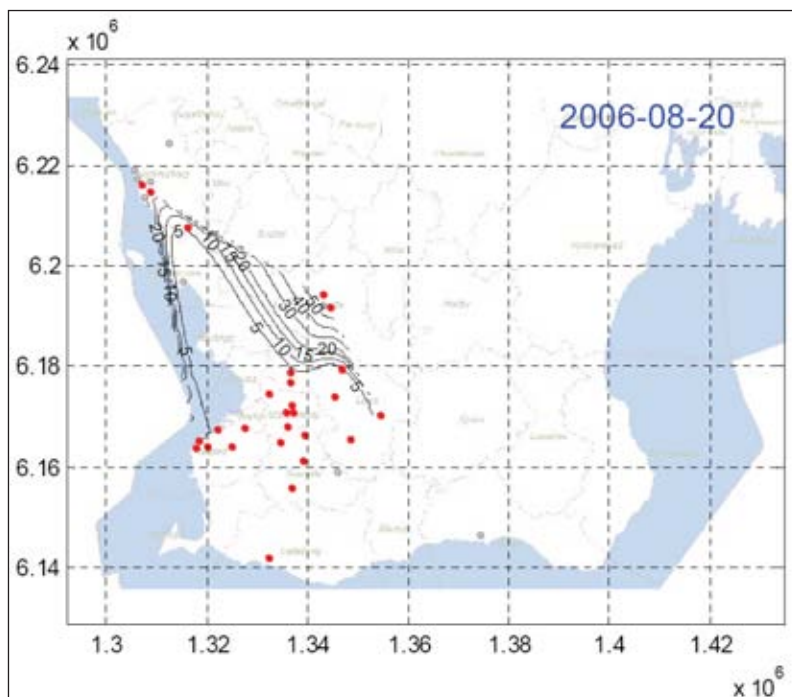
Figur 5-25 Registrerad dygnsnederbörd för ett antal stationer i västra Skåne under kalenderdygnet 2006-08-14. Stationer där det saknas data är gråmarkerade. Skalan på rutnätet i bilden är 20 x 20 km.

56,1 mm registrerades som dygnsvolym vid Svedala reningsverk, 46,7 mm vid Holmeja (Svedala), 41,2 mm vid Lund R1 och 42,6 mm vid Lund Dalby. Exemplet på regnförlopp i Figur 5-26 kommer från Svedala reningsverk och innebär ca 15 års återkomststid map. 90-minutersintensiteten.



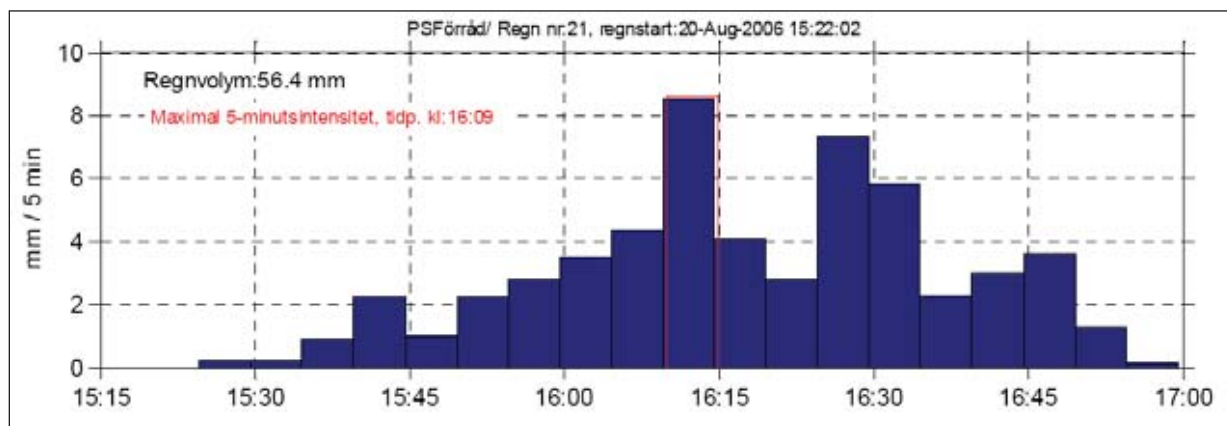
Figur 5-26 Registrerat nederbördsförlopp vid Svedala reningsverk den 14/8 2006.

2006-08-20

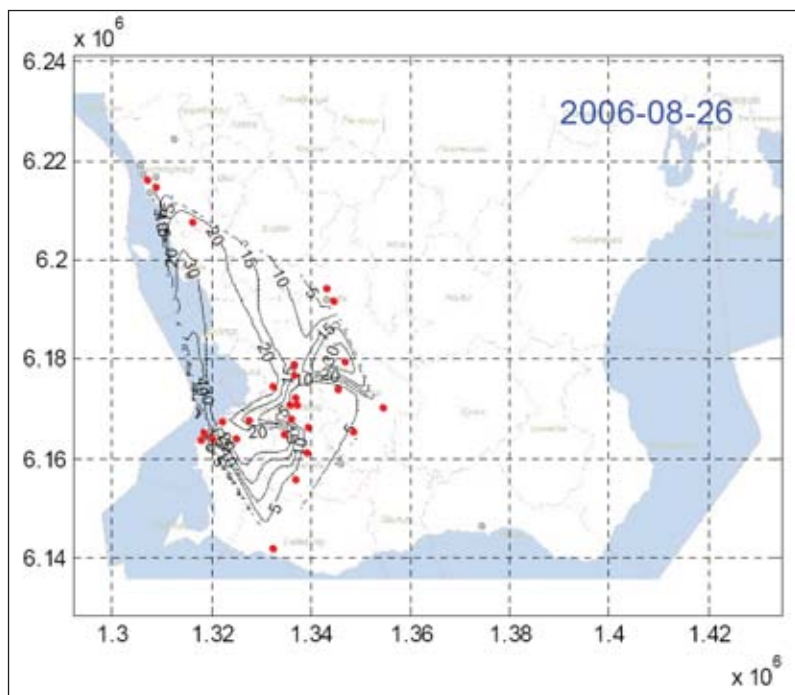


Figur 5-27 Registrerad dygnsnederbörd för ett antal stationer i västra Skåne under kalenderdygnet 2006-08-20. Stationer där det saknas data är gråmarkerade. Skalan på rutnätet i bilden är 20 x 20 km.

Betydande dygnsvolymen under detta dygn registrerades bara (av här kända mätpunkter) i två tillfälliga mätstationer i Eslöv (Rönneberga 59,8 mm och Maskinvägen 60,6 mm) samt för en station i Helsingborg, Bendzgatan (21 mm). Regnförloppet i Figur 5-28 kommer från mätpunkten i Maskinvägen. Huvuddelen av regnet (50,7 mm) föll under 60 minuter. Detta innebär formellt en återkomsttid på 78 år.

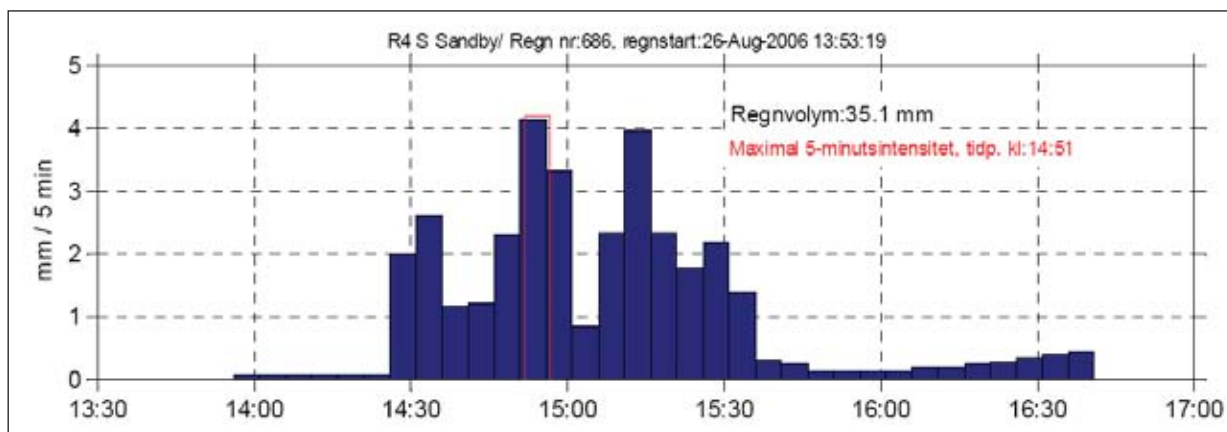


Figur 5-28 Registrerat nederbördsförlopp i Eslöv, Maskinvägen den 20/8 2006.



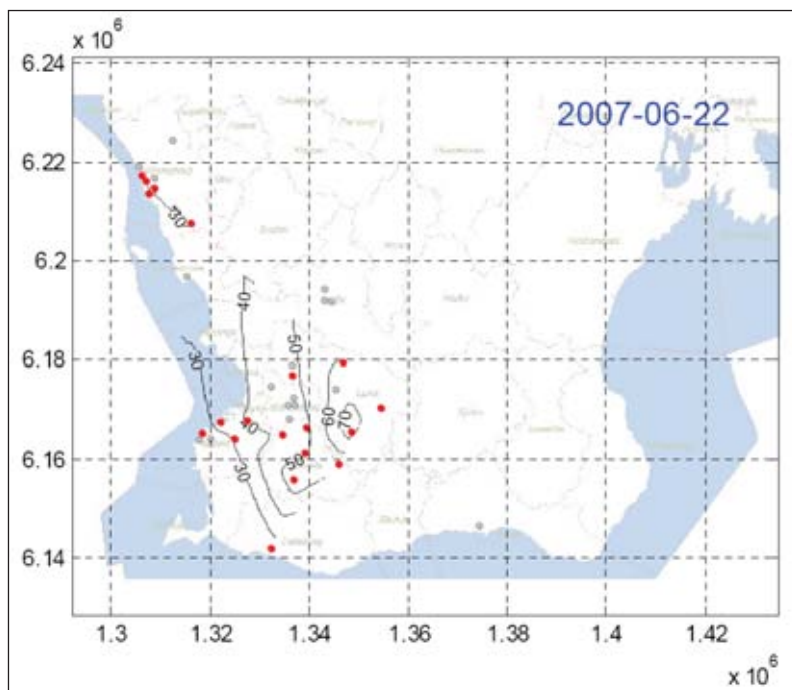
Figur 5-29 Registrerad dygnsnederbörd för ett antal stationer i västra Skåne under kalenderdygnet 2006-08-26. Stationer där det saknas data är gråmarkerade. Skalan på rutnätet i bilden är 20 x 20 km.

Regndata från Malmö för detta dygn redovisas i detalj i avsnitt 5.4. Av tillgängliga data registrerades störst dygnsvolym (45,4 mm) i Limhamn, Malmö. Data i Figur 5-30 har hämtats från Lund/Södra Sandby med en registrerad dygnsvolym på 35,5 mm. Förloppet innebär ca 12-årsregn för 60 minuters varaktighet.



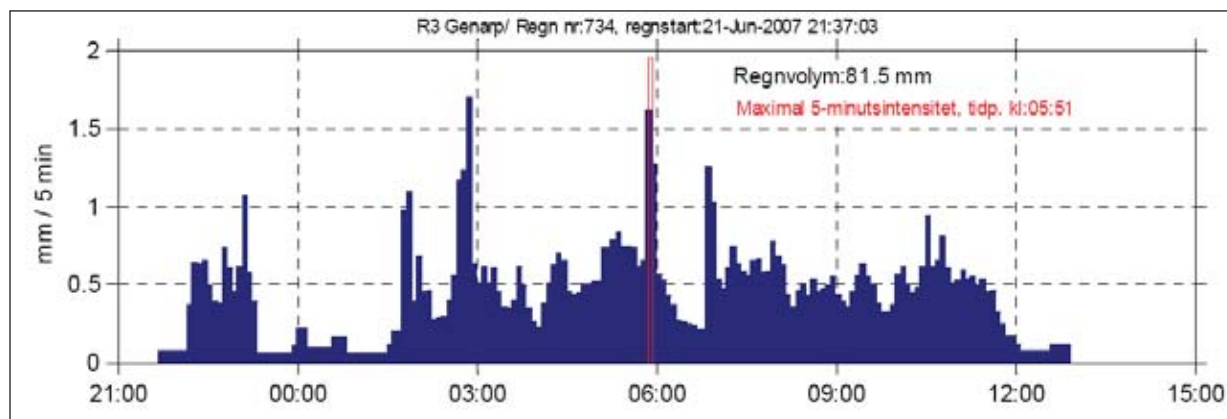
Figur 5-30 Registrerat nederbördsförlöpp i Lund/Södra Sandby den 26/8 2006.

2007-06-22

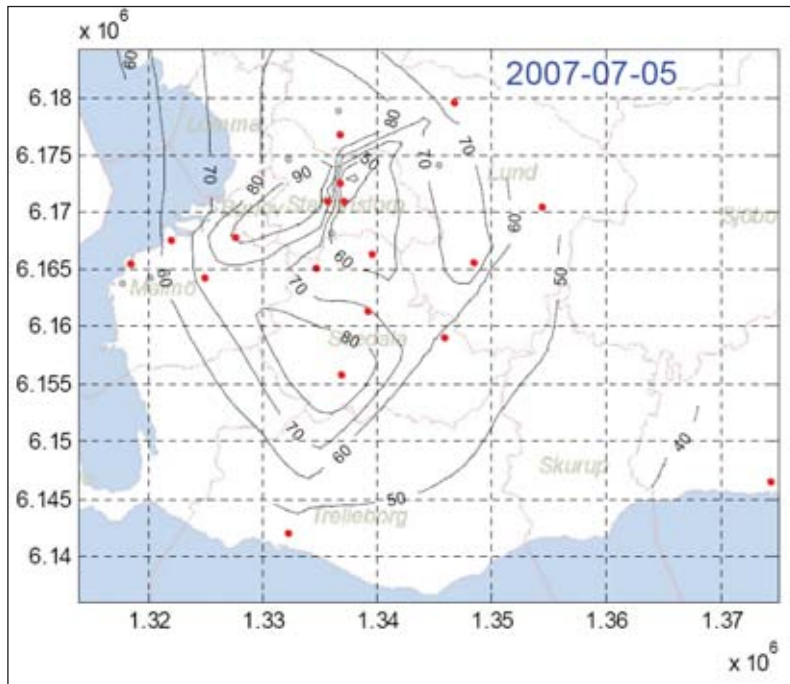


Figur 5-31 Registrerad dygnsnederbörd för ett antal stationer i västra Skåne under kalenderdygnet 2007-06-22. Stationer där det saknas data är gråmarkerade. Skalan på rutnätet i bilden är 20 x 20 km.

