

Regnintensitet i Sverige

– en klimatologisk analys

Bengt Dahlström



Regnintensitet i Sverige

– en klimatologisk analys

Bengt Dahlström

VA-Forsk

VA-Forsk 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. FoU-avgiften är för närvarande 1,05 kronor per kommuninnevånare och år. Avgiften är obligatorisk. Nästan alla kommuner är med i programmet, vilket innebär att budgeten årligen omfattar drygt åtta miljoner kronor.

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
Avloppsvattenrening
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

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

Anders Lago, ordförande	Södertälje
Olof Bergstedt	Göteborgs VA-verk
Roger Bergström	Svenskt Vatten AB
Daniel Hellström	Stockholm Vatten AB
Stefan Marklund	Luleå
Mikael Medelberg	Roslagsvatten AB
Anders Moritz	Linköping
Peter Stahre	VA-verket Malmö
Jan Söderström	Sv Kommunförbundet
Göran Tägtström	Borlänge
Agneta Åkerberg	Falkenberg
Steinar Nybruket, adjungerad	NORVAR, Norge
Thomas Hellström, sekreterare	Svenskt Vatten AB

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

VA-Forsk
Svenskt Vatten AB
Box 47607
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:	Regnintensitet i Sverige – en klimatologisk analys
Title of the report:	Rain intensity in Sweden – a climatological analysis
Rapportens beteckning Nr i VA-Forsk-serien:	2006-26
Författare:	Bengt Dahlström, SMHI
VA-Forsk-projektnr:	24-115
Projektets namn:	Regional fördelning av nederbördsintensitet
Projektets finansiering:	VA-Forsk
Rapportens omfattning Sidantal:	69
Format:	A4
Sökord:	Regn, regnintensitet, intensitets-varaktighetskurvor, nederbörds klimat, nederbördstrend, klimatförändring, högfrekvent radiokommunikation
Keywords:	Rain, rain intensity, intensity, duration-frequency curves, precipitation climate, precipitation trends
Sammandrag:	En termodynamisk formel för generalisering av statistik rörande regnintensitet på fysikalisk grund har utvecklats. Formeln har anpassats till regndata med hög tidsupplösning från 47 orter med totalt över 500 års längd.
Abstract:	A thermodynamic formula has been developed for generalized physical interpretation of rain statistics. The formula has been adapted to raindata with high temporal resolution from 47 stations with in total more than 500 years data.
Målgrupper:	Kommuner, VA-förvaltningar, konsulter, vägförvaltningar, myndigheter och forskare med anknytning till högfrekvent radiokommunikation
Omslagsbild:	Cumulonimbus och Congestus Pileus. Fotograf: Bengt Dahlström
Rapporten beställs från:	Finns att hämta hem som pdf-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2006
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Förord

Projektarbetet har inriktats mot att få en bättre fysikalisk grund för kunskapen om klimatet rörande regnintensitet. Regnklimatets förändring de senaste decennierna har även analyserats något.

I samband med ett tidigare projekt, Dahlström (1979), utvecklades en metod för kvantitativ bestämning av dimensionerande nederbördsintensitet. Metoden återges som den s.k. "Z-metoden" i Svenskt Vatten, Publikation P90 (2004). Denna metod utvecklades på basis av data från mödosam digitalisering av regnintensitetsdata från några få orter med pluviografer.

Idag finns ett kraftigt ökat nät av digitalt registrerande nederbördsinstrument i Sverige och den ökade tillgången till digitala och i tiden högupplösta regndata innebär förbättrade möjligheter att få kvantitativ kunskap om regnintensitet i Sverige

Föreliggande projekt baseras på information från 32 av de automatstationer som drivs av SMHI, men projektet har även utnyttjat en del av den information – data från 15 kommunalt drivna mätinstrument – och de resultat som kommer från det arbete som Hernebring (2006) har utfört.

Kollegor vid SMHI har bidragit med olika moment i projektarbetet, exempelvis hur data bäst och enklast extraheras, hur programvara för isolinje-dragning fungerar, var karakteristika om automatstationer finns, hur jag företar mindre jobb med digitalisering av vissa gamla data m.m. Diskussionerna med A. Pluviarovskij d.ä. har varit värdefulla. Ett tack riktas även till Rossby Centre vid SMHI som bidragit med information rörande tänkbar framtida klimatförändring rörande nederbörd. Programmeringsarbetet har utförts av författaren i FORTRAN 90, enligt Compaq Visual FORTRAN, Standard Edition version 6.10.

Europeiska kollegor inom nätverket "European Climate Support Network", ECSN, (<http://www.eumetnet.eu.org/ECSN/home.htm>), har bidragit med material rörande nederbördsintensitet från deras respektive länder. Det faktum, att det är av intresse att relatera Sveriges regnintensitetsklimat till andra länder har inneburit, att även en del av denna information från Europa har innehållits i föreliggande rapport. Denna del av arbetet har bekostats utanför ramen för projektet. ECSNs framgångsrika projekt Climate Assessment & Dataset project, ECA&D, har även varit källa för observationsmaterial rörande nederbördsextremer (<http://eca.knmi.nl/>).

Jag tackar min hustru för support!

Till alla som bidragit till utveckling av denna rapport vill jag framföra mitt uppriktiga tack!

Det bör framhållas, att innehållet är baserat på författarens eget tänkande och kan ej åberopas som sanktionerat av SMHI.

Norrköping 2006-06-20
Bengt Dahlström, SMHI

Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning.....	9
Summary.....	10
1 Inledning	11
2 VA-system och intensiv nederbörd	11
3 Ska hänsyn tas till att klimatet ändras vid dimensionering för kraftiga regn?	12
4 Klimatförändring och nederbörd	12
4.1 Indikationer från klimatmodeller.....	12
4.2 Klimatförändring och nederbörd – indikationer från observationer i Europa	15
5 Nederbördstrender i Sverige.....	15
6 Klassisk klimatologi förändrad.....	16
7 Nederbördsintensitet i Sverige – kort återblick.....	18
8 Nederbördsintensitet från SMHIs automatstationer	18
8.1 Nederbördsmätare	20
8.2 Registrerande nederbördsinstrument – datakvalitet.....	21
9 Nederbördsintensitetsdata: bearbetat material från SMHI och från kommuner.....	22
10 Nederbördsintensitet – bearbetningsmetodik.....	23
11 Ansatser för generaliserad tolkning av nederbörds- intensitet i Sverige	24
12 Kvantitativ beräkning av dimensionerande nederbördsintensitet i Sverige	27
13 Utveckling av en termodynamiskt baserad formel.....	29
14 Anpassning och verifikation av den termodynamiska formeln.....	32
15 Sammanfattning – dimensionerande nederbörds- intensitet	38
16 Extrem nederbörd.....	39
17 Extrem nederbörd – internationell jämförelse	41

18 Dimensionerade korttidsnederbörd – några städer i Europa.....	44
19 Framåtblick.....	44
Referenser.....	47
Bilaga A: Beskrivning av Z-metoden.....	51
Bilaga B: Resultat från bearbetning av automatstationsdata. Återkomsttider för blockregn.....	52
Bilaga C: Slutresultat.....	68

Sammanfattning

Projektet har medfört följande resultat:

1. En termodynamiskt baserad formel för generalisering av statistik rörande regnintensitet på fysikalisk-statistisk grund har utvecklats. Formeln har anpassats till 2659 rangordnade regnintensitetsvärden baserade på mätdata från 47 svenska orter, representerande totalt över 500 års högupplösta regnserier.
Formeln återges tabellerad för återkomsttider från 1 månad upp till 100 år och från 3 minuters upp till 96 timmars varaktighet.
2. Högupplösta regndata från 32 av SMHI:s nederbördsstationer, täckande totalt drygt 300 års längd, har framtagits. Statistik över regnintensitet från dessa stationer har framtagits i form av blockregn med varaktighet från 1 timme upp till 96 timmar.
3. En kraftig minskning är tydlig i sommarregnens mängd i södra Sverige under 1971–2000 jämfört med perioden 1931–1960. Resultat från modellering av det framtida klimatet enligt Rossby Centre och från studier av historiska svenska klimatdata visar liknande tendens i Sverige. Studier av klimatdata visar, att minskningen är kraftigast i den västra delen av den södra halvan av Sverige.
Detta ger indicier om en pågående förändring, som bör tas i beaktande vid framtida planering, där regnintensitet är av betydelse.
4. En ansats för generaliserad tolkning av nederbördsintensitet i Sverige har utarbetats. I samband härmed har ansatser för att knyta samman statistik från flera orter företagits. Problemet kompliceras av att regnmönstret visar stora förändringar i Sverige under de senaste decennierna. Dessutom spelar sannolikt systematiska felkällor kopplade till registrerande nederbördsinstrument en roll för att försvåra tolkningen av data.
5. Enstaka regnseriers data är ofta påverkade av slumpmässiga faktorer: Det tar lång tid för Naturen att spela upp hela sitt register av regnhändelser. Beroende på under vilket decennium (vilka decennier), som mätdata täcker för en ort, blir därför utfallet ibland en hög frekvens av kraftig nederbörd och ibland en låg frekvens. Slumpmässiga variationer i nederbördsintensitet ger därmed stora nivåskillnader i regnstatistik.
Värdet av individuella regnserier för framtida planering är begränsat och planering som bygger på enstaka regnserier är riskfylld.
6. Registrerande nederbördsinstrument visar stora systematiska underskott i nederbörd och det är därför nödvändigt att korrigera för dessa förluster för att undvika underestimat vid dimensionering. De systematiska förlusterna uppgår till 5–15 % under sommaren.
7. En del information om förekomsten av skyfall och höga nederbördsintensiteter i Sverige och i Västeuropa redovisas.
8. En framåtblick rörande regnintensitet presenteras.

Summary

The project has brought the following results:

1. A formula based on thermodynamics has been developed for generalized interpretation of rain intensity based on a physical-statistical basis. The formula has been adapted to 2659 ranked rain intensity values from 47 Swedish locations representing in total more than 500 years of high resolution rain measurements.

The formula is tabulated for return periods from 1 month to 100 years together with rain durations from 3 minutes to 96 hours: rainfall intensities are presented both for uncorrected rainfall data and for rainfall data corrected for systematic deficits in catch.

2. High resolution rain data from 32 of the official network of automatic stations in Sweden have been analysed. The total data volume covers more than 300 years. Rainfall intensity statistics from these stations has been developed in terms of intensity-duration-frequency (IDF) curves with durations from 1 hour to 96 hours.
3. A strong reduction is identified in southern Sweden in the summer rainfall during the period 1971–2000 as compared with the period 1931–1960. The reduction is strongest in the western part of the south half of Sweden. Results from climate modelling studies and from studies of Swedish climate data are in agreement over a changed regime of summer rainfall in Sweden.

This outcome gives indications about an ongoing change and has consequently to be taken into consideration in connection with future planning where rainfall intensity is of importance.

4. Approaches to synthesize various statistical results from a number of locations to a general expression have been undertaken. This problem is complicated by the facts that the rain pattern in Sweden has changed considerably during the last decades. It has been drier in southern Sweden and in the northern part of the country the precipitation has increased. The statistical connections between the various measurements are in addition somewhat blurred by the effects of error sources connected with precipitation recording instruments.
5. Data series from single locations are subjected to random variations in the levels of precipitation intensity. It takes long time for Nature to show the full spectrum of rain intensity events. Planning of investments based on rain intensity statistics from single locations is consequently hazardous.
6. Rain recording instruments show large systematic deficits in recorded rainfall and it is consequently necessary to correct for these losses to avoid that the estimates in rain intensity statistics show large underestimates. The probable systematic deficits amount to about 5–15 % of the recorded precipitation during summer.
7. Some information regarding the occurrence of extreme precipitation in Sweden and in Western Europe is also accounted for in this report.
8. A future perspective regarding rain intensity is presented.

1 Inledning

Det känns angeläget att försöka förbättra den kvantitativa bilden av nederbördsintensitetsklimatet i Sverige. Det faktum att jordens klimat verkar vara under förändring försvårar en sådan kartläggning: naturliga variationer i klimatet och förändringar på grund av antropogent betingad klimatförändring är svåra att skilja åt.

Härtill kommer även problemet, att det fortfarande är brist på goda mätserier av tidsmässigt högupplösta data rörande nederbördsintensitet i Sverige. Denna situation har emellertid förbättrats något under de senaste två decennierna i och med att SMHI alltmer övergår till högupplösta mätningar baserade på automatstationer samt att antalet kommunala mätningar med registrerande nederbördsinstrument ökat något. Det kan noteras, att tendensen till en total automatisering av observationssystemen finns förutom i Sverige även i de flesta andra europeiska länder.

Mätningar baserade på fjärranalys från radar och satellitinformation blir alltmer betydelsefulla och kommer på sikt tillsammans med automatstationsdata att utgöra fundamentet för kartläggning av nederbördsintensitet på vår planet. De faktiska problemen med att kvantitativt följa regnceller och noggrant bestämma nederbördsintensitet med hög rumslig och tidsmässig upplösning är stora, när det gäller krav på observationssystem och krav på meteorologisk tolkning av insamlad information.

Problem rörande nederbördsdatas kvalitet är fortfarande olösta, trots att de uppmärksammats tidigt, Heberden (1769). Nederbördsinstrumenten ger praktiskt taget alltid underskattning av den mätta nederbördsmängden. Registrerande nederbördsinstrument ger kraftigare underskott jämfört med vad mätningar från konventionella nederbördsmätare ger. Det är betydelsefullt, att hänsyn tas till dessa förluster när dimensionerande nederbördsintensitet ska uppskattas.

Om korrektion av de systematiska underskattningarna av nederbörd ej sker, innebär det bl.a. att de urbana modeller som används inom VA-sektorn måste korrigeras via koefficienter, "tuning", för att de ska beskriva vattenprocesserna på ett riktigt sätt.

För en del läsare kan det vara något främmande, att enheten för nederbördsintensitet i denna rapport i regel är uttryckt både i enheten liter per sekund och hektar, l/s ha, och endast ibland i millimeter per timme, mm/tim. Anledningen till detta är, att rapporten riktar sig till VA-sektorn, där denna enhet används. Enheten "l/s ha" känns inte korrekt, eftersom nederbördsintensitet i sig inte är kopplat till en ytenhet. Det bör framhållas, att den vanligaste enheten inom meteorologin är millimeter per timme, men att andra former finns även här – särskilt bland forskare – för att uttrycka nederbördsintensitet.

Utjämnade kurvor i diagrammen i rapporten har i allmänhet beräknats via "Lowess Smoothing", en metod som viktar värden lokalt beroende på avståndet till den punkt, där ett utjämnat värde ska beräknas, se Cleveland (1979) samt Chambers (1983).

2 VA-system och intensiv nederbörd

Ett huvudproblem är, att intensiv nederbörd kan leda till kraftig översvämning i urbana områden och kan, förutom höga kostnader i särskilt allvarliga fall, medföra katastroftillstånd för samhället.

Kostnaderna kan bli särskilt höga i situationer, där VA-systemen av ekonomiska eller andra skäl ej har dimensionerats med tillräcklig kapacitet. I samband med stora översvämningar kan även situationer uppstå, där förorenat vatten spolats iväg på ett ej kontrollerat sätt. Risk finns, att detta även kan medföra problem rörande tillgång till färskvatten.

Urbana områden är känsliga och den nederbörd som faller kan leda till ett komplex av problem, där det är av stor vikt, att bästa möjliga regnstatistik finns tillgänglig. I städer med huvudsakligen hårdgjorda ytor är avrinningsförloppen snabba och därför är det intressant att ha tillgång till statistik över regnintensitet med upplösning upp till ca 5 minuter. Arnell (1982, 1991) och Svenskt Vatten med publikationen P90 (2004) ger en översikt över hur regndata kan användas i samband med utformning av VA-system. Problemen är skiftande och i en del

situationer, exempelvis vid problem rörande urlakning av soptippar på grund av regn, kan det istället för kortvariga regn vara mera intressant med vilka nederbördsmängder som faller under en följd av dygn. I denna rapport har därför statistik tagits fram, som täcker intervallet 3 minuter till 96 timmar.

Förutom VA-sektorn finns även problem kopplade till intensiv nederbörd under kort tid till områden som:

- Jordskred i samband främst med stora regnmängder
- Trafik och vattenplaning av fordon
- Dämpning och polarisation av högfrekventa radiovågor i samband med kommunikationssystem kopplade till satelliter m.m.

3 Ska hänsyn tas till att klimatet ändras vid dimensionering för kraftiga regn?

I regel har den dimensionering som styrt utbyggnad och renovering av VA-system idag skett med utgångspunkt från ett oföränderligt klimat. Svårigheten att dimensionera på rätt sätt ökas nu i och med att vår planet står inför inverkan av en tänkbar klimatförändring. Signalerna från den internationella klimatpanelen, IPCC, ("the Intergovernmental Panel on Climate Change") är otvetydiga, att jordens klimat förändras och att nederbörds- och temperaturklimatet inte minst förändras, (IPCC 2001). Sveriges nordliga läge innebär, att nederbördsklimatet kan bli kraftigt förändrat.

Huvudorsaken till klimatets förändring är att, atmosfären har en annan koncentration av växthusgaser än som var fallet tidigare, exempelvis före industrialismens intåg. Detta påverkar strålningsförhållandena, "den förstärkta växthuseffekten" är ett faktum, och därmed påverkas klimatet. Den hydrologiska cykeln bedöms bli förstärkt av klimatförändringen, vilket innebär att nederbördsförhållandena kan påverkas.

En huvudfråga är: Vad innebär en tänkbar klimatförändring kvantitativt för utveckling av regnstatistik för dimensionering? Kan vi korrigera dagens dimensionerande regnintensiteter för en pågående/framtida klimatförändring?

Investeringar i infrastruktur kopplat till VA-system har avskrivningstider, som kan ligga i intervallet upp till 100 år. I vissa fall vid stora satsningar på infrastruktur, som exempelvis komplexa tunnelsystem i storstadsområden, kan det vara fråga om ytterligare en storleksordning i avskrivningstid.

I denna rapport tas därför frågan upp om klimatförändring under det närmaste seklet kortfattat upp.

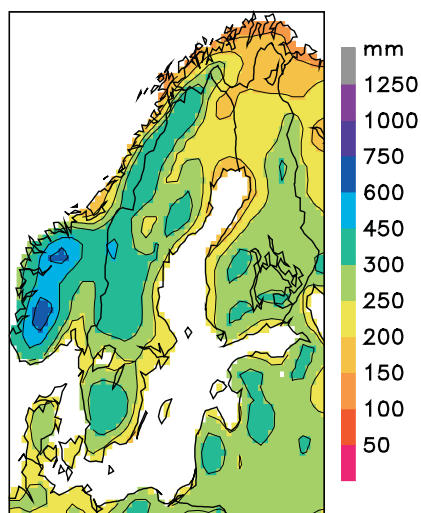
4 Klimatförändring och nederbörd

4.1 Indikationer från klimatmodeller

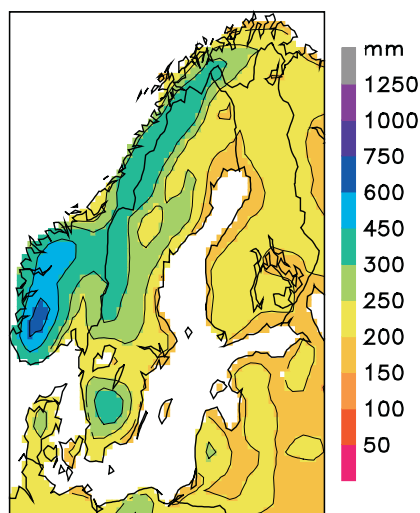
Klimatsimulering vid SMHI, Rossby Centre, indikerar en allmän nederbördsökning i norra Europa, särskilt på vintern samt en allmän minskning av nederbörden i södra och centrala Europa på sommaren. Extrem dygnsnederbörd ökar även i områden, där tidsmedelvärde av nederbörden avtar, Räisänen (2003).