För kalenderdygnet registrerades 72,3 mm i Lund/Genarp. Regnet var relativt lågintensivt men mycket volymrikt, se Figur 5-32.

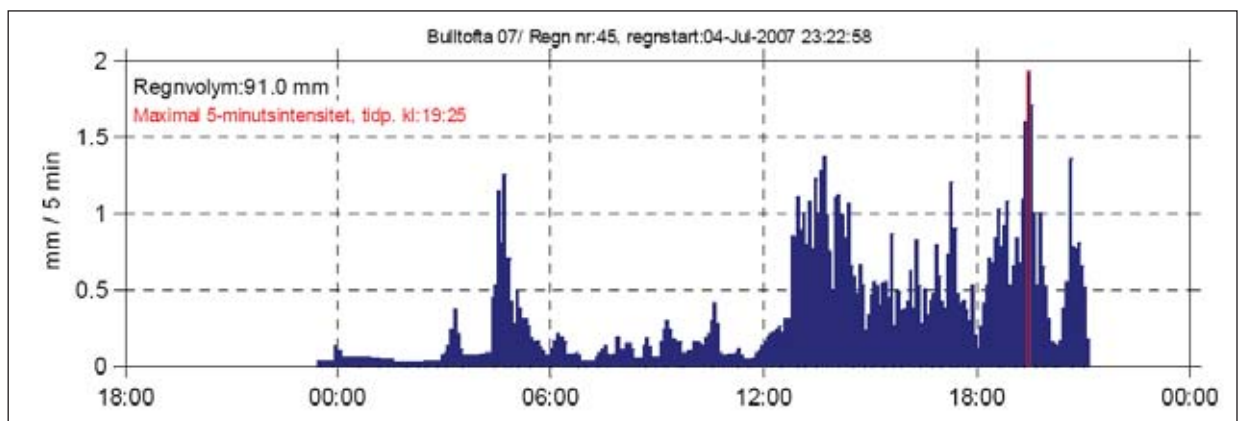


Figur 5-32 Registrerat nederbördsförlopp i Genarp, Lund den 21-22/6 2007.



Figur 5-33 Registrerad dygnsnederbörd för ett antal stationer i västra Skåne under kalenderdygnet 2007-07-05. Stationer där det saknas data är gråmarkerade.

Mycket stora regnvolym registrerades under detta dygn relativt jämnt fördelat över hela Skåne. Som mest (här nämns bara dygnsvolym >80 mm!) registrerades 90,8 mm i Malmö/Bulltofta, 87,2 mm vid Svedala reningsverk, 87,8 mm i Lund_R6 samt 88,4 mm vid Staffanstorp APU2. Trots att nederbördstillfället var mycket volymrikt, ger utvärdering av varaktighet upp till 2 timmar endast återkomsttider på ca 2 år. För längre varaktigheter blir det annorlunda. En dygnsvolym på omkring 90 mm innebär en återkomsttid av storleksordningen 50 år.



Figur 5-34 Registrerat nederbördsförlopp i Bulltofta, Malmö den 4-5/7 2007.

6. Rörelse (riktning och hastighet) hos häftiga regn

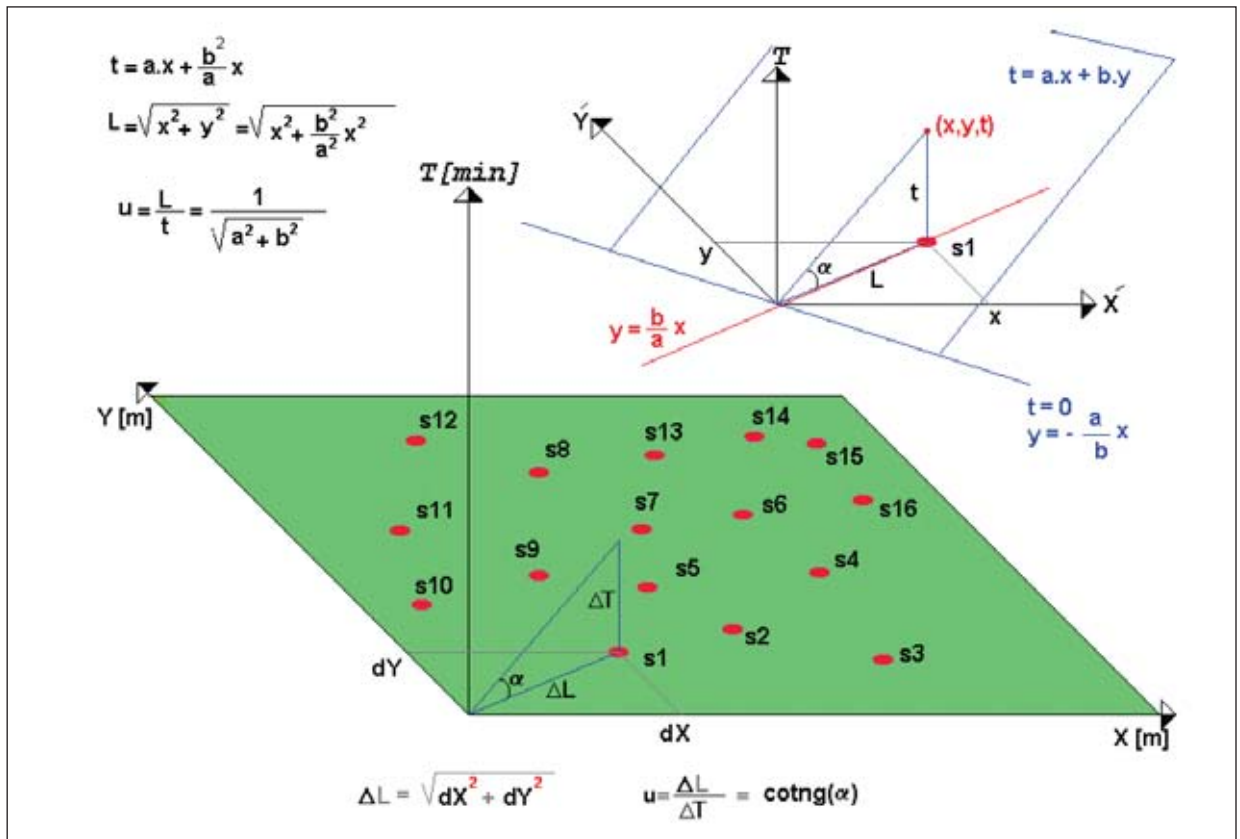
6.1 Inledning

Niemczynowicz (1984) visade att information om regntillfällens rörelse är möjligt att extrahera ur en uppsättning data från ett nätverk av punktmätningar. Om observationsnätet är tillräckligt tätt och tidsupplösningen på observationerna är tillräckligt god, kan regnrörelser extraheras från regndata genom en enkel procedur. Det aktuella observationsnätet bestod av 12 nederbördsstationer inom drygt 25 km² i Lund. 400 regntillfällen analyserades motsvarande 3 års data. Typiska rörelsehastigheter var ca 10 m/s, med en förhärskande riktning från väst/nordväst förutom under sommaren. Då var den förhärskande rörelseriktningen från syd-syd-väst. Regnintensiteten var högre och rörelsehastigheten lägre jämfört med året i övrigt.

Vilken betydelse kan kännedom om rörelsemönster för häftiga regn ha för VA-sektorn, mera specifikt: vid dimensionering av dagvattenpaverkade ledningssystem? Den vanliga typen av belastningsregn (typregn eller uppmätta verkliga regnserier) vid dimensioneringsberäkningar, brukar bestå av samma regnförlopp som får belasta olika delar av ledningssystemet samtidigt. Man kan dock teoretiskt tänka sig fall – sällsynta fall, det medges – då en rörelse hos regnet antingen kan försämra eller förbättra situationen jämfört med om regnet inträffar samtidigt inom hela avrinningsområdet. Den första förutsättningen för detta är att ledningssystemet har en utsträckning i en riktning som överväger, av typen transportledning. Om regnet rör sig i samma riktning som vattentransporten i avloppssystemet och med samma hastighet som vattnet (någon eller några meter per sekund) kommer situationen i ledningssystemet successivt att förvärras (jämfört med ett ”stillastående” regn) ju längre nedströms man kommer. Resultatet blir omvänt, situationen förbättras, om regnets rörelseriktning är motsatt vattenhastigheten. Om regnet rör sig tvärs/vinkelrätt mot ledningen är situationen oförändrad jämfört med det ”stillastående” regnet.

6.2 Teori

Alied (2004) beskriver olika metodik för bestämning av rörelse hos regntillfällen i samband med utveckling av en programvara som heter RainGen. Den metod som Niemczynowicz använde kallar Alied ”geometrisk metod”. För att förklara begreppen i fortsättningen används en figur enligt Alied (2004), se Figur 6-1.



Figur 6-1 Begrepp och beteckningar vid bestämning av rörelse och hastighet för regntillfällen. Från Alied (2004).

Om man känner tidpunkten för något karakteristiskt (ex. maxintensitet, tyngdpunkt) inom ett regntillfälle i tre mätpunkter (en s.k. triad) kan man bestämma läget för ett plan i en tredimensionell rymd som består av tiden som vertikal axel och de ordinarie x- och y-koordinaterna som de övriga två axlarna. Planets läge bestäms av ekvationen:

$$ax + by + c = t \quad \dots 6-1$$

där c är en relativ tidskonstant.

För varje trekombination av data kan man sätta upp ett ekvationssystem bestående av tre linjära ekvationer:

$$ax_i + by_i + c = t_i \quad \dots 6-2$$

$$i = 1, 2, 3$$

eller i matrisform:

$$S \times R = T \quad \dots 6-3$$

$$S = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots 6-4$$

$$T = \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{bmatrix} \quad \dots 6-5$$

$$R = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} \quad \dots 6-6$$

Ekvationssystemet (koefficienterna i vektorn R: a, b, c) kan t.ex. lösas genom Matlab-kommandot:

$$R = S \backslash T \quad \dots 6-7$$

Om vi i ekvation 5-1 sätter $(t - c) = 0$, erhålls ekvationen för en linje med samhörande värden för x och y med konstant (godtycklig) tidpunkt:

$$y = -\frac{a}{b} \cdot x \quad \dots 6-8$$

Den sökta riktningen på regnet är vinkelrät gentemot denna riktning, dvs. med ekvationen:

$$y = \frac{b}{a} \cdot x \quad \dots 6-9$$

Vinkelriktningen, mätt i radianer, i x-y-planet motsols från x-axeln blir då⁵:

$$\theta = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) \quad \dots 6-10$$

Rörelsehastigheten, u (m/s) kan härledas till:

$$u = \left(\frac{1}{\sqrt{(a^2 + b^2)}} \right) \quad \dots 6-11$$

Varje trekombination av stationsdata ger alltså en uppskattning av riktning och hastighet. Antalet möjliga trekombinationer, m, i en datauppsättning med n st. stationer beskrivs av ekvationen:

$$m = \binom{n}{3} = \frac{n!}{(n-3)! \cdot 3!} \quad \dots 6-12$$

$$n! = n(n-1)(n-2) \dots 2 \cdot 1$$

Kombinationsmöjligheterna stiger snabbt med totalantalet stationer. I Tabell 6-1 ges några exempel på några uträknade värden enligt ekvation 5-12. Vid ett stort antal 3-kombinationer kan en stor spridning i beräkningsresultat uppkomma av olika skäl. Ett sätt att väga samman resultatet kan då vara att summera hastighetskomponenterna i x- res-

⁵ Det är lite mer komplicerat än så. Vi måste använda en funktion som i Matlab heter atan2 (i Excel: arctan2), som håller reda på i vilken kvadrant vi befinner oss. Det som beskrivits ovan gäller förenklat enbart för vinklar i första kvadranten, där både a och b är positiva.

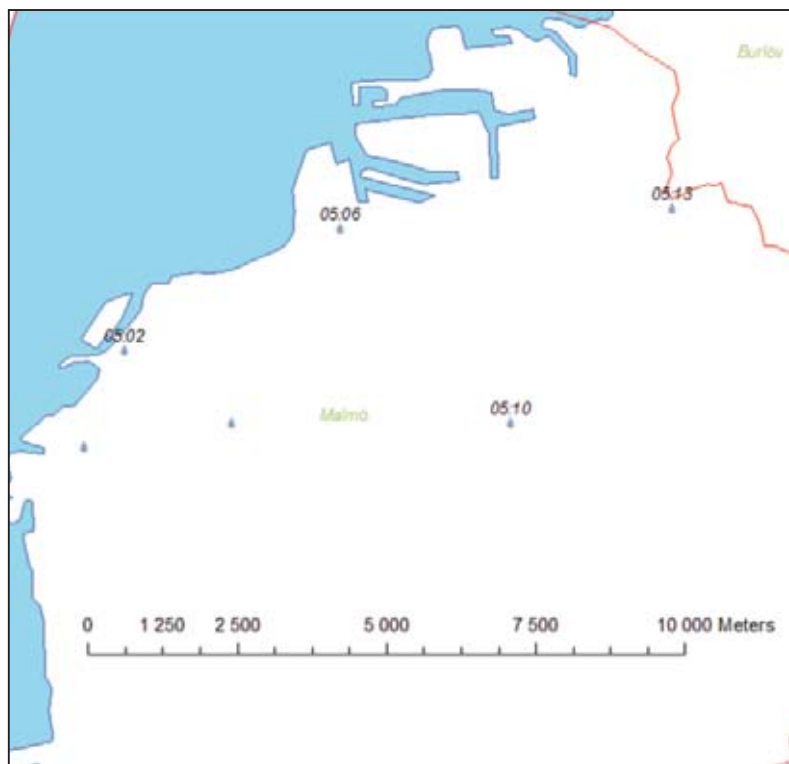
pektive y-riktningen och bilda ett medelvärde. Ett annat sätt att undvika att starkt avvikande värden får betydelse, är att som sammanvägt resultat använda medianvärden för hastighetsvektorerna.

Tabell 6-1 Antal möjliga tre-kombinationer beroende på totalt antal stationer

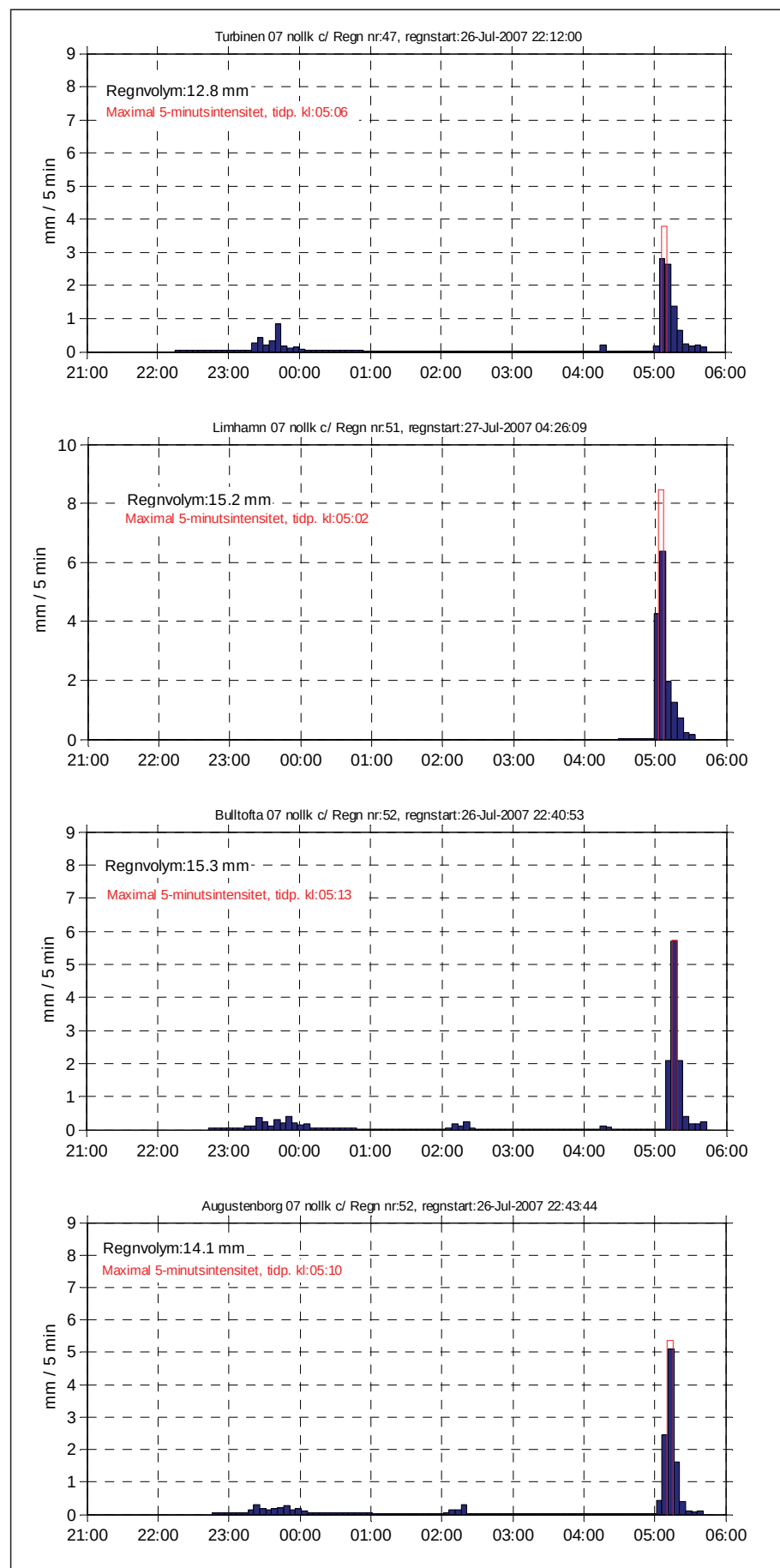
Antal stationer	Antal möjliga 3-kombinationer
3	1
4	4
5	10
10	120
20	1 140

6.3 Ett regntillfälle i Malmö

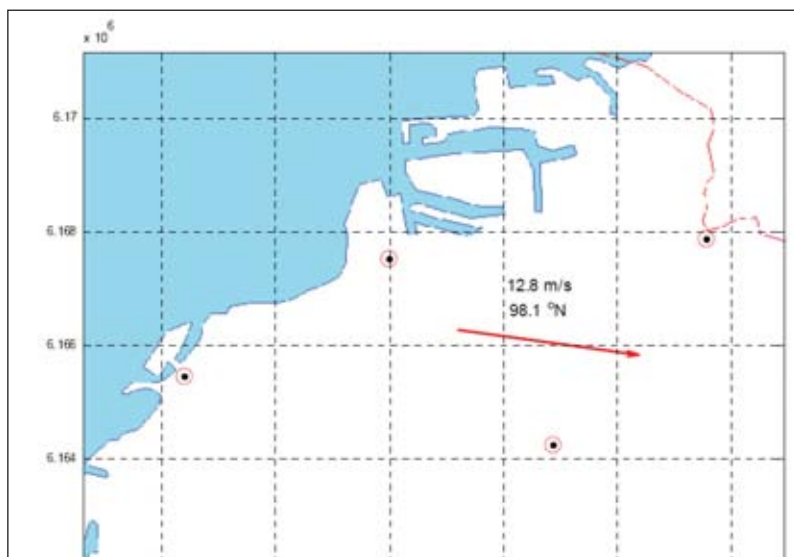
Som exempel på en enkel bestämning av hastighet och riktning har ett regntillfälle som registrerades den 27/7 2007 i Malmö valts. Vid tillfället fanns 4 regnmätare i drift med registrerat förlopp enligt Figur 6-3. Som karakteristiska tidpunkter har här valts tidpunkten för maximal 5-minutersintensitet. Tidpunkterna är införda på en kartbild i Figur 6-2 tillsammans med mätpunkternas geografiska läge. Med 4 mätpunkter blir antalet 3-kombinationer 4 st. enligt Tabell 6-1. Bedömd hastighet varierar från 10,6 till 13,8 m/s, och riktningen från 90 till 115° N som kompassriktning, grader medsols räknat från norr. I Figur 6-4 har medianvärden för resp. storhet införts.



Figur 6-2 Tidpunkt för maximal 5-minutersintensitet den 27/7 2007 i fyra olika nederbördsräknare i Malmö (två stationer saknar data) och stationernas geografiska läge.



Figur 6-3 Regnförlopp den 27/7 2007 registrerat i fyra regnmätare inom Malmö.



Figur 6-4 Resultat av bestämning av hastighet och riktning för regntillfälle enligt Figur 6-2. Riktningen anges som kompassriktning, grader medsols räknat från norr.

6.4 Statistisk analys av större datamängder.

6.4.1 Inledning – metodik

Teorin för att bestämma rörelseriktning och hastighet enligt avsnitt 0 och 6.3 kan tyckas enkel och rättfram för enskilda regntillfällen, men tillämpat på en stor mängd kontinuerliga data kan en rad komplikationer tillkomma, som påverkar resultatet.

För det första måste man förutsätta att klockorna på respektive mätplats är synkroniserade. Att detta är fallet ligger nära till hands att förmoda, om data samlats in via ett gemensamt driftövervakningssystem. Om datainsamlingen sker genom manuell tömning av individuella loggers kan synkroniseringen vara mindre god. Ingen närmare undersökning av detta har gjorts, annat än att de som levererat data tillfrågats om deras bedömningar. I fortsättningen förutsetts att data är "felfria" i detta avseende. Ett speciellt problem är också en eventuell omställning mellan vinter- och sommartid, och om denna sker synkroniserat.

Beräkningen görs per regntillfälle och då får man bestämma sig för "vad" hos regnet som rör sig. Här har valts tidpunkten för regnets tyngdpunkt uträknad som läget för masscentrum. Niemczynowicz (1984) använde minuten med maximal nederbördsintensitet. Båda metoderna kan ge förvirrande resultat om t.ex. regntillfället innehåller flera intensitetsmaxima. Det har här inte funnits utrymme att detaljgranska enskilda regnförlopp för att avgöra sådana förhållanden, och då bedömdes läget av tyngdpunkten möjligen vara tillräckligt robust för att ge rimliga resultat i en automatiserad beräkning.

Ett "regntillfälle" uppträder till sin varaktighet med säkerhet inte identiskt på olika platser. Det kan till och med saknas helt inom vissa delområden, eller vara uppdelat i flera deltillfällen. Analysen gick därför till så, att data för en tidsperiod från en "masterstation" valdes ut med tidpunkter för regnstart och regnslut i en lista med regntillfäl-

len, bestämda utifrån en regndefinition. Denna lista matchades mot motsvarande data från andra deltagande stationer, dels för att avgöra om det fanns ett motsvarande regn inom (mitt i varaktigheten för) masterstationens regn, och dels för att eventuellt justera tidpunkten för regnstart respektive regnslut.

Masscentrum för varje slutlig regnvaraktighet (nu var varaktigheten densamma för samtliga inblandade regndata) bestämdes på de högupplösta grunddata omformade till 30 sek ekvidistanta intensitetsvärden. "Saknat värde", dvs. inget regn noterades också.

För varje trekombination och regn bestämdes hastighetsvektorerna enligt avsnitt 0. Som regnets rörelsehastighet valdes medianvärdet för alla trekombinationernas hastighet uträknad enligt ekvation 5-11. Uppskattningen av rörelseriktningen för regnet baserades på medianvärdet för hastighetsvektorernas komponent i x- respektive y-led. Beräkningen av medianvärdena utfördes, av naturliga skäl, på de värden som inte var "saknade". Om det bara existerade ett värde (resultat från 1 trekombination) uppfattades det också som "saknat".

Det som redovisas här är endast avsett som demonstration av resultat som kan komma ut ur en analys med en viss vald teknik beskriven enligt ovan. En mängd olika varianter på den är tänkbara och olika möjligheter till "förfining". Det ska sägas att bakom redovisade resultat finns en stor spridning (som inte redovisas här) men författaren har ändå bedömt de kan vara av intresse att föra fram.

6.4.2 Exempel från Jönköping

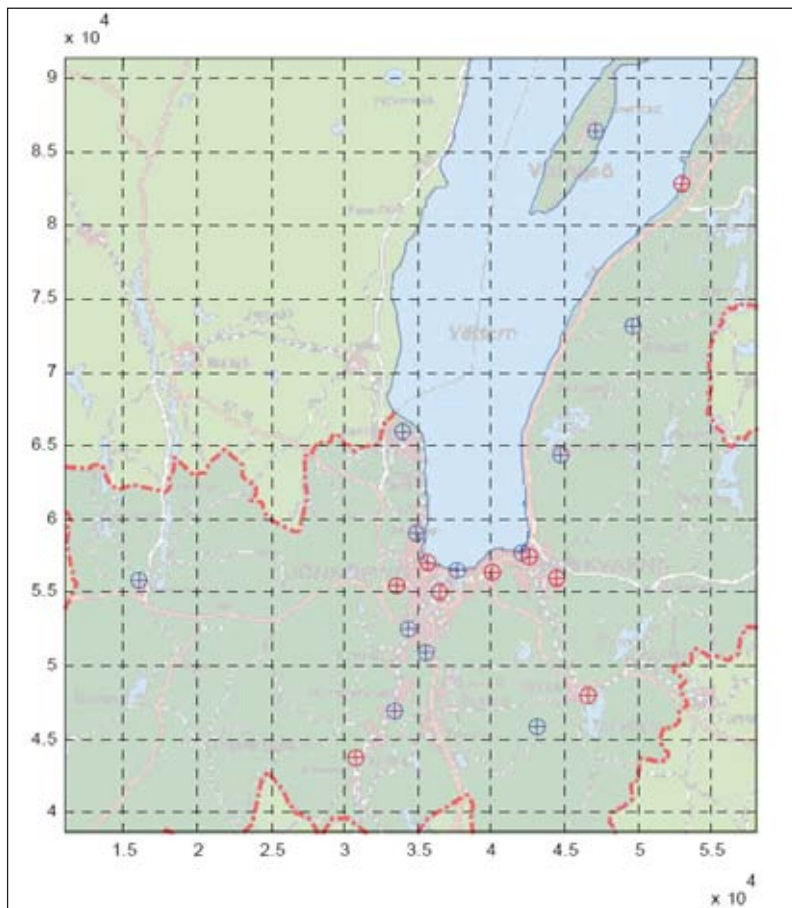
Regndata från 9 stationer utnyttjades vid beräkningen. Lokaliseringen av stationerna framgår av Figur 6-5. De kontinuerliga data omfattade perioden 28/9 1995 – 17/9 2006. Urvalet av beräkningsperiod och stationsdata styrdes av, förutom av tillgång på trovärdiga och avbrottsfria data, en lämplig placering i rummet. Bearbetningen begränsades till att gälla regntillfällen som i data för den styrande stationen ("masterdata" – här data från Simsholmen) hade en totalvolym större än 4 mm.