Den osäkerhet som finns i resultaten från klimatsimuleringarna av idag är betydande, men en viss samstämmighet finns rörande den allmänna tendensen rörande nederbörd och temperatur. Nederbördstrenden sommartid under de senaste decennierna i Sverige baserad på klimatobservationer liknar den utveckling, som klimatscenarierna antyder kommer under de närmaste 100 åren.

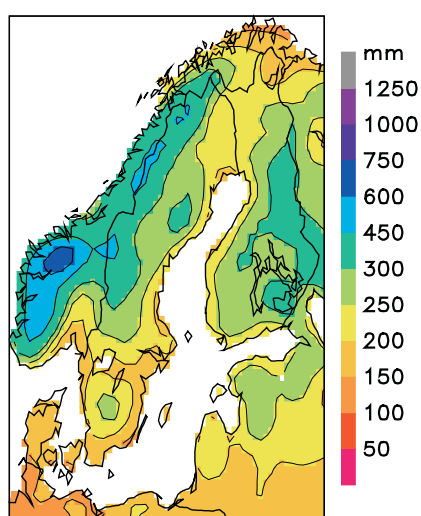
Figur 4-1 från Rossby Centre ger en indikation om vad som kan ske rörande klimatutvecklingen i vår del av nordvästra Europa.



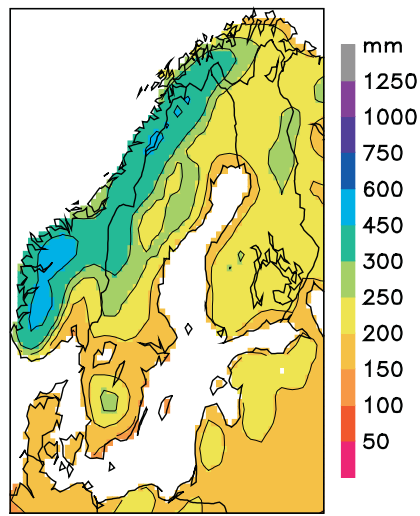
RCAO-E Kontroll Sommar



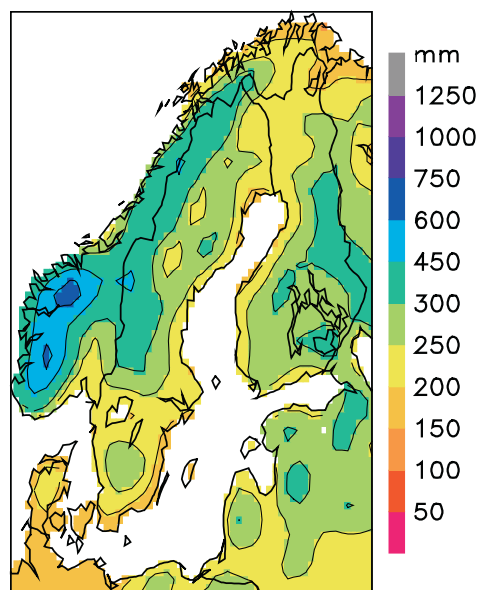
RCAO-H Kontroll Sommar



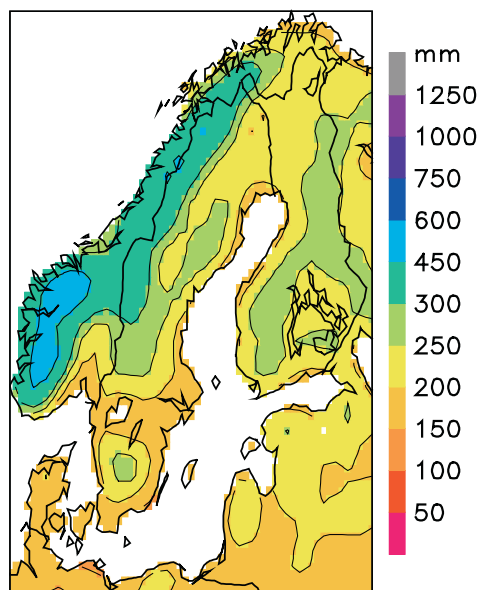
RCAO-E, A2 Sommar



RCAO-H Sommar



RCAO-E, B2 Sommar



RCAO-H, B2 Sommar

Nederbörd: Sommar

Figurerna visar resultat från regionala klimatsimuleringar utförda med modellsystemet RCAO, baserade på globala resultat från den tyska modellen ECHAM4/OPYC3 (vänstra spalten) och den engelska modellen HadAM3H (högra spalten).

De övre figurerna visar kontrollperioden 1961–90. Framtidsscenarierna (2071–2100) baseras på IPCC-SRES A2 (mellersta raden) och B2 (nedre raden) emissionsscenarier.

Kartbilderna visar sommarmedelvärden över de resp. 30-årsperioderna. Sommar definieras här som månaderna juni, juli och augusti (JJA).

Figur 4-1. Nederbörd – resultat från regionala klimatkörningar vid Rossby Centre.
(Figuren bör helst ses i färgversion – se den nedladdningsbara versionen på Svenskt Vattens hemsida.).

Rosby Centre är SMHI:s klimatmodelleringsenhet. Centret byggdes upp under SWECLIM, som var ett svenskt regionalt klimatmodelleringsprogram under perioden 1996–2003. Forskningen vid Rosby Centre rör regional klimatmodellering, vilket inkluderar meteorologiska, oceanografiska och hydrologiska aspekter av klimatet liksom användandet av superdatorer. Arbete sker både inom modellutveckling och utvärdering, klimatförändringsforskning samt effektstudier.

De regionala klimatmodellerna, som utvecklas och används vid Rosby Centre, är atmosfärsmodellen RCA, havsmodellen RCO, liksom den hopkopplade versionen av dessa två RCAO. Dessutom används SMHI:s hydrologiska modell HBV.

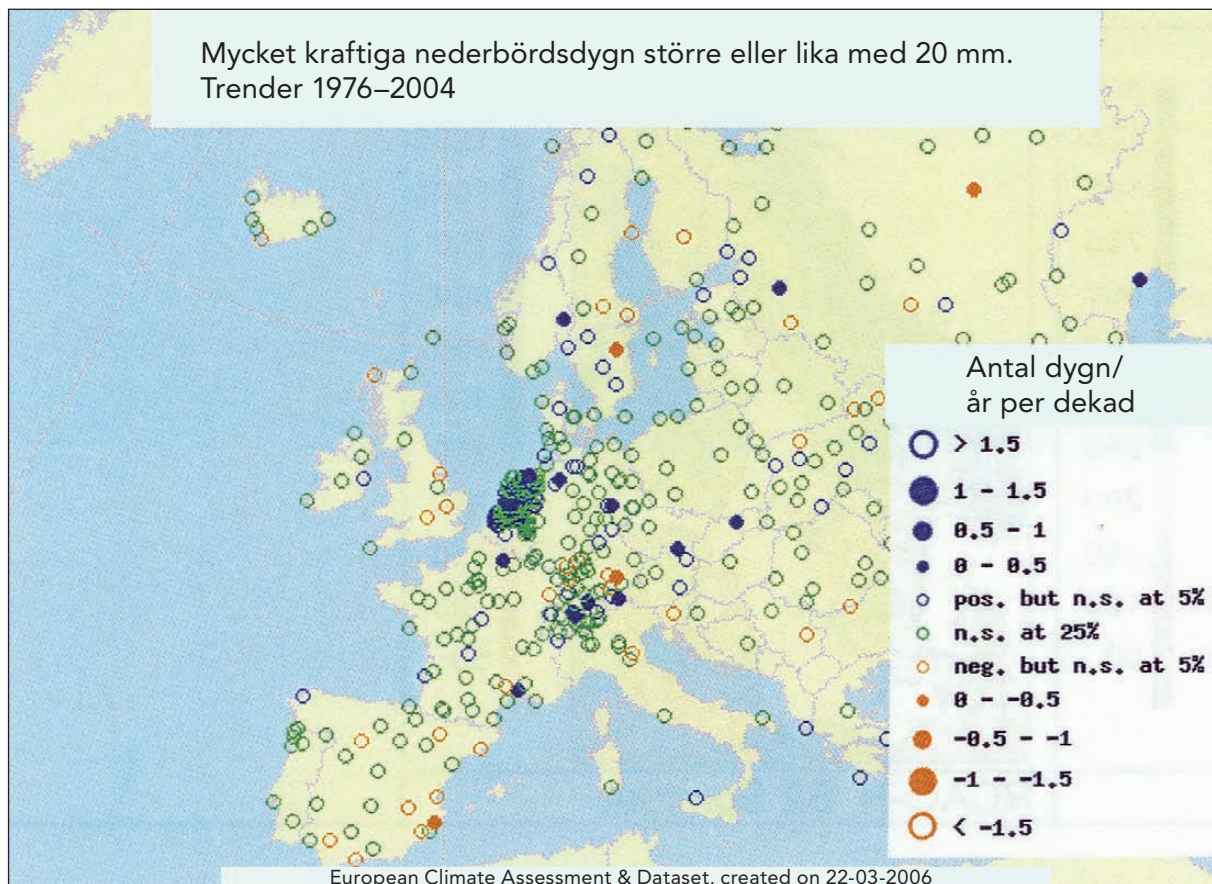
Rosby Centret är involverat i ett stort antal projekt, varav flera EU-finansierade. Projekten berör klimatmodellering och andra aspekter av forskning om klimat och klimatförändringar. Projekten utförs i samarbete med andra forskargrupper både nationellt och internationellt.

En huvudfråga för följande EU-finansierade projekt under tiden 2001–2004 har gällt att skapa mera tillförlitliga högupplösta scenarier för meteorologiska extremer.

- PRUDENCE (Prediction of Regional Scenarios and Uncertainties for Defining European Climate Change Risks and Effects)
- STARDEX (Statistical and Regional dynamical Downscaling of Extremes for European Regions).

I Prudence projektet, Christiansen (2005), redovisas att kraftig vinternederbörd ökar i centrala och norra Europa och avtar i söder. Höga kvantiteter sommar-nederbörd ökar i nordöstra Europa och avtar i söder. Längre torrperioder förutsägs äga rum i Medelhavsområdet. Den totala sommarnederbörden kommer att minska över stora delar av södra och centrala Europa.

STARDEX (2005) har fokuserat på metodik för att sätta samman scenarier rörande extremer för europeiska regioner. På vintern väntas höga nederbördsextremer öka i Skandinavien och under sommaren väntas regnextremerna öka i norra Skandinavien.



Figur 4-2. Frekvens av dygnsnederbörd ≥ 20 mm i Europa. Illustrationen avser månaderna juni, juli och augusti. Det finns en positiv trend av förekomst av kraftiga nederbördsdygn över 20 mm, Tank (2002). (Figuren bör helst ses i färgad version – se den nedladdningsbara versionen på Svenskt Vattens hemsida.).

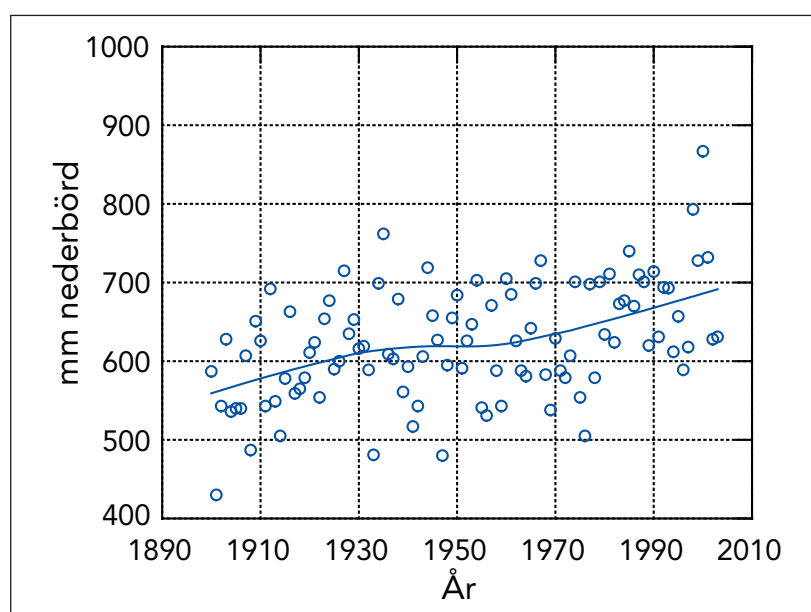
4.2 Klimatförändring och nederbörd – indikationer från observationer i Europa

Europeiska klimatobservationer från det senaste seklet antyder, att det blivit nederbördsfattigare i Medelhavsländerna och att Skandinavien blivit nederbördsrikare. Resultat, som visar detta, har tagits fram inom European Climate Support Network (ECSN) i två rapporter inom projektet "European Climate Assessment" (ECA): Schuurmans (1995) och Tank (2002) (se även Figur 4-2 ovan).

En av slutsatserna, Klein (2002), rörande nederbörd är, att årsnederbörden och antalet nederbördsdagnar visar en positiv trend mellan 1946 och 1999 i norra Europa, medan negativa trender finns i södra Europa. Beträffande nederbördsextremer finns en svagt ökande trend och endast omkring 20 % av stationstrenderna ger en signifikant ökning.

5 Nederbördstrender i Sverige

Nederbörden har allmänt sett ökat under de senaste 100 åren som framgår av Figur 5-1.



Figur 5-1. Årsnederbördens förändring över hela Sverige under de senaste 100 åren.

Materialet grundar sig på nederbördsvärden från SMHI:s officiella nät, som ej här är korrigerade för vindförluster mm.

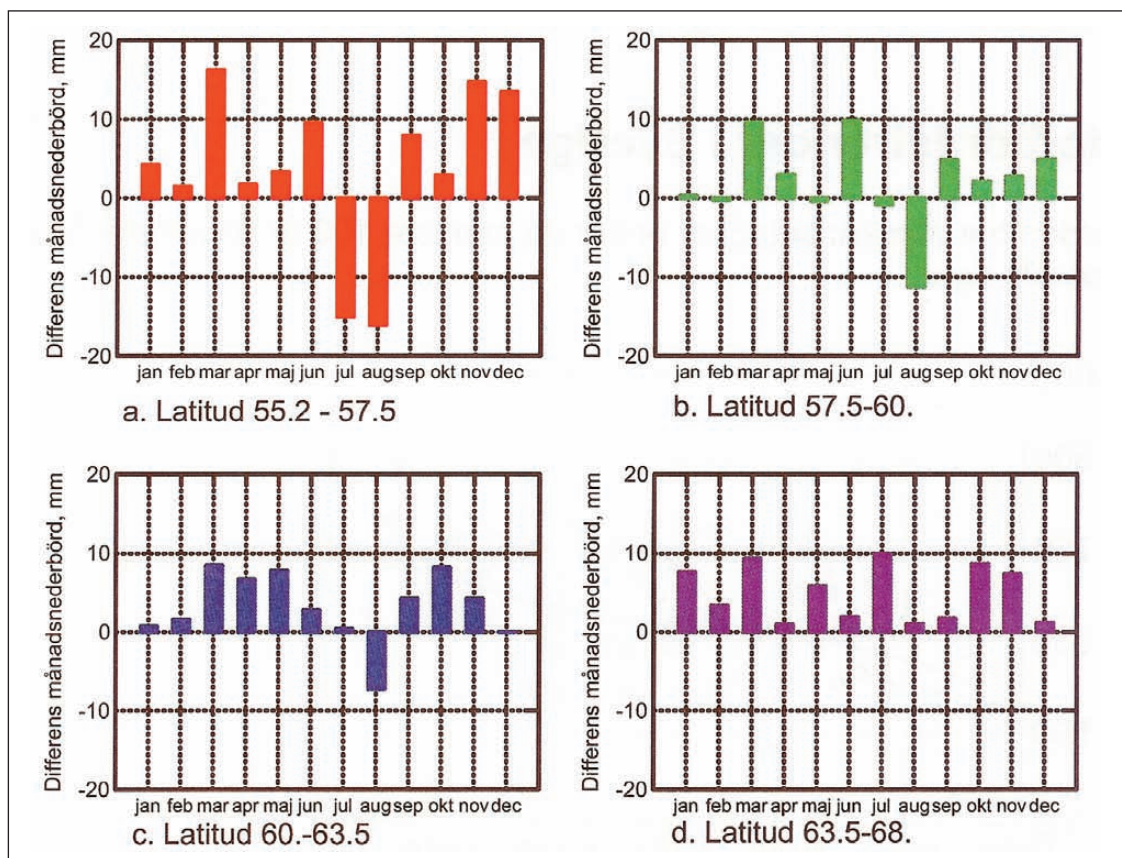
Nederbördsökningen är kopplad främst till vintern och våren, men även juni och juli visar på en uppåtgående trend.

En närmare studie av de regionala nederbördsförhållandena i Sverige visar, att norra och södra Sverige visar olika tendenser under sommaren:

Den genomsnittliga nederbörden i Sverige för perioden 1971–2000 har jämförts med motsvarande nederbörd under 1931–1960 (Figur 5-2, nedan). Landet har delats in i 4 breddgradsband från norr till söder. Det visar sig, att längst i norr har nederbörden ökat under den senaste 30-årsperioden, medan det i de sydligaste banden visar underskott under sommarperioden. Denna utveckling bekräftas även av Figur 11-2 (Differens i Z-värden mellan perioderna 1951–70 och 1931–1960).

Denna variation i nederbördsförhållandena kan vara helt naturlig, men den stämmer även väl med de resultat, som kommer från klimatsimuleringarna, som talar om kommande minskad nederbörd i södra Sverige under sommaren.

För nederbördsintensitetsförhållandena i södra Sverige kan det ändå visa sig, att de intensivaste och kraftigaste regnen ändå ökar. Detta sammanhänger särskilt med att den allmänna uppvärmning, som indikeras av klimatmodellerna innebär, att atmosfären kan innehålla mera fuktighet och därmed avge högre nederbördsmängder. Om de termiska kontrasterna därtill ökar mellan luftmassor på grund av



Figur 5-2. Skillnad i medelnederbörd månadsvis mellan perioden 1971–2000 och 1931–60 i latitudband över Sverige.

uppvärmningen innebär detta ytterligare en faktor till ökad nederbörd, eftersom vädersystemen i hög utsträckning hämtar sin energi från temperaturkontraster – Figur 6-2 illustrerar en sådan situation.