Totalt bearbetades data från 464 regntillfällen från hela perioden. Med 9 stationer är antalet möjliga trekombinationer 84 st. per regntillfälle. 30 450 kunde utvärderas för den aktuella perioden. Det borde ha varit knappt 39 000 om det funnits data vid samtliga jämförelser.

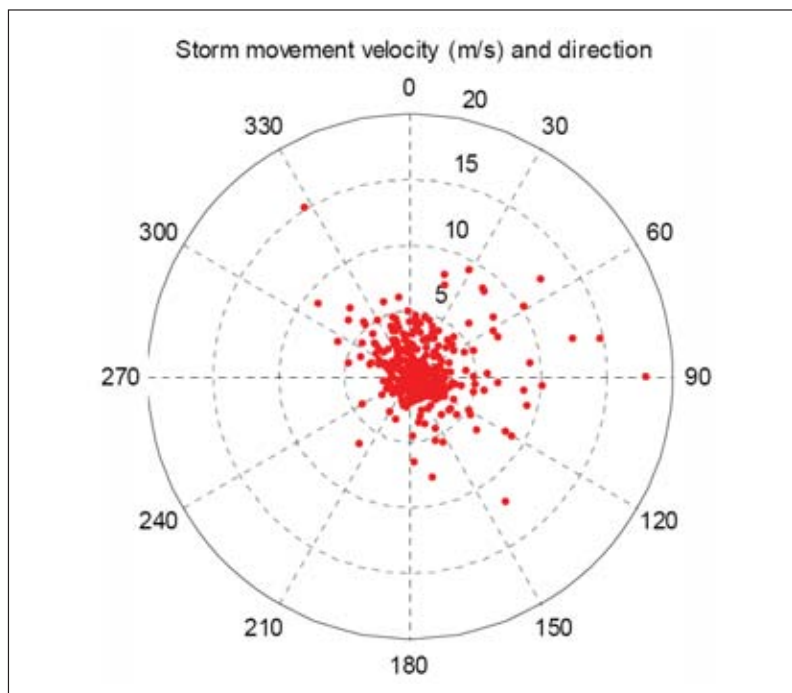
Det betyder att i omkring 20 % av fallen det inte fanns något matchande regntillfälle som fullbordade triaden, dvs. regn vid en station men inte vid ytterligare en och/eller den sista stationen i den aktuella trekombinationen.

Resultatet visas i polära koordinater enligt Figur 6-6. Den aktuella hastigheten är avsatt som radie och riktningen (riktning "mot", inte "från") som vinkelvärde längs cirkeln med angivet gradtal räknat motsols från norr.

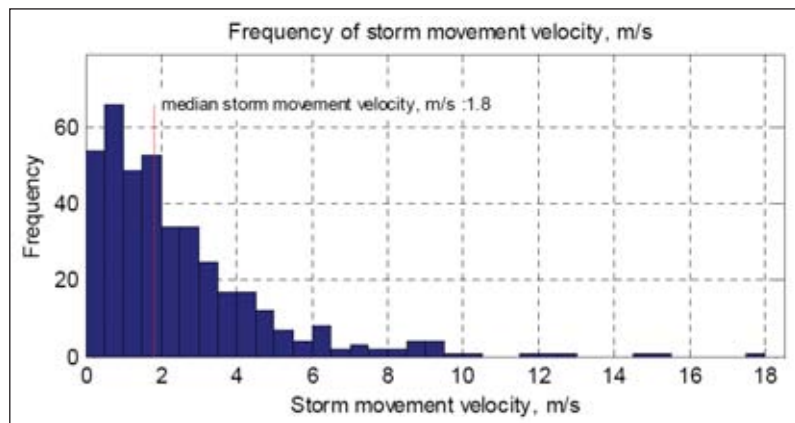
Den dominerande riktningen är mot sydost (räknat på antal, oberoende av storlek). Fördelningen av bedömd hastighet framgår av Figur 6-10. Medianhastigheten uppskattades till 1,8 m/s.



Figur 6-5 Lokalisering (markerat med röda symboler) för de nederbördsstationer i Jönköping som bidragit med regndata för uppskattning av rörelsemönster under perioden 1995–2006. Skalan på rutnätet i bilden är 5 x 5 km.

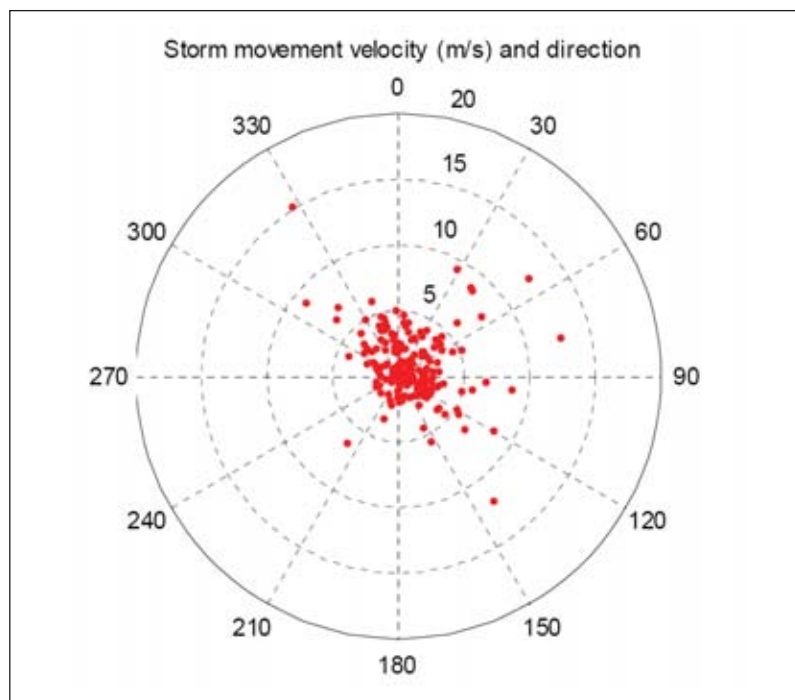


Figur 6-6 Hastighet (m/s) och rörelseriktning för 464 regntillfällen i Jönköping under perioden 1995–2006 bestämda utifrån regndata från 9 stationer. Regnурval: större än 4 mm, hela året.

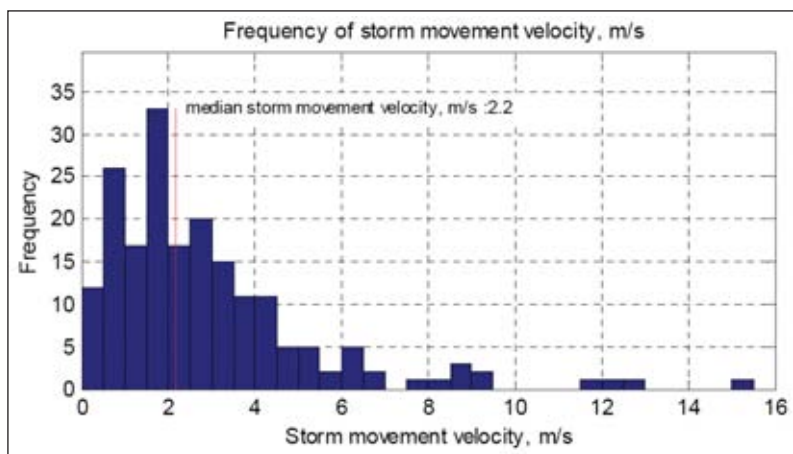


Figur 6-7 Fördelning av bedömd rörelsehastighet (antal per hastighetsintervall) för 464 regntillfällen i Jönköping under perioden 1995–2006 bestämd utifrån regndata från 9 stationer. Regnurval: större än 4 mm, hela året.

I Figur 6-8 och Figur 6-9 redovisas motsvarande resultat för en delmängd av data, dvs. för regn som inträffar sommartid, juni-september (225 regntillfällen). Rörelsehastigheten är något högre, medianvärde 2,2 m/s och den dominerande rörelseriktningen något mera obestämmd, mot ostsydost men även nordost och nordnordväst.



Figur 6-8 Hastighet (m/s) och rörelseriktning för 225 regntillfällen i Jönköping under perioden 1995–2006 bestämda utifrån regndata från 9 stationer. Regnurval: större än 4 mm, månaderna juni-september.

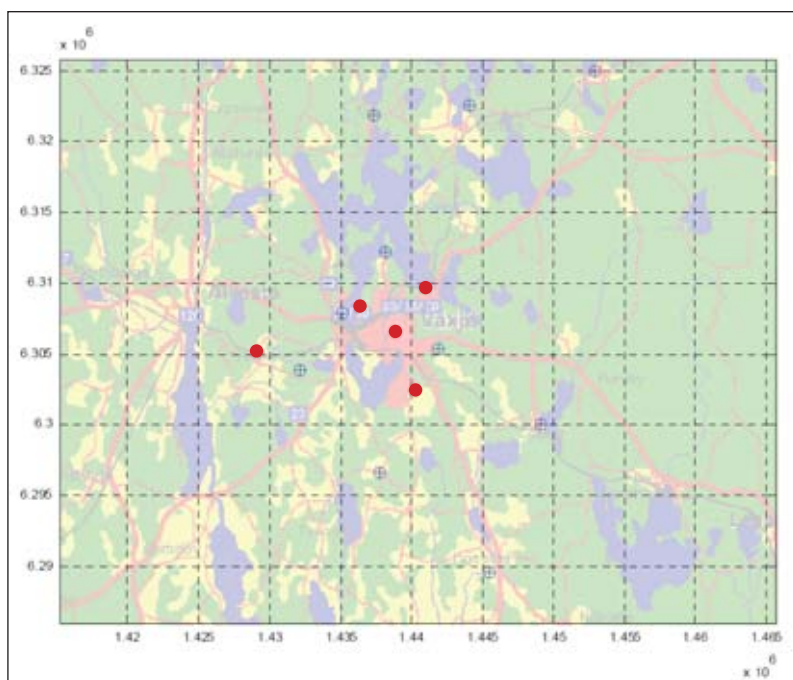


Figur 6-9 Fördelning av bedömd rörelsehastighet (antal per hastighetsintervall) för 225 regntillfällen i Jönköping under perioden 1995–2006 bestämd utifrån regndata från 9 stationer. Regnurval: större än 4 mm, månaderna juni-september.

6.4.3 Exempel från Växjö

För tillämpning på data från Växjö valdes perioden 17/5 2001 till 1/3 2007 med nederbördsregistreringar från 6 stationer. Stationernas belägenhet framgår av Figur 6-10. Antalet regntillfällen med totalvolym större än 4 mm var 285 st. för den aktuella perioden.

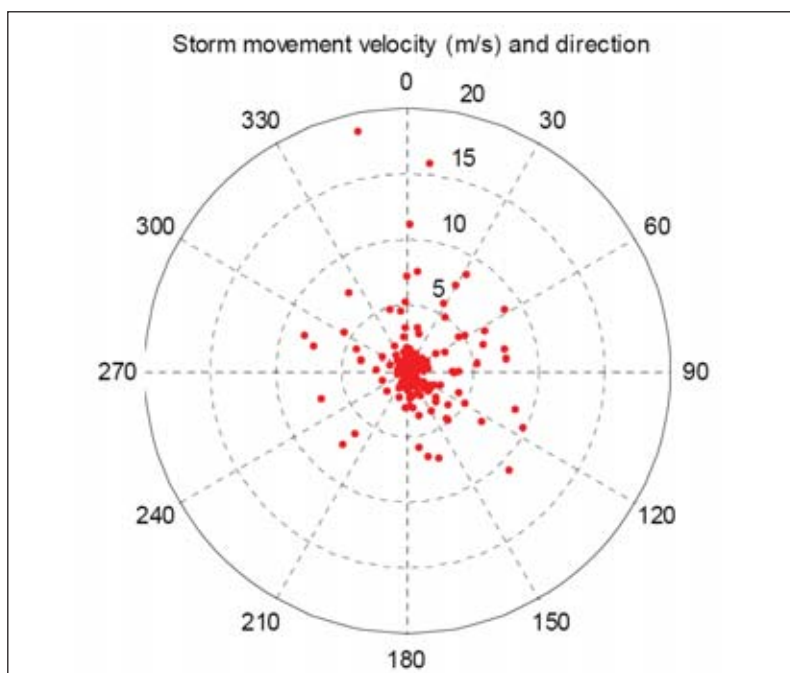
Resultatet visas i polära koordinater enligt Figur 6-11. Den aktuella hastigheten är avsatt som radie och riktningen som vinkelvärde längs cirkeln med angivet gradtal räknat motsols från norr.



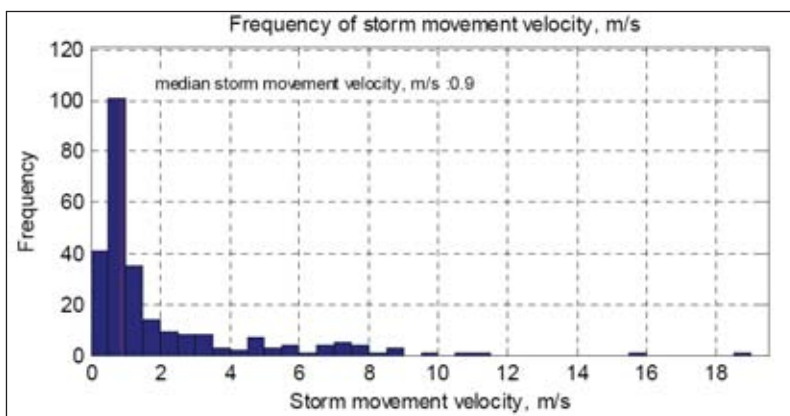
Figur 6-10 Lokalisering (markerat med röda symboler) för de nederbördsstationer i Växjö som bidragit med regndata för uppskattning av rörelsemönster under perioden 2001–2007. Skalan på rutnätet i bilden är 5 x 5 km.

Den dominerande riktningen är mot sydost (räknat på antal, oberoende av storlek). Fördelningen av bedömd hastighet visas i Figur 6-12. Medianhastigheten uppskattades här endast till 0,9 m/s.

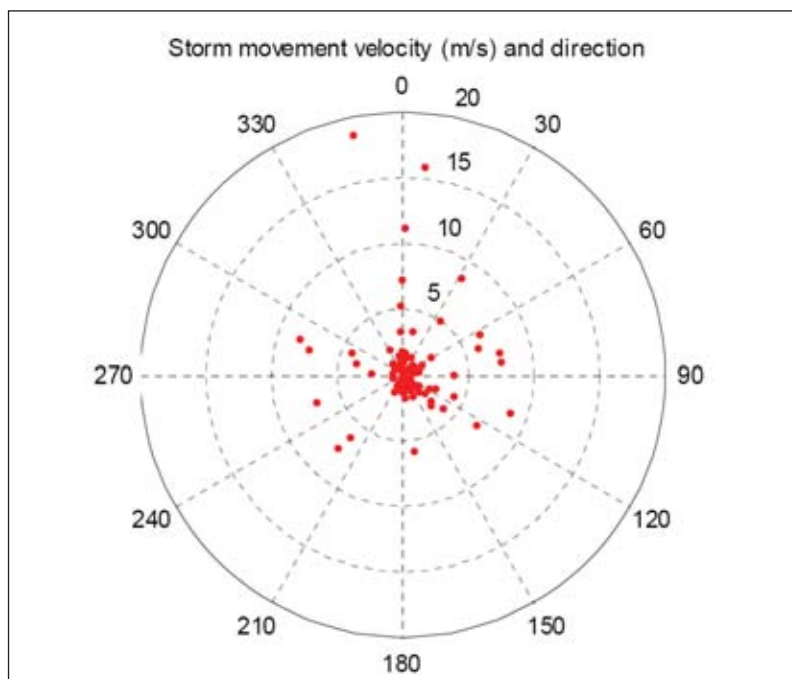
Motsvarande beräkningsresultat för sommarperioden (juni-september) visas i Figur 6-13 och Figur 6-14. Medianhastigheten är något högre, 1,0 m/s. Dominerande riktning är här mot nordnordväst och sydsydost.



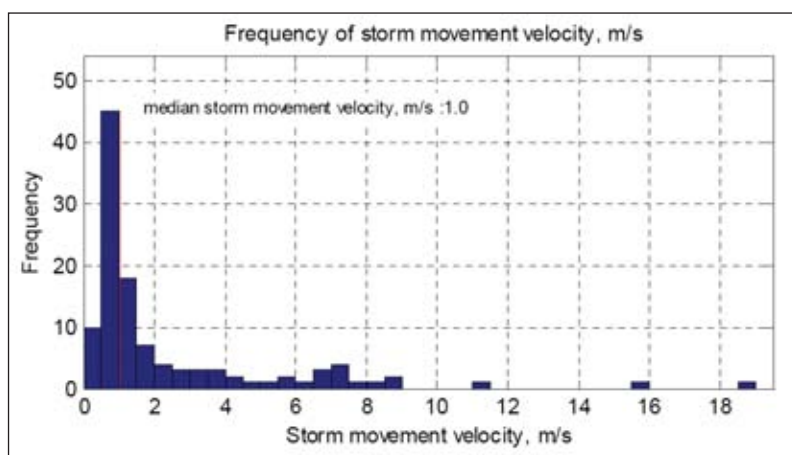
Figur 6-11 Hastighet (m/s) och rörelseriktning för 285 regntillfällen i Växjö under perioden 2001–2007 bestämda utifrån regndata från 5 stationer. Regnurval: större än 4 mm, hela året.



Figur 6-12 Fördelning av bedömd rörelsehastighet (antal per hastighetsintervall) för 285 regntillfällen i Växjö under perioden 2001–2007 bestämd utifrån regndata från 5 stationer. Regnurval: större än 4 mm, hela året.



Figur 6-13 Hastighet (m/s) och rörelseriktning för 127 regntillfällen i Växjö under perioden 2001–2007 bestämda utifrån regndata från 5 stationer. Regnurval: större än 4 mm, månaderna juni–september.



Figur 6-14 Fördelning av bedömd rörelsehastighet (antal per hastighetsintervall) för 127 regntillfällen i Växjö under perioden 2001–2007 bestämd utifrån regndata från 5 stationer. Regnurval: större än 4 mm, månaderna juni–september.

6.4.4 Slutsatser, sammanfattning

Resultat beträffande rörelseriktningar som redovisats här, dels för Jönköpingsdata i avsnitt 6.4.2 och dels för Växjödata i avsnitt 6.4.3, stämmer överens kvalitativt inbördes, likaså erhållen storleksordning på rörelsehastigheten.

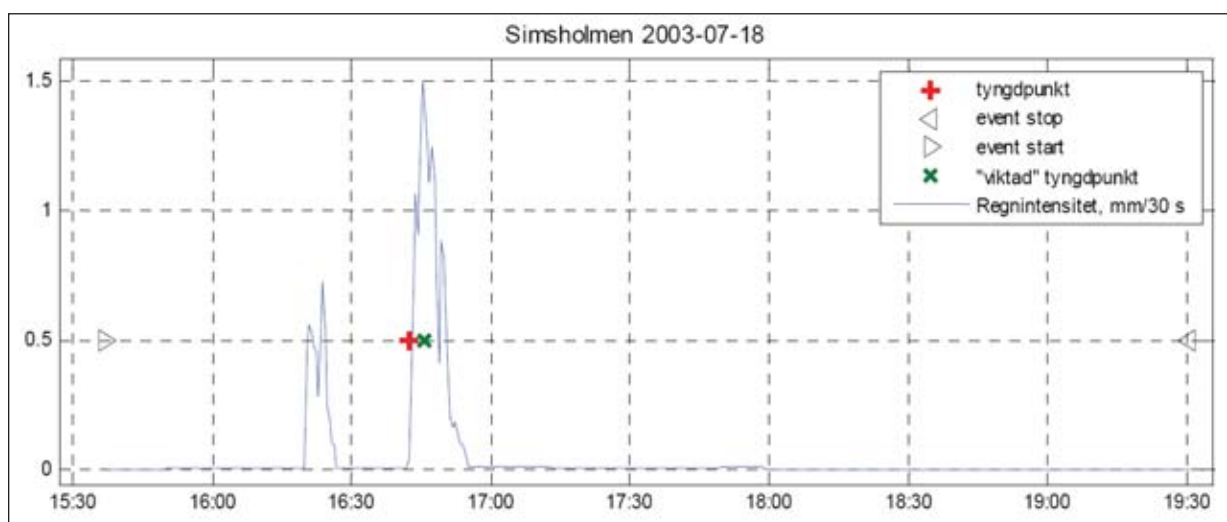
Däremot är den här redovisade uppskattade rörelsehastighet av en helt annan storleksordning (medianvärden omkring 1 m/s) än vad Niemczynowicz kom fram till för nederbördstillfällen i Lund under 1980-talet (medianvärde omkring 10 m/s). Här redovisade resultat är

inte rimliga med avseende på den stora andelen regntillfällen som beräknats till mycket liten rörelsehastighet. Man borde kunna förvänta sig rörelsehastigheter med samma storleksordning som rådande rimliga vindförhållanden.

Delvis kan förklaringen vara att analysmetodiken skiljer sig något, men framförallt att det här handlat om uppskattade rörelse inom avsevärt större arealer, och att den här redovisade analysen inte passar om inte nederbördsfältet är homogent och rör sig likformigt över hela det aktuella området.

Den stora svårigheten har visat sig vara att finna någon karakteristisk storhet som kan markera en tidpunkt på varje plats, och som kan beräknas med "automatik", utan att man ska behöva granska det exakta regnförloppet. Det var en förväntan att tyngdpunktens läge skulle vara ett någorlunda stabilt mått. Figur 6-15 illustrerar problematiken för ett regntillfälle. Data har plottats som regnintensitet, mm/30 s. Regnets varaktighet som är markerad i figuren är bestämd av, inte bara "egna" data, utan också de regnvaraktigheter som finns i data från andra stationer som medtagits i analysen. Tidpunkten för masscentrum, tyngdpunkten, är markerad i figuren. I detta fall kanske man hellre skulle vilja att den karakteristiska tidpunkten hamnade nära intensitetsmaximum, markerad "viktad tyngdpunkt" där, vid tyngdpunktsberäkningen, delmassorna (intensiteterna) getts större tyngd genom att dessa upphöjts till potensen 5. Vad som är generellt "rätt" är inte lätt att säga.

Frågan är alltså vad som rör sig. Inom ett regnfält kan det finnas olika regnceller som rör sig olika eller cirkulerar. Regnet kan ha flera intensitetsmaxima, som förväxlas vid analysen. Regnet kan "uppstå" lokalt genom hävning av från marken uppvärmda luftmassor. Regntypen är naturligtvis central. Det som sagts ovan gäller främst konvektiva regn.⁶ Det är i regel inom denna regntyp vi också finner extremregnen.



Figur 6-15 Illustration av karakterisering av ett regntillfälle uppmätt vid Simsholmen, Jönköping 2003-07-18 – total regnvoly 23 mm.

⁶ Med konvektiv nederbörd menas den situation (vanligen sommartid) då luft värms upp vid markytan, tar upp fukt och stiger uppåt, kyls av och skapar regn.

Regntillfällena i samband med frontpassager, kan naturligtvis sägas ha en riktning och hastighet som är mera väldefinierad.

Det har inom detta projektets ram inte funnits möjlighet att matcha de aktuella regndata mot andra meteorologiska data, som vindförhållanden, frontpassager etc.

Det kan vara så, att om vi talar om arealer av storleksordningen ”en kommun”, det inte är meningsfullt att generellt tala om regntillfällen som ”rör sig”. Redovisningar i andra avsnitt har ju också visat att ”skalan” på ett häftigt regn kan vara avsevärt mindre.



Figur 6-16 Björkö, Göteborgs skärgård. 2008-08-02, kl. 23. Foto: Gunnar Stenström.

7. Vilken regnstatistik "gäller"?

7.1 Inledning

I denna rapport finns regnstatistik/tabelldata publicerade för åtminstone sex orter, där dataunderlaget kan bedömas relativt solitt, baserat på långa tidsserier. Vilka dessa orter är framgår av fortsättningen. Hittills har inte redovisats några ansatser att sammanfatta dessa data i matematisk form, men om man granskar tabellvärdena ser man att de inte skiljer sig så mycket från ort till ort (och även jämfört mellan olika tidsperioder). Hur mycket ska det då skilja, för att vi ska anse att det är en "skillnad" i regnstatistik? Med hänsyn vad som redovisats tidigare i rapporten beträffande osäkerheter i mätdata för t.ex. parallella mätserier från samma plats måste man nog säga att en avvikelse mellan två mätserier inom $\pm 10\%$ inte kan tolkas som någon "avvikelse".

Finns det då regionala skillnader i förekomsten/statistiken för häftiga regn? Detta "faktum" blev fast grundat i VA-Sverige efter publiceringen av Dahlströms rapport år 1979 med regionala Z-värden. 2006 publicerade Hernebring resultat av bearbetningar av regndata från 15 kommuner (VA-Forskrappport 2006-04). Där redovisades delresultat från respektive ort, men även statistik för den samlade datamängden ("Sverigemedel"). Senare år 2006 publicerade Dahlström resultat (VA-Forskrappport 2006-26), där de kommunala data från den förra rapporten var en delmängd, men även data från SMHI:s automatstationer ingick.

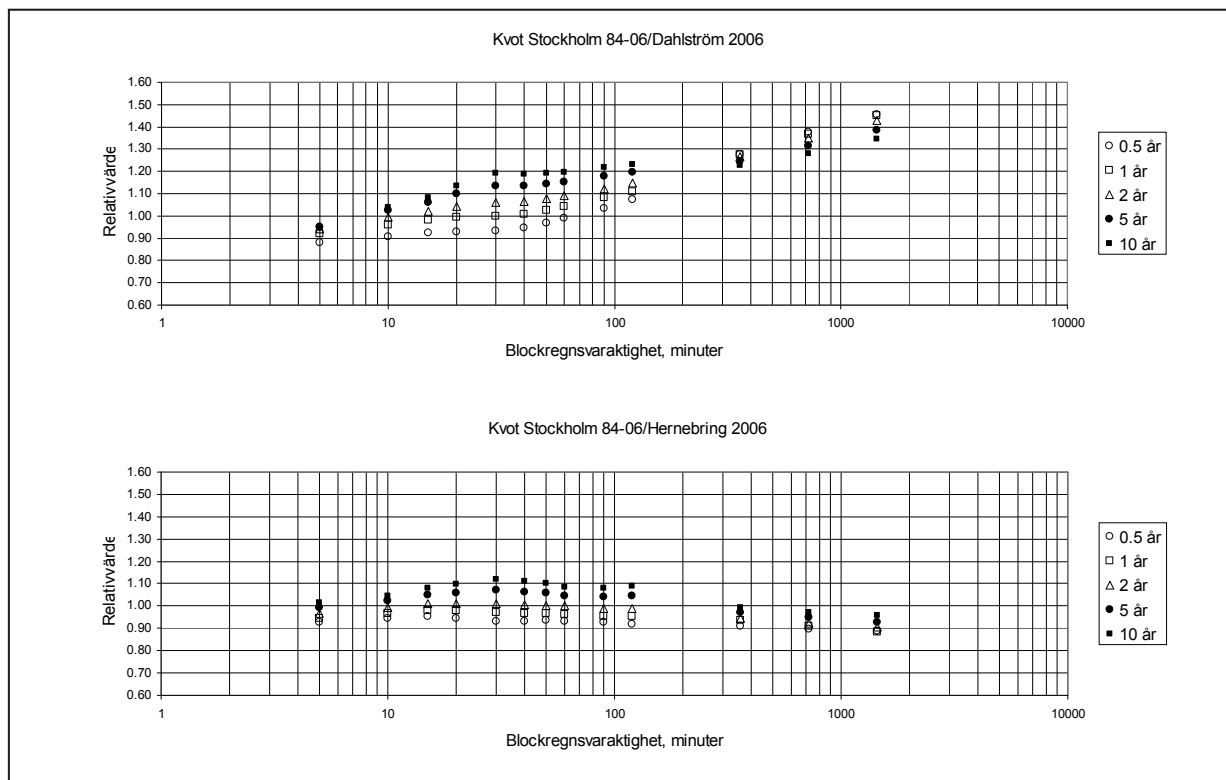
Det som fick VA-Sverige att tappa fotfästet, var att den regionala "Z-ansatsen" som tidigare varit huggen i sten övergavs av Dahlström. Den stämde inte med uppdaterade klimatologiska data. I stället presenterades en (elegant) formel som skulle sammanfatta alla tillgängliga Sverigedata. Det bakomliggande resonemanget skulle vara att häftiga konvektiva regn kan inträffa "var som helst" med samma sannolikhet.