6 Klassisk klimatologi förändrad

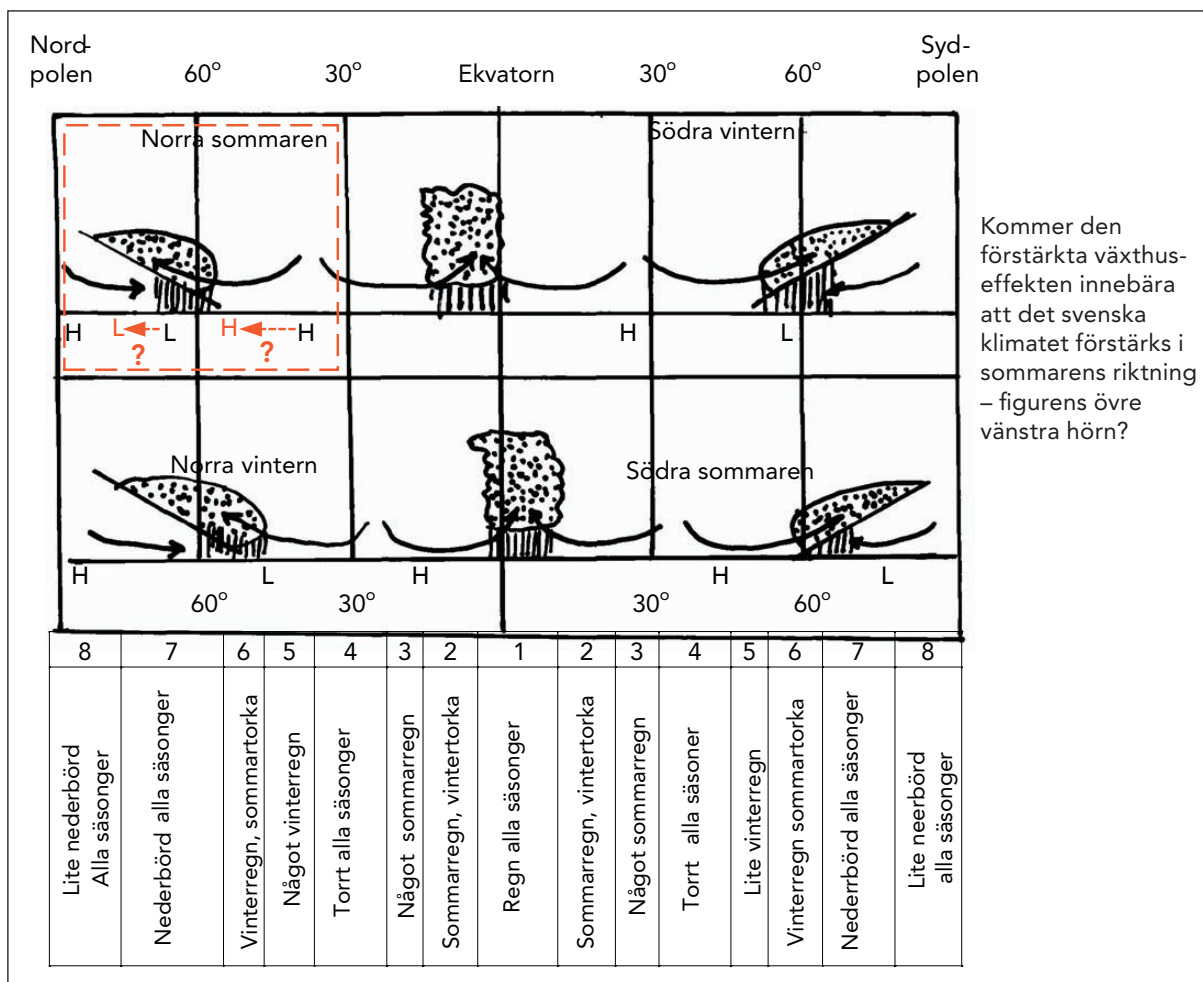
En förenklad bild av hur nederbörden fördelas på grund av årstidernas inverkan ges av Figur 6-1, efter Pettersen (1941). Zoner med regn och torka förskjuts under årstiderna beroende på solstrålningens inverkan. Det innebär exempelvis, att högtrycksryggen över Azorerna förskjuts norrut på sommaren och lågtrycksrännan knuten till polarfronten hamnar då längre norrut, medan det omvända sker på vintern.

Till denna klassiska bild tillkommer nu den sannolika påverkan, som klimatförändring orsakad av den förstärkta växthuseffekten ger. Tillskottet av växthus-

gaser påverkar strålningsförhållandena i atmosfären hela året om och det är naturligt att tänka sig, att förskjutningen av klimatzonerna verkar i ”sommariktning”, dvs. att den förskjutning som normalt förekommer sommartid förstärks. En ytterligare påverkan är, att nederbörden allmänt väntas öka på grund av högre vattenångeinnehåll i atmosfären och en snabbare hydrologisk cykel. Resultat från klimatmodeller, som indikerar mera torka i södra Sverige stöder idén, att vi får en förskjutning i riktning mot förhållanden under den varma årstiden.

Förändringar i havscirkulationen kan ytterligare förändra bilden, särskilt om den Nordatlantiska strömmen påverkas. Den förenklade bilden, i Figur 6-1, stämmer därför inte idag särskilt väl som förklaringsmodell av det framtida klimatet och den enda framkomliga vägen att få verklig insyn i klimatskeendet är via fortsatt utveckling av klimatmodeller.

Slutsats: Indikationer från såväl klimatmodeller som observationer indikerar tydligt, att en klimatförändring, som påverkar nederbördens fördelning och intensitet under de kommande 100 åren kan vara på väg. Ur kvantitativ synpunkt vad gäller nederbördsintensitet är indikationerna emellertid ej särskilt



Figur 6-1. En förenklad bild, efter Pettersen (1941), av nederbördszonernas årstidsmässiga förskjutning.

tydliga. Någon ledning i hur mycket exempelvis dimensionerande intensitet för 5 minuters varaktighet påverkas i södra Sverige under de kommande decennierna går ej att utläsa ur befintlig forskning.

En kvalitativ samstämmighet, att regnintensiteterna kommer att öka i södra Sverige finns dock, liksom att den totala nederbörden i norra Sverige kommer att öka främst under den kalla årstiden.



Kommer de extremaste regnen att öka i Sverige till följd av ett varmare klimat som kan innehålla mera fuktighet?

Figur 6-2. Bilden visar skyfallsliknade regn i samband med organiserad konvektion kopplad till en snabb kallfront. Foto: Bengt Dahlström

7 Nederbördsintensitet i Sverige – kort återblick

Det nationella meteorologiska stationsnätet, där även nederbördsstationer ingick, började byggas på 1860-talet och utbyggnaden kunde sedan förstärkas i och med att SMHI:s tidigare motsvarighet kunde etableras 1873 ("Meteorologiska Centralanstalten"). Sammanställningar som Hambergs "Nederbörden i Sverige 1860–1910" (1910) gav insikt i det svenska nederbörds klimatet.

Utvecklade instrument för mätning av nederbördsintensitet var ännu i sin linda, men började komma igång vid 1800-talets slut och etablerade sig så småningom främst i de större städerna. Ångström (1929) publicerade en tabell över de största nederbördsmängderna i Stockholm 1908–1926 årsvis för varaktigheterna 10 min (27,7 mm år 1916), 15 min, 30 min och 60 min. Falck (1951) nämner, att Stockholms Gatukontor utförde 1930 en studie av nederbördsintensitet för en station i Stockholm med 22 års dataserie samt att Gatukontoret i Uppsala bearbetat en dataserie 1924–1939 från Uppsalas meteorologiska institution.

Av betydelse under denna tid var, att två svenska registrerande nederbördsinstrument utvecklades av Slettenmark (1932) och av Nilsson (1936).

Åkerlindh (1939) bearbetade nederbördsregistreringar från Norrköping.

Falk (1951) genomförde en utredning och utvärdering av nederbördsintensitet, som omfattade 173 stationsår fördelat på 7 olika nederbördsinstrument. Utredningen föranleddes av byggandet av Arlanda flygplats. Denna insats är imponerande särskilt i sin omfattning och sin grundliga genomgång av kvaliteten av observationsmaterialet.

Sondén (1955) har sammanställt information över nederbördsintensitet från Borås 1919–1954.

Wickerts (1964) har utvärderat nederbördsregistreringar från Hellmans pluviograf vid Uppsala meteorologiska institution för perioden 1940–1959.

Modén (1965) har analyserat klimatet i Stockholm och redovisar högsta regnmängder för Stockholm under 10 min, 15 min, 30 min och 60 min för perioden 1908–1963.

Arnell (1974) och (1979) har utvärderat och analyserat nederbördsintensitet från ett antal platser med registrerande instrument i Göteborgstrakten.

Bergström (1976) har sammanställt äldre statistik.

Dahlström (1979) utformade den s.k. "Z-ansatsen" baserat på digitalisering av nederbördsdiagram från 4 stationer omfattande ca 67 stationsår, huvudsakligen under den varma årstiden. En regional parameter baserad på sommarnederbörden används för att generalisera statistik över nederbördsintensitet till en godtycklig ort. En kort beskrivning av Z-ansatsen ges i Bilaga A.

Jonasson (2001) har tagit fram ny statistik över nederbördsintensitet från Malmö och jämfört den med resultat enligt den s.k. Z-metoden.

Svenskt Vatten har i publikationen P90 (2004) förutom värden enligt Z-metoden återgivit några äldre lokala intensitets-varaktighetskurvor: Stockholm (1907–1946), Göteborg, centrala delen, 1926–1971, Malmö 1928–1952 samt 1980–1999 samt Borås 1919–1954.

Hernebring (2006) har redovisat en studie med en huvudrapport och 15 delrapporter, baserat på data från 15 svenska kommuner, med totalt 204 stationsår. Resultaten har satts i samband med tidigare studier av nederbördsintensitet/varaktighetssamband. Föreliggande studie har nära anknytning till detta arbete.

8 Nederbördsintensitet från SMHI:s automatstationer

SMHI har drivit automatiska stationer för insamling av väderdata sedan slutet av 1960-talet.

1995–96 installerade SMHI ett nytt automatiskt mätsystem för meteorologiska observationer och har idag ca 120 meteorologiska automatiska stationer placerade runt om i Sverige. Stationerna är bestyckade med olika givare för mätning av väderparametrar. Det finns emellertid ett antal automatstationer som ej är utrustade med nederbördsgivare.

När det nuvarande meteorologiska automatstationsnätet på SMHI planerades 1995 utformades alla stationer efter samma principiella uppbyggnad. Detta underlättar drift och underhåll av stationsnätet samt innebär fördelar för kvaliteten av mätdata.

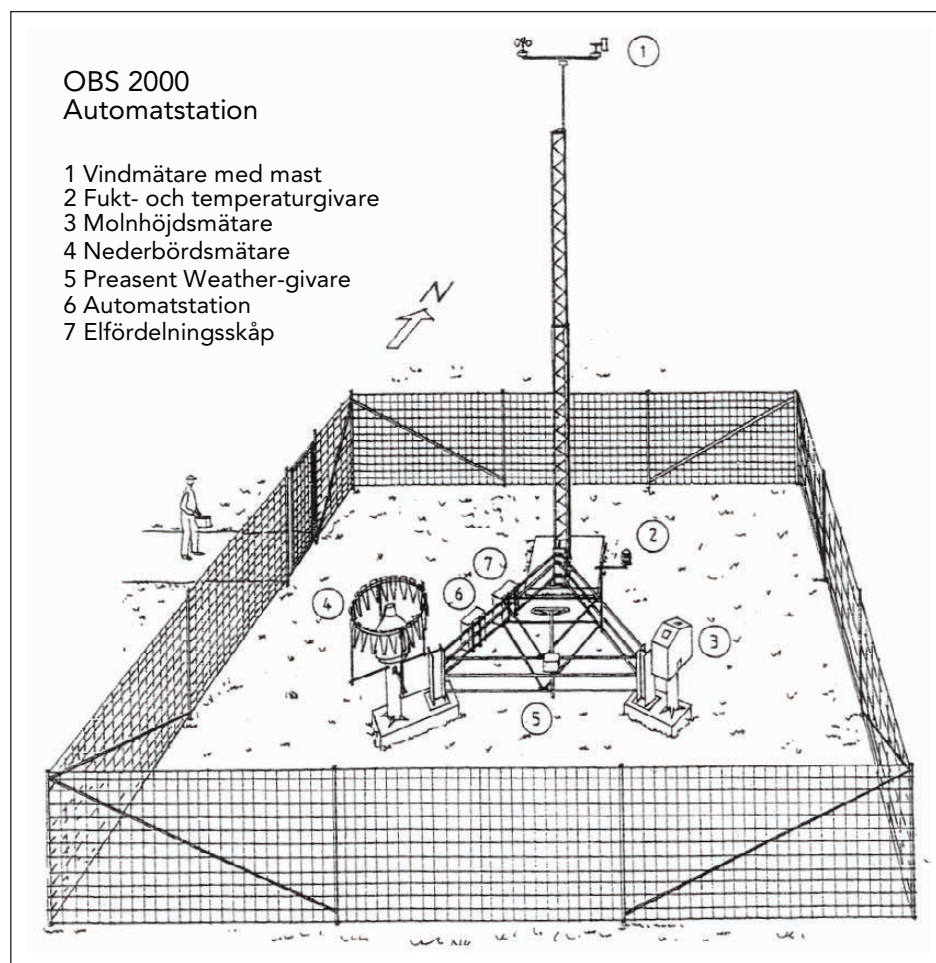
SMHI är numera certifierat av BVQI Sverige AB och uppfyller kraven i ISO 9001:2000 och ISO 14001:2004 och detta underlättar en standardiserad datainsamling med hög kvalitet.

I stort sett alla stationer är uppbyggda på en stål-rörskonstruktion, som står på tre betongfundament placerade i en likbent triangel med en bas i öst-västlig

riktning och motställt hörn i norr. På betongfunda-mentet riktat mot norr står vindmasten. Nederbörds-mätaren är placerad på det fundament, som vetter åt väster och molnhöjds-mätaren på det som vetter åt öster. På stål-rörskonstruktionen däremellan är övriga givare placerade liksom mätterminalen och elfördel-ningsskåpet, se Figur 8-1 och Figur 8-2.



Figur 8-1. Uppställningen av instrumenten på automatstationen i Arvidsjaur.



Figur 8-2. Uppbyggnad av automatstation "OBS 2000".

Mätutrustningen på en fullbestyckad automatstation framgår av Figur 8-2 och är normalt bestående av:

- lufttemperaturgivare (Pentronic PT-100 i strålningskydd Vaisala DTR13)
- luftfuktighetsgivare (Vaisala HMP35/45D i strålningskydd Vaisala DTR13)
- vindmätare (Vaisala WAA15A & 151 + WAV15A 151)
- lufttryckgivare (barometer) (Vaisala PTB201A/PTB220)
- nederbörds-mätare (ackumulerande) (Geonor T-200)
- PW-givare (sikt och väder) (Vaisala FD12P) PW = Present Weather
- molnhöjds-mätare (Vaisala CT12K)

Automatstationernas placering är gjord med hänsyn till vindmätning, som är en viktig parameter för t.ex. varningstjänsten på SMHI. En vindutsatt placering är däremot inte bra för nederbörds-mätning, som kräver en läad plats för att fånga så mycket nederbörd som möjligt.

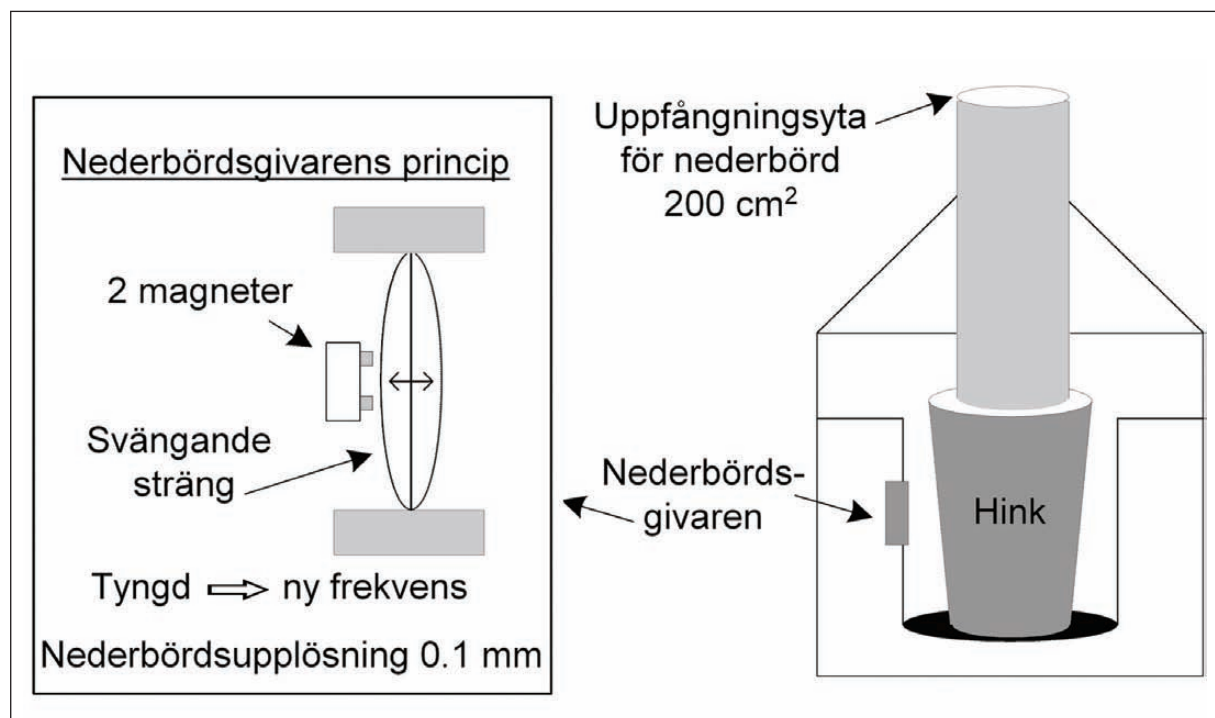
På SMHI finns det ett insamlingssystem, som ringer upp de meteorologiska automatstationerna 1 gång i timmen och samlar in motsvarande timmes väderdatatelegram. Det görs ett telegram för varje timme i stationen. Värden kan registreras med högre upplösning än 1 tim lokalt och sedan överföras på en gång vid varje uppringning.

8.1 Nederbörds-mätare

Nederbörds-mätaren som används på stationerna är norsktillverkade av märket Geonor, se Figur 8-3.



Figur 8-3. Nederbörds-givare T-200.



Figur 8-4. Geonor-instrumentets konstruktion.

Mätprincipen är vägande. En hink, där nederbörden samlas, står på en platta som hänger i två kedjor och givaren. I givaren finns en sträng, som sätts i svängning med hjälp av en elektromagnet. När hinken blir tyngre ökar frekvensen på strängen. Frekvensen från strängen mäts med hjälp av en annan elektromagnet och omvandlas med ett enkelt polynom i automatstationen till mm nederbörd (Figur 8-3 och Figur 8-4).

$$\text{Nederbörd (mm)} = 10 \cdot [A(f - f_0) + B(f - f_0)^2]$$

Där A och B är givarkonstanter, som tas fram vid kalibrering och f_0 är grundfrekvensen hos givaren med tom hink.

Uppfångningsytan är 200 cm². I hinken har man olja och frostskyddsvätska, för att nederbörden inte ska avdunsta på sommaren eller frysa till is på vintern.

Mätområde: 0–600 mm (ca 1000–3500 Hz)

Noggrannhet: 0,1 % FS (0,6 mm)

Upplösning: 0,1 mm

8.2 Registrerande nederbördsinstrument – datakvalitet

Det är välkänt sedan länge, Heberden (1769), att mätning av nederbörd är ett svårt problem och att mekaniska instrument praktiskt tagit alltid ger nederbördsmängder, som systematiskt är för låga. Många ansatser och studier har företagits för att försöka korrigera för förlusterna av nederbörd, se Dahlström (1973), Dahlström (1986), Sevruck (1986), Førland (1996) och Sevruck (1986).

Den främsta felkällan beror på att vinden avlänkar nederbördspartiklar från nederbördsinstrumentens uppfångningsyta. En möjlighet att undvika detta är att placera instrumenten i marknivå med försumbar vind, men då uppstår problem knutna till stänkeffekter, problem vid snömätning, i tropiska trakter kan giftorm samlas i nederbördsmätaren m.m. En förhoppning, finns att mätteknik baserad på optiska metoder i framtiden ska innebära att problemet med vindförluster minskar.

Geonor-instrumentet – datakvalitet

En del problem uppstår vintertid i samband med snömätning och ackumulation av snönederbörd i uppfångningsdelen av instrumentet. Dessa problem kommer delvis att lösas i samband med uppvärmning av instrumentet och för denna rapport bortses från dessa problem eftersom snöintensitet i är låg.

Många av SMHI:s automatstationer har en relativt vindutsatt position och en hel del underskott i registrerad nederbörd orsakas därför främst av vindens avlänkande effekt på nederbördspartiklarna.