Vi besparar här läsaren från matematiska samband. Dessa kan återfinnas i respektive rapporter. I stället finns i avsnitt 7.3 uträknade tabellvärden för de två varianterna av regnstatistikssamband gällande regnvaraktigheterna 5 minuter – 24 timmar och återkomsttiderna 0,5 – 10 år. Dessa tabellvärden används i det följande som jämförelser (att dividera med) för tabelldata i denna rapport. Referensvärdena benämns "Dahlström 2006" respektive "Hernebring 2006, Sverigemedel".

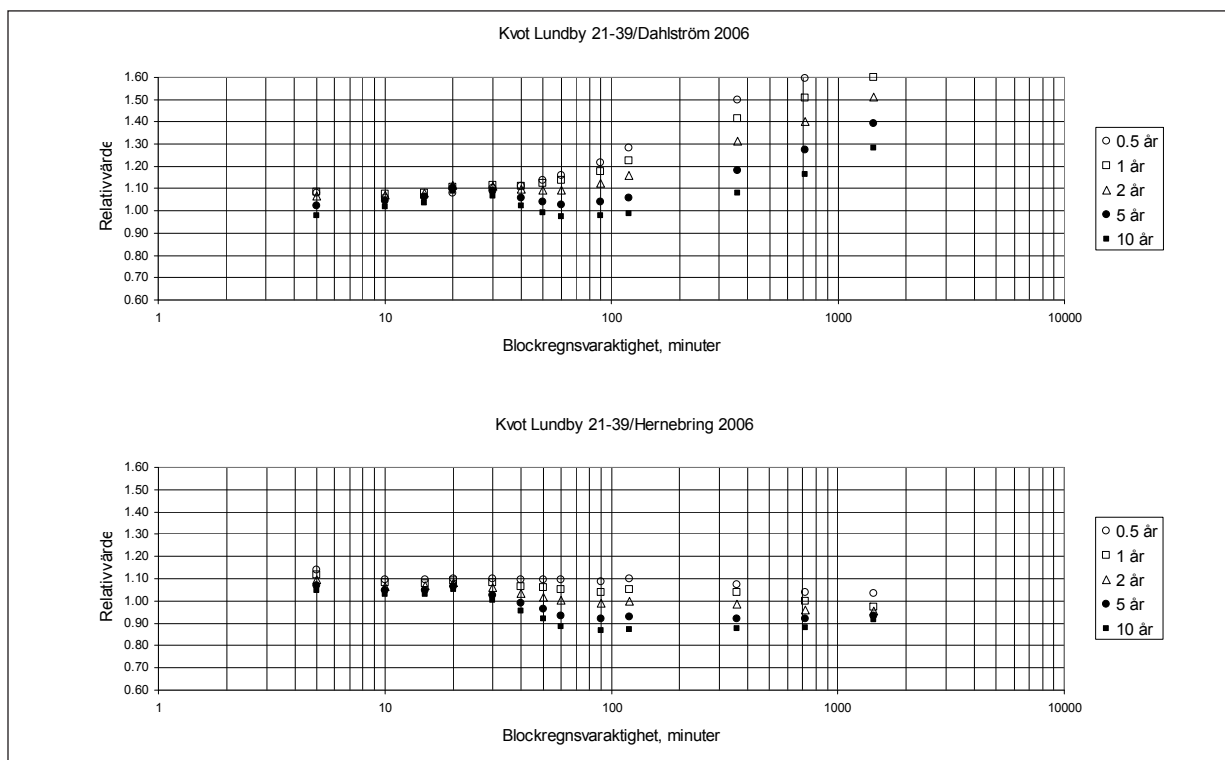
7.2 Statistikjämförelser

I det följande jämförs tidigare i denna rapport tabellerade data för regnstatistik från Stockholm, Göteborg Lundby, Växjö, Jönköping, Malmö och Lund med ovan nämnda generella samband. Jämförelserna gör som kvoter mellan motsvarande tabelldata. En kvot större än 1 betyder alltså att det i de aktuella data återfinns större värden än i de generella sambanden, och mindre än 1 följaktligen: mindre. Generellt kan man säga att Dahlström (2006) tycks underskatta statistiken/intensiteter-

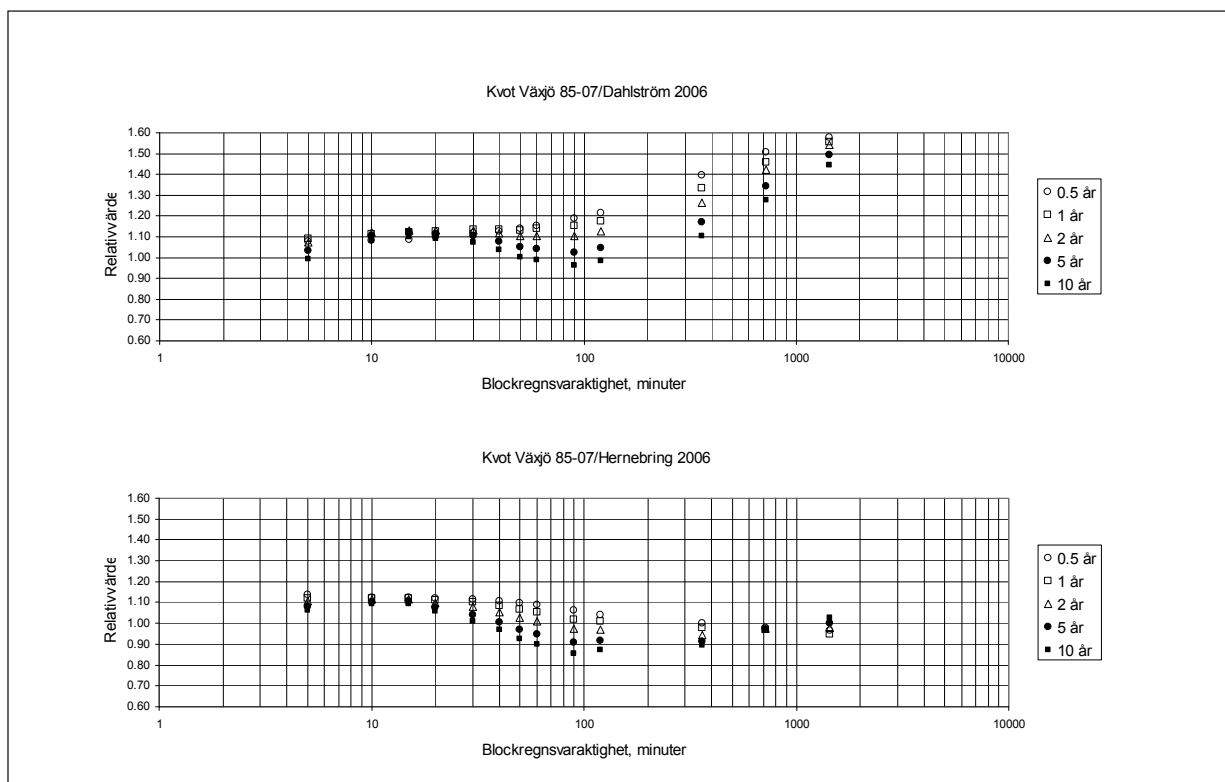
na för längre varaktigheter (höga kvoter för varaktigheterna 6–24 h, 360–1 440 minuter). Påfallande många datapunkter i jämförelse med Hernebring (2006) hamnar i intervallet 0,9–1,1. Sedan kan man diskutera om nivån ”nära 0,89” respektive ”nära 1,1” skulle vara tecken på någon regional skillnad.



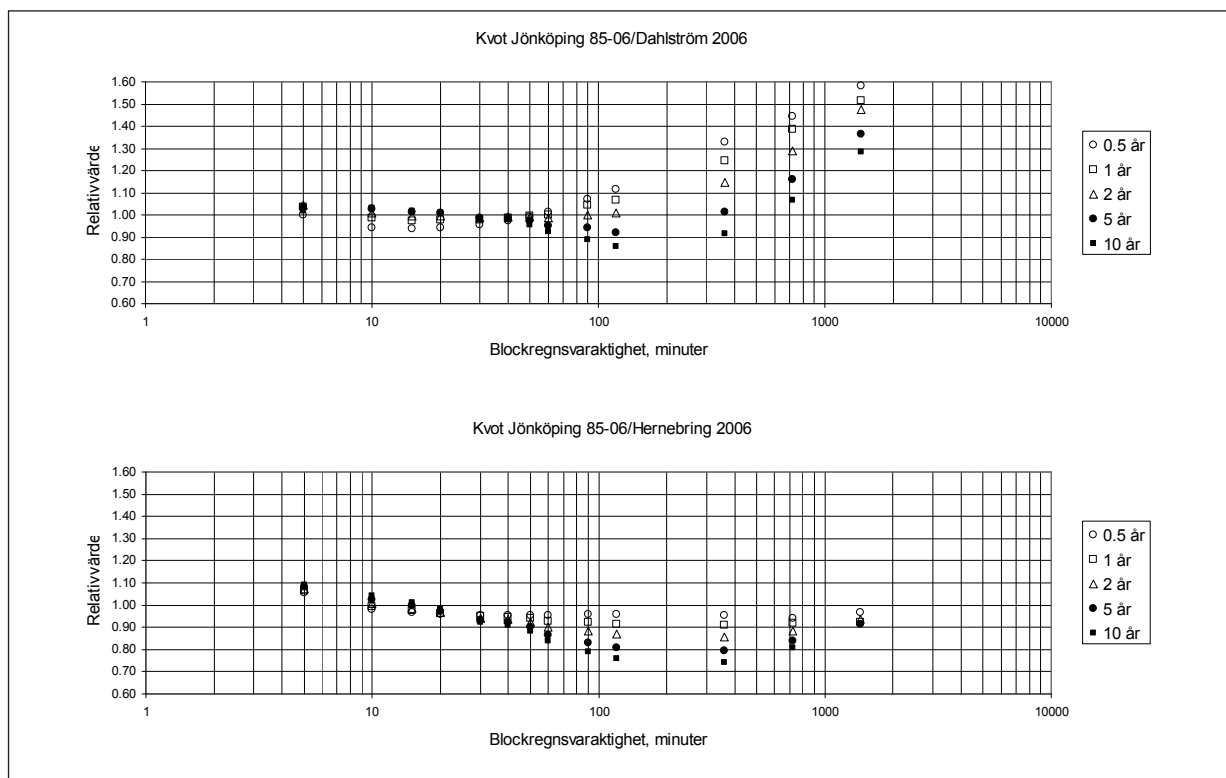
Figur 7-1 Jämförelse (kvot) mellan regnstatistik presenterad i denna rapport (Stockholm 1984–2006, enl Tabell 3-16 och Tabell 3-17) och generella samband enl Dahlström 2006 (överst) respektive Hernebring 2006, ”Sverigemedel”, (nederst). Blockregnsvaraktigheter 5 minuter – 24 timmar. Återkomsttid 0,5–10 år.



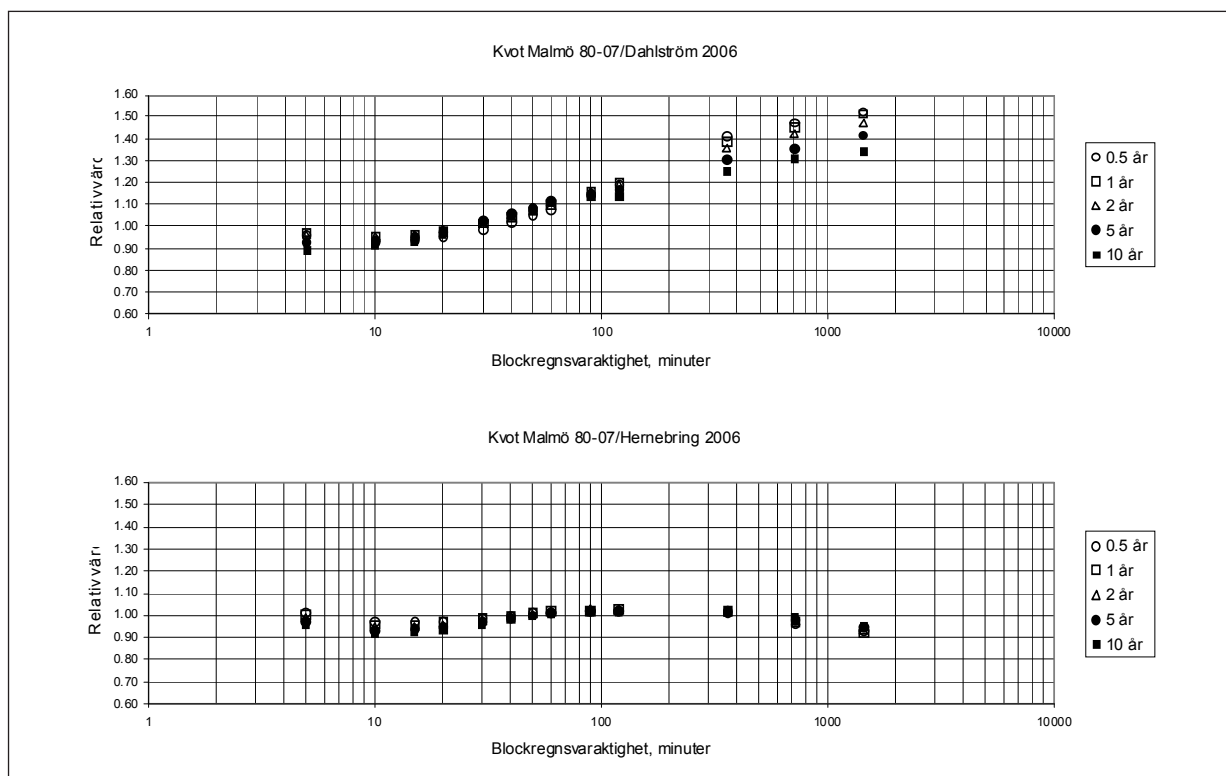
Figur 7-2 Jämförelse (kvot) mellan regnstatistik presenterad i denna rapport (Lundby, Göteborg 1921–39 enl Tabell 3-2 och Tabell 3-3) och generella samband enl Dahlström 2006 (överst) respektive Hernebring 2006, "Sverigemedel", (nederst). Blockregnsvaraktigheter 5 minuter – 24 timmar. Återkomsttid 0,5–10 år.