De totala förlusterna uppgår vintertid för Geonor till ca 15–20 % jämfört med de mätdata, som insamlas via klimatobservatorer, där insamlat vatten från SMHI:s konventionella nederbördsräkare uppmäts i mätglas. Under sommartid är motsvarande förlust ca 5–10 %. Förlusterna sommartid för SMHI:s konventionella nederbördsräkare kan grovt uppskattas till 5 %–15 %, beroende på hur vindutsatt mätarens läge är.

Geonor-mätarens noggrannhet vid intensiva regn är relativt hög, eftersom mätprincipen baseras på *vägning* av nederbörd.

Nederbördsinstrument av typ ”tipping bucket” – kvalitet

SMHI har innan ”Geonor-eran” utnyttjat nederbördsinstrument med ”tipping bucket” – (tippande skålar) princip. Dessa instrument, på 1970-talet ”Plumatic” och senare ”Friedrich”, har samtliga uppvisat kraftiga förluster i registrerad nederbörd. Ett problem har varit, att instrumentet måste uppvärmas för att smälta nederbörd i fast form och därvid uppstår en lokal konvektion ovan uppfångningsytan, som förstärker den strömning som avlänkar nederbördspartiklarna från instrumentet.

”Tipping bucket”-instrumentet är behäftade med förluster vid mätning av intensiv nederbörd på grund av att under den tid som en skål tippas ut sitt vatten förloras en del vatten, som i annat fall skulle hamna i den andra skålen. Förlusten ökar med regnintensiteten. Kalibrering kan ske mot denna förlust men måste anpassas individuellt för respektive mätare. Ytterligare ett problem är knutna till ålderseffekter på denna typ av instrument: Ökad friktion på grund av smuts, åldringseffekter etc. i ”tipping bucket”-mekanismen leder till lägre registrerad nederbörd Adami (1986) med tiden. 10 år gamla instrument av typ ”tipping bucket” har därför i regel lägre kapacitet än nya instrument.

Hernebring (2006) har jämfört data från 15 kommunala nederbördsinstruments ackumulerade nederbörd med motsvarande information från SMHI:s klimatstationer under den varma årstiden. Detta visar, att underskotten är jämförbara med motsvarande förluster som Geonor uppvisar enligt studier vid SMHI.

De data som kommer från kommunala, registrerande nederbördsinstrument och som studerats av Hernebring (2006) är alla av typ tipping bucket och data från dessa instrument ingår även i denna studie tillsammans med nämnda data från SMHI:s automatstationer utrustade med Geonor-instrument.

9 Nederbördsintensitetsdata: bearbetat material från SMHI och från kommuner

Inom ramen för föreliggande projekts budget valdes 32 automatstationer ut för analys av korttidsnederbörd. Stationerna täcker vardera 10 år under samma period: från och med år 1996 och framåt i tiden – avsikten är ju, att automatstationsnätet ska drivas på långsiktig grund.

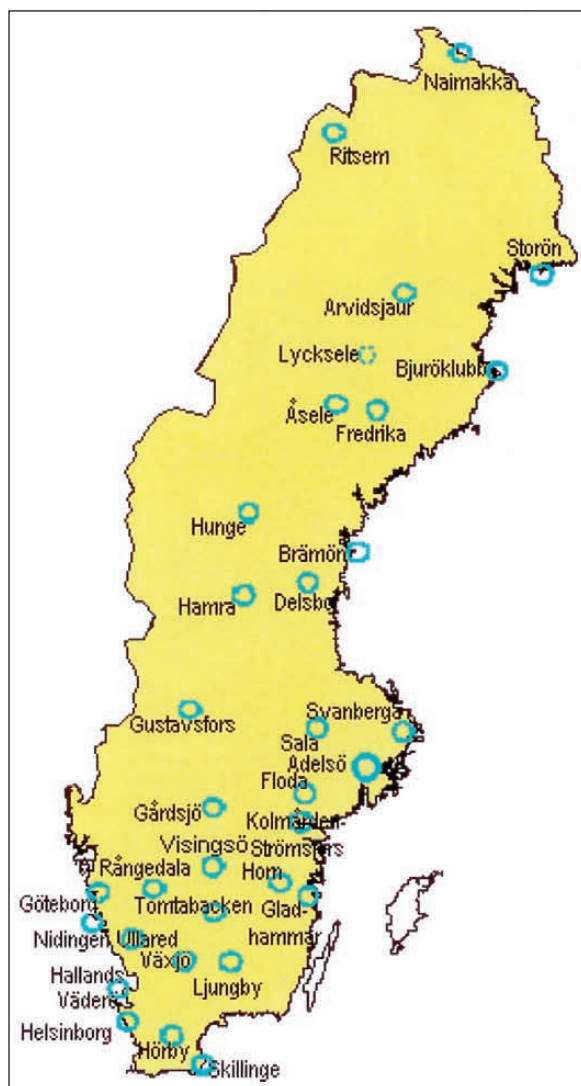
Standardmässigt lagras ackumulerade nederbördsvärden för varje timme. Upplösning är emellertid högre och i framtida studier kan därför ytterligare nederbördsinformation rörande korttidsnederbörd utvinnas ur automatstationsmaterialet.

Läget för de utvalda automatstationerna framgår av bifogade karta, Figur 9-1.

Dessutom har i denna studie även utnyttjats data från de stationer från kommuner som Hernebring (2006) sammanställt. Dessa data består av information från 15 stationer.

Regnintensitetsdata som ingår i Hernebrings studie framgår av Tabell 9-1.

Som framgår av ovanstående tabell har de kommunalt drivna stationerna fungerat under längre tid än SMHI:s automatstationer, som enligt beskrivningen ovan fungerat sedan 1 januari 1996.



Figur 9-1. Urval av SMHI:s automatstationer som ingår i denna studie.

Tabell 9-1. Orter med serier av nederbördsintensitet som ingår i Hernebrings (2006) studie.

Borås	1982–88, 1994–2004
Göteborg	1973–2004
Halmstad	1992–2004
Helsingborg	1991–2004
Jönköping	1985–2004
Kalmar	1991–2004
Karlskrona	1998–2004
Karlstad	1994–2004
Malmö	1980–2004
Skellefteå	1995–2004
Stockholm	1984–2004
Sundsvall	1991–2004
Uddevalla	1993–2004
Uppsala	1991–2004
Växjö	1985–2004

10 Nederbördsintensitet – bearbetningsmetodik

Bearbetningsrutinerna

utvecklades enligt följande:

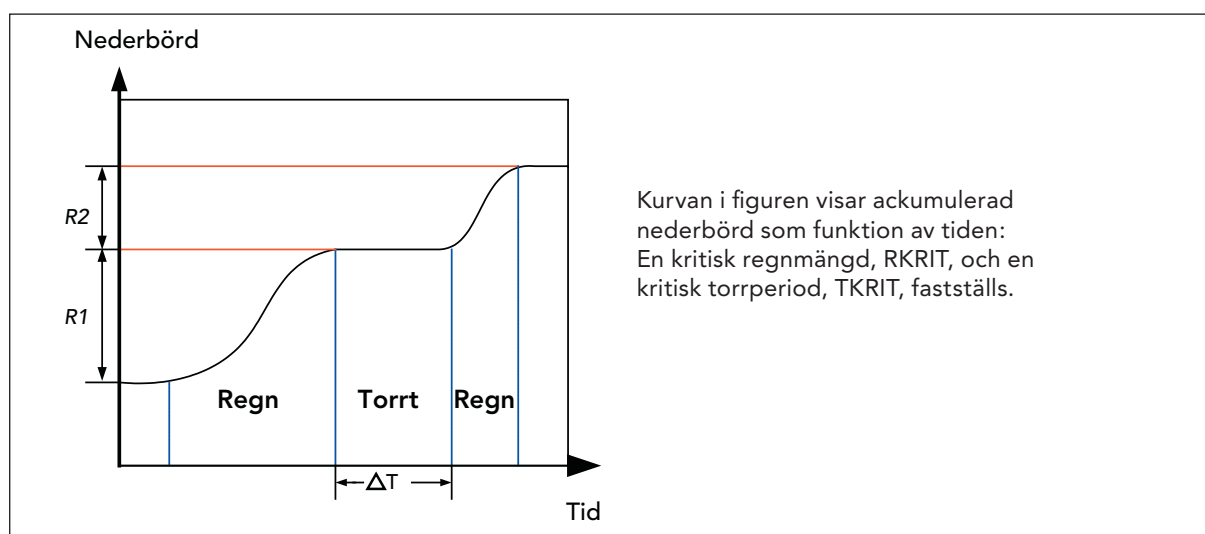
1. Grov kvalitetsgenomgång av materialet.
 2. Utsortering för respektive station av regn enligt en regndefinition (se nedan).
 3. Bearbetning av varje enskilt regn för respektive station för urval av de häftigaste intensiteterna för respektive varaktighet, s.k. blockregnsdata.
 4. För varje station rangordnas blockregnen. I samband härmed beräknades återkomsttid för blockregnen för respektive varaktighet.
 5. Studie av möjligheten att finna generella samband som förklarar regnintensitetsförhållandena regionalt i landet.
- I. Det visade sig vid genomgången av automatstationsmaterialet, över 300 år i timvis nederbördsinformation, att en hel del kvalitetsproblem i form av oacceptabelt kraftig nederbörd uppkommit vid flera av dessa stationer. Det förekom mängder på över 100 mm på en timme. Dessa skyfall sorterades bort efter granskning. Ett antal liknande fall studerades ingående manuellt, innan beslut togs att sovrå materialet. Denna tidskrävande del av arbetet ansågs emellertid nödvändig. Ett par stationer sorterades bort helt, eftersom de hade otillräcklig täckning av data under sommarmånaderna.