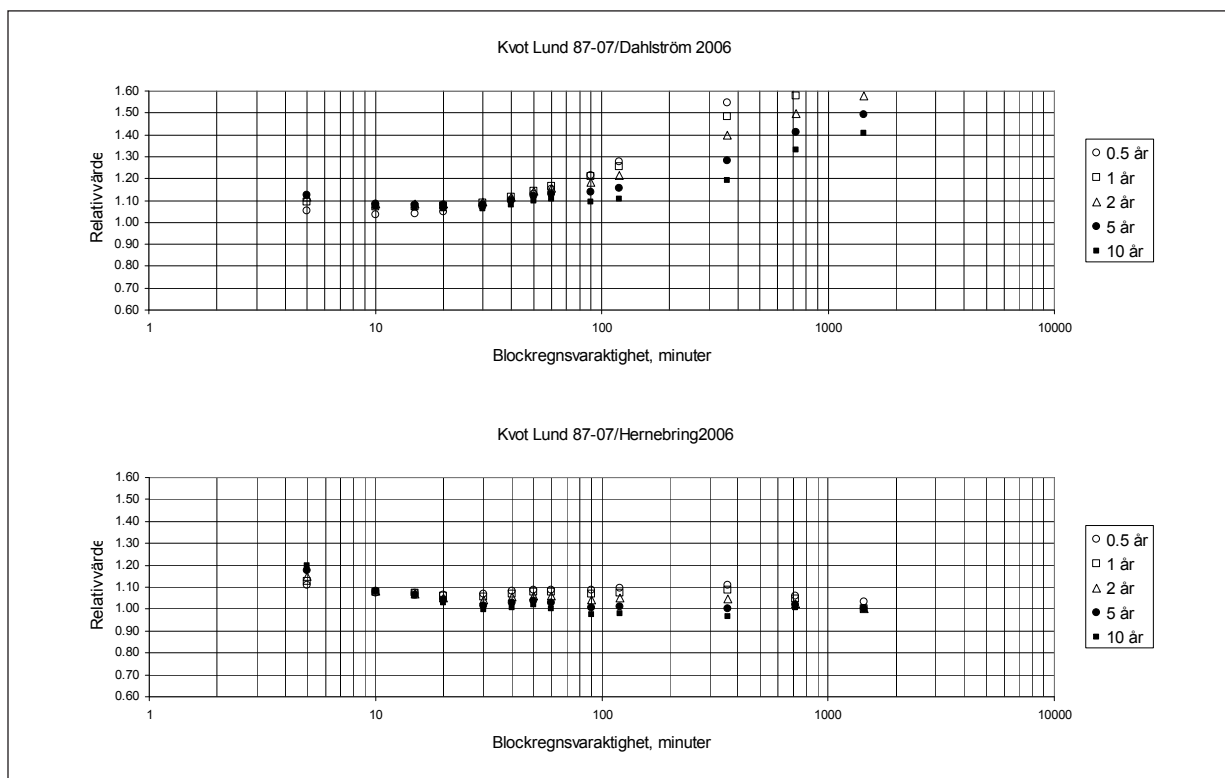
Figur 7-3 Jämförelse (kvot) mellan regnstatistik presenterad i denna rapport (Växjö 1985–2007 enl Tabell 3-4 och Tabell 3-5) och generella samband enl Dahlström 2006 (överst) respektive Hernebring 2006, "Sverigemedel", (nederst). Blockregnsvaraktigheter 5 minuter – 24 timmar. Återkomsttid 0,5–10 år.



Figur 7-4 Jämförelse (kvot) mellan regnstatistik presenterad i denna rapport (Jönköping 1985–2006 enl Tabell 3-7 och Tabell 3-8) och generella samband enl Dahlström 2006 (överst) respektive Hernebring 2006, "Sverigemedel", (nederst). Blockregnsvaraktigheter 5 minuter – 24 timmar. Återkomsttid 0,5–10 år.



Figur 7-5 Jämförelse (kvot) mellan regnstatistik presenterad i denna rapport (Malmö 1980–2007 enl Tabell 3-10 och Tabell 3-11) och generella samband enl Dahlström 2006 (överst) respektive Hernebring 2006, "Sverigemedel", (nederst). Blockregnsvaraktigheter 5 minuter – 24 timmar. Återkomsttid 0,5–10 år.



Figur 7-6 Jämförelse (kvot) mellan regnstatistik presenterad i denna rapport (Lund 1987–2007 enl Tabell 3-14 och Tabell 3-15) och generella samband enl Dahlström 2006 (överst) respektive Hernebring 2006, "Sverigemedel", (nederst). Blockregnsvaraktigheter 5 minuter – 24 timmar. Återkomsttid 0,5–10 år.

7.3 Jämförelsetabeller

Tabell 7-1 Nederbördsintensitet, l/s, ha, enligt Dahlström (2006), VA-Forskrappport 2006-26.

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktighet, minuter												
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120	360	720	1 440
0,5	117,0	83,7	65,6	54,4	41,2	33,5	28,4	24,8	18,2	14,5	5,9	3,3	1,8
1	147,4	105,4	82,7	68,6	51,9	42,2	35,8	31,2	22,9	18,3	7,5	4,2	2,3
2	185,7	132,8	104,2	86,4	65,4	53,2	45,1	39,4	28,8	23,0	9,4	5,3	2,9
5	252,0	180,3	141,4	117,3	88,8	72,2	61,3	53,4	39,1	31,2	12,8	7,2	4,0
10	317,5	227,1	178,1	147,8	111,8	91,0	77,2	67,3	49,3	39,4	16,1	9,0	5,0

Tabell 7-2 Nederbördsintensitet, l/s, ha, enligt Hernebring (2006), "Sverigemedel", VA-Forskrappport 2006-04.

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktighet, minuter												
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120	360	720	1 440
0,5	111,1	80,6	63,6	53,5	41,2	34,1	29,5	26,3	20,3	16,9	8,3	5,1	3,0
1	143,2	104,7	82,7	69,6	53,5	44,1	38,0	33,8	25,9	21,3	10,2	6,3	3,8
2	180,7	133,4	105,5	89,1	68,6	56,4	48,5	43,0	32,7	26,7	12,6	7,7	4,6
5	241,2	180,5	143,3	121,6	94,2	77,3	66,2	58,8	44,3	35,7	16,4	9,9	5,9
10	297,1	224,8	179,1	152,6	118,9	97,5	83,4	74,2	55,5	44,4	19,9	11,9	7,0

7.4 Kommentarer

Som synes av tabellerna Tabell 7-1 och Tabell 7-2, skiljer sig tabellvärdena för dessa "generella" regnintensitetssamband inte i någon större utsträckning för kortare regnvaraktigheter, upp till 2 timmar. Däremot uppstår större skillnader för varaktigheterna 6–24 timmar med upp mot 20–30% högre värden enligt Hernebring (2006), Tabell 7-2. Att de senare värdena skulle vara mer korrekta stöds av samtliga här redovisade bearbetningsresultat från de 6 orterna enligt Figur 7-1 till Figur 7-6. För de fall där långvariga regnvolymer är intressanta, t.ex. vid dimensionering av hårt strypta utjämningsmagasin, är det alltså sannolikt att risknivån för översvämning/fullt utnyttjande av magasinsvolymen, underskattas om Dahlströms (2006) samband används.

8. Referenser

- Alexandersson H. (2003): Korrektur av nederbörd enligt enkel klimatologisk metodik. SMHI. Rapport nr 111. 2003
- Alied G. (2004) : Príspevek k casovému a plošnému rozložení srážek v urbanizovaných povodích. (The temporal and spatial distribution of rainfall intensity in urban watersheds). Journal of Hydrology and Hydromechanics. ISSN 0042-790X. Vol. 53, 3 (2005), s. 141–153
- Arnell V. (1974): Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926–1971. Geohydrologiska Forskningsgruppen. CTH Meddelande nr 5. 1974
- Arnell V. (1982): Rainfall data for the Design of Sewer Pipe Systems. Vattenbyggnad. CTH Rapport Series A:8
- Arnell V. (1991): Nederbördsdata vid dimensionering av avloppssystem. VAV P65
- Bengtsson L. (2008): Extrema dygnsregn och trender i Skåne och på västkusten. VATTEN Vol. 64, 1 (2008), s. 31–39.
- Dahlström D. (1979): Regional fördelning av nederbördsintensitet – en klimatologisk analys. BFR. Rapport R18:1979
- Dahlström D. (2006): Regnintensitet i Sverige – en klimatologisk analys. VA-Forsk rapport 2006-26.
- Falk B. A. H:son (1951): Utredning angående nederbördsförhållandena i Stockholm och Uppsala med särskild hänsyn till dimensionering av avlopp. Byggnadsdelegationen för Storflygplatsen, Stockholm.
- Hernebring C. (2006): 10-årsregnets återkomst förr och nu – regndata för dimensionering/kontrollberäkning av VA-system i tätorter. VA-Forsk rapport 2006-04.
- Kant H. (2001): Utvärdering av nederbördsdata för Göteborg under perioden 1973-2000. Göteborgs VA-verk. Rapport 2001-10-30.
- A. Molini et al. (2005): Improving the accuracy of tipping-bucket rain records using disaggregation techniques. Atmospheric Research 77 (2005) 203–217
- National Weather Service, NOAA: Point Precipitation Measurement, Areal Estimates And Relationships To Hydrologic Modeling. http://www.srh.noaa.gov/abrfc/map/map.shtml#map_tech#map_tech (juli 2008).
- Niemczynowicz J. (1984a): An Investigation of the Areal and Dynamic Properties of Rainfall and its influence on Runoff-generation Processes. Thesis. Report no 1005. Vattenresurslära LTH.
- Niemczynowicz J. (1984b): Areal Rainfall – An Improved Input for Modelling of Runoff. 3rd Int. Conf. on Urban Storm Drainage, Göteborg 1984. Proceedings. Vol 1. pp.193–202.

Niemczynowicz, J. (1986): The dynamic calibration of tipping bucket raingauges. *Nordic Hydrology* 17, 203–214.

Pedersen L. (2004): Scaling Properties of Precipitation – Experimental study using weather radar and rain gauges. Thesis. Aalborg University. Department of Civil Engineering

Strandner H., Bennerstedt K. (1993,1999): REGN – ett program-paket för hantering och analys av nederbördsdata. Stockholm Vatten AB, 1993 reviderad 1999.

Vasvári V. (2005): Calibration of tipping bucket rain gauges in the Graz urban research area. *Atmospheric Research* 77 (2005) 18–28

Wilson (1990): *Engineering Hydrology*. Scholium International, Inc.; 4th edition

WMO (1996): *Guide to meteorological instruments and methods of observation*. ISBN: 92-63-16008-2

Bilagor

Bilaga A **Dokumentation/summering av regnserier**

Originaldata som bearbetats inom projektet kan beställas hos författaren (mail: claes.hernebring@dhi.se).

A.1 Centrala Göteborg – digitaliserade regntillfällen, 5 stationer 1926-1971

Barlastplatsen	
Antal regn:	443
Volym i data:	4 578,8 mm
Från datum:	1926-06-05 14:05
Till datum:	1971-09-25 00:00

Gullbergsvass	
Antal regn:	397
Volym i data:	4 714,4 mm
Från datum:	1926-04-21 16:05
Till datum:	1960-11-29 00:00

Landala	
Antal regn:	357
Volym i data:	3 700,9 mm
Från datum:	1926-06-05 13:59
Till datum:	1962-10-02 16:02

Lundby	
Antal regn:	296
Volym i data:	3 248,3 mm
Från datum:	1926-05-24 14:27
Till datum:	1955-10-06 00:00

Masthugget	
Antal regn:	265
Volym i data:	2 665,9 mm
Från datum:	1926-06-05 13:54
Till datum:	1952-07-18 00:00

A.2 Lundby Göteborg – kontinuerlig regnserie 1921–1939

Regndatafilen	
Från datum:	01-Jan-1921 09:59:09
Till datum:	30-Dec-1939 20:40:34
Innehåller totalvolymen:	13 061,9 mm
Totalvolym inom regndefinition: (avser regndefinition med uppehållstid = 2h)	11 458,5 mm
Antal regntillfällen:	1 567
Formell varaktighet:	18,9 år
Varaktighet mht. dataavbrott:	18,3 år

A.3 Växjö kommun – kontinuerliga regnserier från 17 stationer

Tidsseriernas längd varierar – är som längst 22 år.

Plats, vippstorlek	Från	Till	Volym, mm	Varaktighet, år	mm/år
Braås 0,2	1996-05-24 12:17	2007-03-08 00:33	6 409,6	10,8	594,3
Dänningelanda 0,2	1996-01-09 19:19	2007-03-08 01:34	6 978,4	11,2	625,4
Gemla 0,2	2001-02-09 21:21	2007-03-06 21:42	3 910,6	6,1	644,6
Häringetorp 0,2	2003-10-04 00:00	2007-01-17 22:59	2 012,2	3,3	611,5
Högstorp 0,2	2005-06-27 18:53	2007-03-08 02:02	1 300,6	1,7	768,3
Ingelstad 0,2	1996-01-09 22:53	2007-03-08 00:27	6 857,2	11,2	614,6
Kronoberg 0,2	2004-02-22 19:46	2007-03-08 02:24	2 057,0	3,0	677,3
Lammhult 0,2	1996-05-24 05:34	2007-03-08 03:32	6 931,2	10,8	642,6
N Esplanaden 0,2 mm	1989-01-14 13:06	2007-03-08 14:03	12 480,6	18,1	687,9
N Esplanaden 0,5 mm	1985-06-06 00:45	1988-11-29 11:08	1 768,0	3,5	507,5
Nöbbbele 0,2	1996-01-10 10:48	2007-03-08 07:46	7 271,8	11,2	651,8
Rottne 0,2	1996-06-01 08:50	2007-01-31 19:07	5 456,0	10,7	511,4
Runvägen 0,2 Växjö	2004-07-09 07:02	2007-03-08 01:59	1 812,0	2,7	681,0
Rådjursvägen 0,2 Växjö.	2001-05-16 04:58	2007-03-06 12:09	3 260,4	5,8	561,6
Sjöudden 0,2	1996-03-27 11:57	2007-03-08 05:37	7 064,8	10,9	645,5
Teleborg/Vattentorn 0,2	1994-09-09 00:44	2007-03-08 13:31	7 285,6	12,5	583,1
Åby 0,2	2001-03-07 16:48	2006-11-27 07:17	3 488,4	5,7	609,5
Åryd 0,2	2001-04-06 22:08	2007-03-08 01:31	3 678,2	5,9	621,6
Totalt			90 022,6	145,0	621,0

Växjö – geografiska stationslägen.

Kommunens koordinatsystem. Här pekar x-axeln åt öster, X (Easting), och y-axeln åt norr, Y (Northing). Det betyder att x och y bytt plats jämfört med kommunens originaldata, som har andra axelriktningar. Z är höjdläge, m.ö.h.

DHI_ID	Stationsnamn	X	Y	Z
1	Braås	1452979	6324960	204
2	Dänningelanda	1437809	6296662	169
3	Gemla	1429161	6305109	157
4	Häringetorp	1432104	6303865	165
5	Högstorp	1441884	6305385	200
6	Ingelstad	1445533	6289620	153
7	Kronoberg, Växjö	1438121	6312234	169
8	Lammhult	1426690	6339518	212
9	N Esplanaden Växjö	1438892	6306544	183
10	Nöbbbele	1451530	6285393	158
11	Rottne	1444083	6322517	180
12	Runvägen, Växjö	1435128	6307872	165
13	Rådjursvägen Växjö	1440940	6309647	170
14	Sjöudden Växjö	1436388	6308385	174
15	Teleborg/Vattentorn, Växjö	1440258	6302439	227
16	Åby	1437363	6321839	171
17	Åryd	1449117	6300073	169

A.4 Jönköpings kommun – kontinuerliga regnserier från 21 stationer

Tidsseriernas längd varierar – är som längst här 17 år. Äldre kontinuerliga data finns.

Id	Mätplats	Z, m.ö.h.	Från	Till	Varaktig- het, år	Effektiv varaktig- het*, år	Totalt registre- rad vo- lym, mm	Volym inom regndef.	Antal regn- tillfällen
1	Pstn Väster Jönköping	95	1990-06-07	2006-12-31	16,6	14,3	8 551,8	6 982,4	1 107
2	Pstn Öster Jönköping	94	2003-04-10	2006-12-31	3,7	3,7	1 905,0	1 524,8	259
3	Bankeryds RV	102	1993-06-12	2007-01-01	13,6	9,0	8 136,4	6 922,0	923
4	TRS Åbolid	143	2003-04-01	2006-12-31	3,8	3,8	2 090,4	1 685,2	269
5	TRS Hedenstorp	203	1994-06-08	2006-11-04	12,4	9,7	7 269,8	6 213,0	849
6	TRS Lockebo	139	1997-08-11	2006-12-31	9,4	8,0	4 807,2	4 047,6	559
7	Bottnaryds VV	222	1995-09-27	2006-12-31	11,3	7,0	6 867,2	6 021,6	740
8	TRS Stenslätten Norrahammar	225	2003-04-02	2006-12-31	3,7	3,7	2 280,0	1 900,6	287
9	TRS Ekhagen Jönköping	124	1994-06-08	2006-12-31	12,6	11,7	7 478,2	6 236,2	905
10	TRS Gestravägen	212	1997-08-16	2006-12-31	9,4	8,7	5 222,4	4 302,0	643
11	Simsholmen RV Jönköping	92	1994-05-25	2006-12-31	12,6	12,6	8 085,8	6 881,8	968
12	Pstn Hyacintstigen Månsarp	225	1994-06-14	2006-12-31	12,5	11,7	10 416,4	9 197,2	1 115
13	Pstn Hagaberg	117	2003-03-28	2006-12-31	3,8	3,8	3 182,8	2 827,0	271
14	Pstn Esplanadbron Huskvarna	92	1992-06-16	2006-12-31	14,5	11,7	7 712,2	6 326,0	985
15	Tippen Hult	225	1999-08-15	2006-12-31	7,4	7,0	4 782,0	3 957,0	607
16	Huskvarna RV	92	2002-04-23	2006-12-31	4,7	4,7	2 582,0	2 151,8	339
17	Pstn Johan Werners Gränd Gränna	95	1993-06-17	2006-09-18	13,3	12,7	5 572,0	4 525,6	693
18	Pstn Östra vägen Tenhult	235	1995-09-27	2006-12-31	11,3	9,7	6 776,4	5 659,8	857
19	Pstn Vipevägen Huskvarna	209	1994-06-02	2006-12-31	12,6	12,0	8 108,8	6 947,6	992
20	Pstn Wrixlösa Visingsö	115	2002-05-15	2006-12-29	4,6	2,7	1 380,8	1 380,8	191
21	Pstn Ölmostad	186	2003-05-06	2006-12-31	3,7	3,7	1 870,8	1 532,4	238
Totalt					197,2	171,6	115 078,4		13 797

Samtliga givare utom Bankeryds RV (loggas separat) är anslutna till driftövervakningssystemet.

* mht. bedömda avbrottsperioder

Jönköping – geografiska stationslägen.

Kommunens koordinatsystem. Här pekar x-axeln åt öster, X (Easting), och y-axeln åt norr, Y (Northing). Det betyder att x och y bytt plats jämfört med kommunens originaldata, som har andra axelriktningar. Z är höjdläge, m.ö.h.

DHI_ID	Stationsnamn	X	Y	Z
1	Bankeryd	33955	65890	102
2	Bottnaryd	15995	55825	222
3	Åbolid	34940	59110	143
4	Lockebo	35625	50905	139
5	Hedenstorp	33572	55442	203
6	Gestravägen	44760	64350	212
7	Ekhagen	40125	56355	124
8	Hyacintstigen Månsarp	30835	43775	225
9	Hagaberg	34409	52543	117
10	Ölmstad	49690	73090	186
11	Östra vägen Tenhult	46622	48020	235
12	Hult Tippen Tenhult	43125	45945	225
13	Esplanadbron HVA	42547	57495	92
14	VR Stenslätten	33400	46900	225
15	Pstn Vipevägen	44457	56027	209
16	Pstn Väster Jkpg	35640	56995	95
17	Pstn Öster Jkpg	37725	56535	94
18	ARV Simsholmen Jkpg	36480	55036	92
19	Gränna	53000	82810	95
20	Huskvarna RV	42038	57734	92
21	Visingsö	47149	86407	115

A.5 Stockholm – kontinuerliga data från Torsgatan och Skärholmen/Älvsjö 1984–2006

Torsgatan 1984–2006	
Från datum:	01-Jan-1984
Till datum:	12-Dec-2006
Innehåller totalvolymen:	10 821,5 mm
Totalvolym inom regndefinition: (avser regndefinition med uppehållstid = 2h)	9 109,2 mm
Antal regn inom regndefinitionen:	1 383

Skärholmen/Älvsjö 1984–2006	
Från datum:	01-Jan-1984
Till datum:	12-Dec-2006
Innehåller totalvolymen:	11 154,6 mm
Totalvolym inom regndefinition: (avser regndefinition med uppehållstid = 2h)	9 403,6 mm
Antal regn inom regndefinitionen:	1 363

A.6 Malmö Turbinen 1980–2007

Från datum:	01-Apr-1980 23:00:00
Till datum:	01-Okt-2007
Innehåller totalvolymen:	14 038,7 mm
Totalvolym inom regndefinition: (avser regndefinition med uppehållstid = 2h)	11 783,1 mm
Antal regn inom regndefinitionen:	1 725

A.7 Malmö – kontinuerliga regnserier från 4 stationer 1996–2006

Augustenborg	
Från datum:	28-Apr-1996 08:10:42
Till datum:	10-Jan-2007 18:02:33
Innehåller totalvolymen:	6 311,6 mm
Totalvolym inom regndefinition: (avser regndefinition med uppehållstid = 2h)	5 343,0 mm
Antal regn inom regndefinitionen:	769

Bulltofta	
Från datum:	26-Apr-1996 10:13:06
Till datum:	11-Jan-2007 01:38:50
Innehåller totalvolymen:	5 171,4 mm
Totalvolym inom regndefinition: (avser regndefinition med uppehållstid = 2h)	4 354,6 mm
Antal regn inom regndefinitionen:	635

Limhamn	
Från datum:	26-Apr-1996 10:26:57
Till datum:	10-Jan-2007 17:31:05
Innehåller totalvolymen:	6 114,6 mm
Totalvolym inom regndefinition: (avser regndefinition med uppehållstid = 2h)	5 150,6 mm
Antal regn inom regndefinitionen:	706

Turbinen (en delmängd av "Turbinen 1980–2007")	
Från datum:	25-Apr-1996 16:25:07
Till datum:	10-Jan-2007 17:46:20
Innehåller totalvolymen:	6 253,8 mm
Totalvolym inom regndefinition: (avser regndefinition med uppehållstid = 2h)	5 301,0 mm
Antal regn inom regndefinitionen:	731

Malmö – geografiska stationslägen.

Koordinatsystem RT 90 2,5 gon V 0:-15

x-axeln pekar åt öster, X (Easting), och y-axeln åt norr, Y (Northing).

PLACERING	X	Y
Turbinen	1321995	6167540
Limhamn	1318380	6165474
Augustenborg	1324854	6164266
Djupadalskola	1320172	6164261
Bulltofta	1327550	6167870
Hammars Park	1317691	6163866

A.8 Göteborg – Barlastplatsen regntillfällen 1926–2007

951 regntillfällen med maximala blockregnsvolymen för 5, 10, 60 och 120 minuters varaktighet sammansatt av data enligt bilaga A1 (1926–1971) samt kompl. material från Göteborg Vatten (manuella utvärderingen från skivvarmsor för åren 1973 t.o.m. 2000) samt från kontinuerliga data 2001–2007.

A.9 Lund - kontinuerliga regnserier från 6 stationer 1987–2007

R1_Lund	
Från datum:	05-Jan-1987 10:35:23
Till datum:	18-Okt-2007 16:37:10
Innehåller totalvolymen:	13 092,5 mm
Totalvolym inom regndefinition: (avser regndefinition med uppehållstid = 2h)	10 984,5 mm
Antal regn inom regndefinitionen:	1 433

R2_Dalby	
Från datum:	17-Dec-1989 00:08:56
Till datum:	17-Okt-2007 23:53:03
Innehåller totalvolymen:	8 381,0 mm
Totalvolym inom regndefinition: (avser regndefinition med uppehållstid = 2h)	6 882,5 mm
Antal regn inom regndefinitionen:	986

R3_Genarp	
Från datum:	28-May-1987 01:10:40
Till datum:	17-Okt-2007 16:49:58
Innehåller totalvolymen:	11 392,0 mm
Totalvolym inom regndefinition: (avser regndefinition med uppehållstid = 2h)	9 584,0 mm
Antal regn inom regndefinitionen:	1 256

R4_S_Sandby	
Från datum:	28-May-1987 05:54:23
Till datum:	18-Okt-2007 06:17:17
Innehåller totalvolymen:	11 813,5 mm
Totalvolym inom regndefinition: (avser regndefinition med uppehållstid = 2h)	9 824,0 mm
Antal regn inom regndefinitionen:	1 269

R5_Veberöd	
Från datum:	07-Jun-1988 11:39:01
Till datum:	17-Okt-2007 16:50:49
Innehåller totalvolymen:	8 260,5 mm
Totalvolym inom regndefinition: (avser regndefinition med uppehållstid = 2h)	6 709,5 mm
Antal regn inom regndefinitionen:	951

R6_Lund	
Från datum:	01-Apr-1990 08:46:29
Till datum:	17-Okt-2007 16:04:41
Innehåller totalvolymen:	8 226,0 mm
Totalvolym inom regndefinition: (avser regndefinition med uppehållstid = 2h)	6 773,0 mm
Antal regn inom regndefinitionen:	990

Lund – geografiska stationslägen.

Koordinatsystem RT 90 2,5 gon V 0:-15

x-axeln pekar åt öster, X (Easting), och y-axeln åt norr, Y (Northing).

PLACERING	X	Y
Lund_R1	1336517	6178902
Lund_R6	1336670	6176877
Dalby	1345331	6174116
Genarp	1348405	6165592
Södra_Sandby	1346653	6179680
Veberöd	1354333	6170561



Box 47607, 117 94 Stockholm
Tel 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
E-post svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se