II. Utgångspunkt för bearbetningen är definitionen av vad ett regntillfälle är, vilket varit en utgångspunkt i nästan alla tidigare bearbetningar av denna typ, se Falk (1951), Arnell (1974), Dahlström (1979) och Hernebring (2006). En viktig fråga gäller om hur regnen bäst ska separeras från varandra för att kunna betraktas som oberoende händelser. En annan fråga gäller, hur mycket regn som ska ha fallit, för att regnet ska vara av värde för vidare bearbetning. Dessa problem kan regleras genom regler, hur urvalet av information ska företas. Figur 10-1 illustrerar, hur en sådan "regndefinition" fungerar.

I denna studie valdes den kritiska torrperioden till 3 timmar för varaktigheter upp till 6 timmar för regnen. Regn under 4 mm mängd sorterades bort. För varaktigheter över 6 timmar upp till 96 timmar valdes en kritisk torrperiod av 12 timmar och 4 mm var även här den undre gränsen, för att regnmängden skulle bearbetas vidare.

Beroende på om regnmängderna R1 respektive R2 är större än RKRIT, så accepteras eller förkastas de för vidare bearbetning. Beroende på om torrperioden ΔT är längre eller kortare än TKRIT, kommer regnen R1 och R2 att vara två enskilda regnfall eller ett samhörande regnfall (Figur 10-1).

III. Varje enskilt regn för respektive station bearbetades för urval av de häftigaste intensiteterna för respektive varaktighet. De högsta intensiteterna för respektive regnvaraktigheter från 1 timme upp till 96 timmars varaktighet extraherades från regntillfällena. Om en varaktighet var längre



Figur 10-1. Illustration av regndefinition.

än det studerade regnets varaktighet, ansattes blockregnsvolymen till det totala regnets volym. Schemat för urval av blockregnen framgår av Figur 10-2.

- IV. Bestämning av återkomsttid baseras på nederbördsseriens längd och hur rangordningen ska fastställas. Detta är i sig ett problem särskilt för de längre återkomsttiderna då valet av formel kan vara utslagsgivande för resultatet. I detta sammanhang användes Weibulls plottningsformel och återkomsttiden bestämdes enligt:

$$T = (N + 1)/n \quad \text{där,}$$

T = återkomsttiden i år

N = antalet år som dataserien täcker

n = regnets ordningsnummer

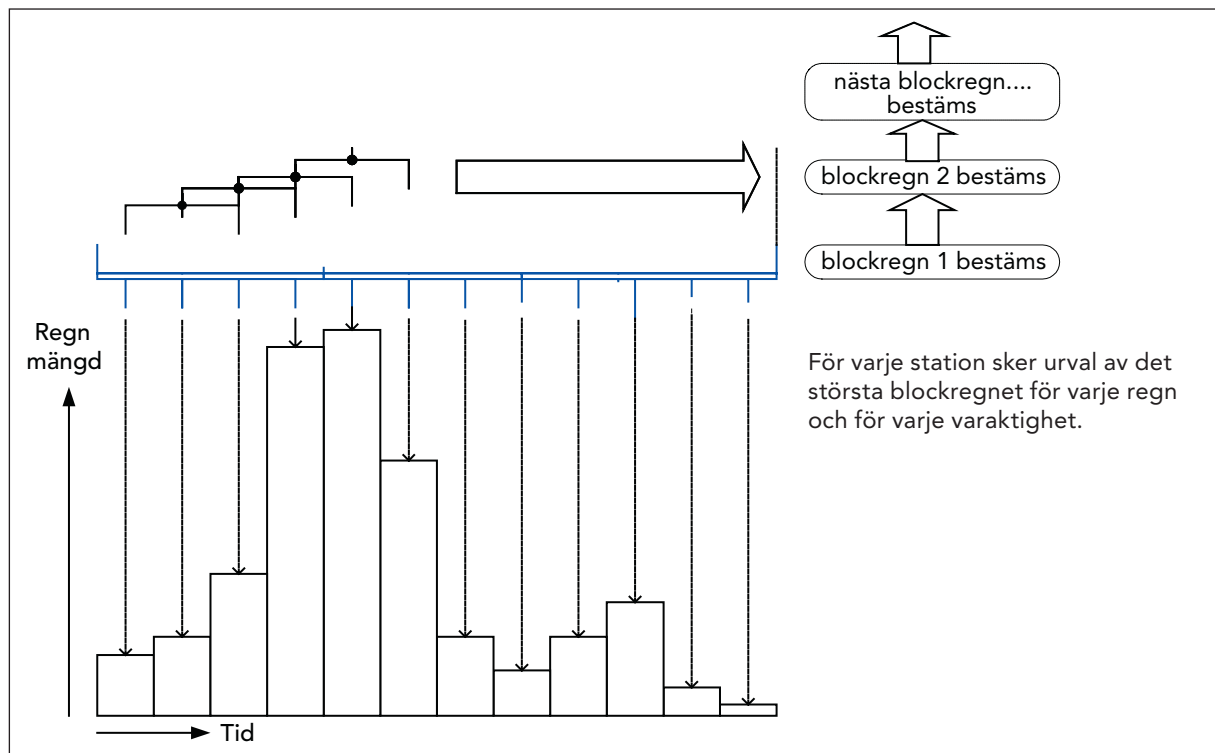
Resultatet enligt bearbetningspunkt 4 för varje automatstation framgår av Bilaga B. Resultat från de kommunala stationerna innehålls i publikationerna av Hernebring (2006).

- V. Bearbetningsrutin enligt punkt 5 ovan rörande generalisering av resultat behandlas i några följande avsnitt.

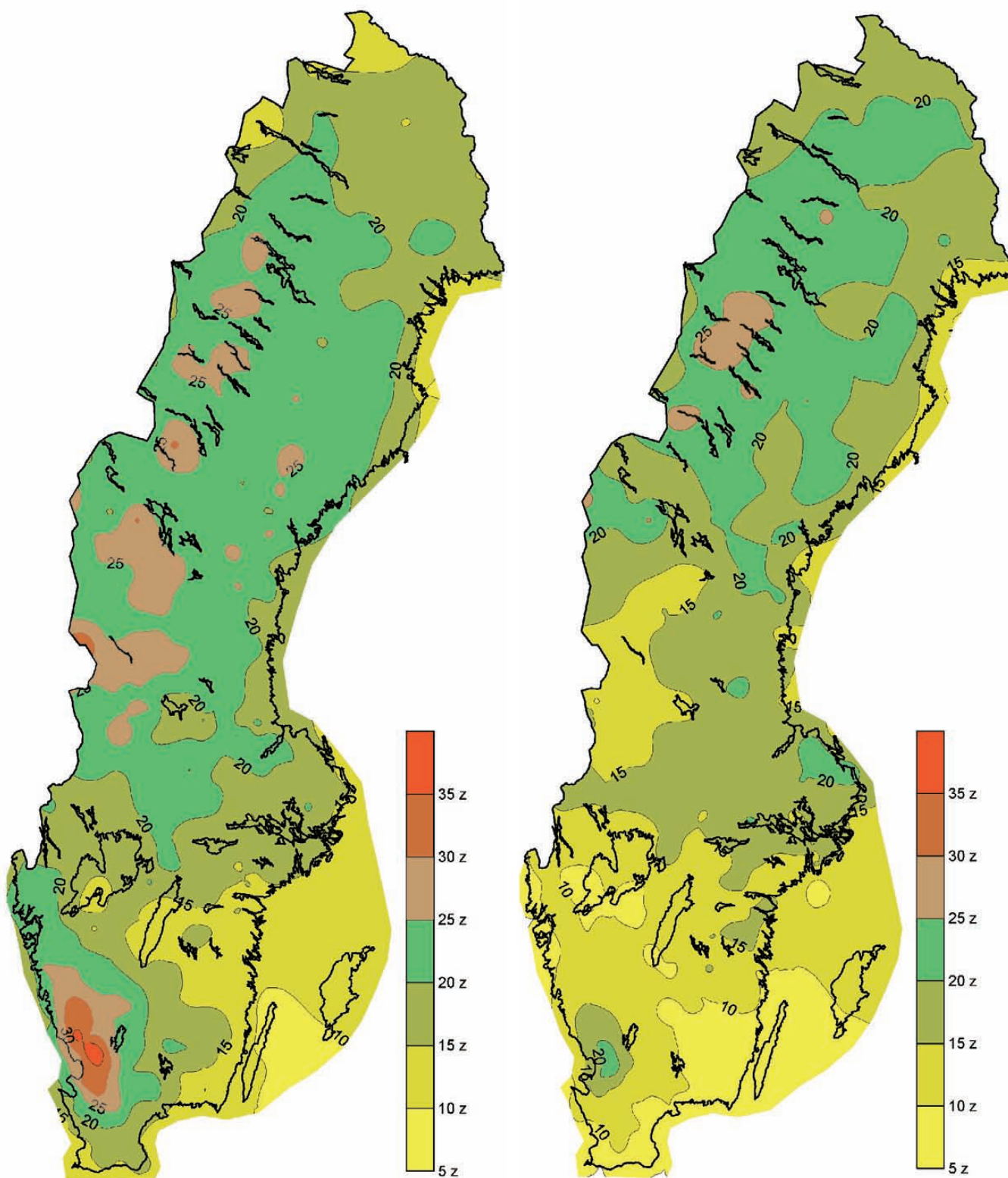
11 Ansatser för generaliserad tolkning av nederbördsintensitet i Sverige

Som framgår av det tidigare avsnittet om klimatförändringens inverkan på nederbördsförhållandena i Sverige, kan det vara motiverat att betrakta nederbördsintensitetens regionala fördelning i Sverige – och givetvis även på andra håll – som något som kan vara under förändring. Hernebring (2006) jämför den nya statistik över intensitet, som tagits fram med motsvarande resultat beräknade via Z-metoden och baserat på det konvektiva mönstret, som ges av nederbördsmaterial från 1931–1960. I sammanfattningen konstateras, att ”grundtendensen finns där, men att spridningen är stor. Generellt ansluter regionala intensiteter enligt Dahlström ofta relativt väl till uppmätta data vid kortare varaktigheter (ca 10 minuter), medan avvikelsen kan vara större för längre regn.”

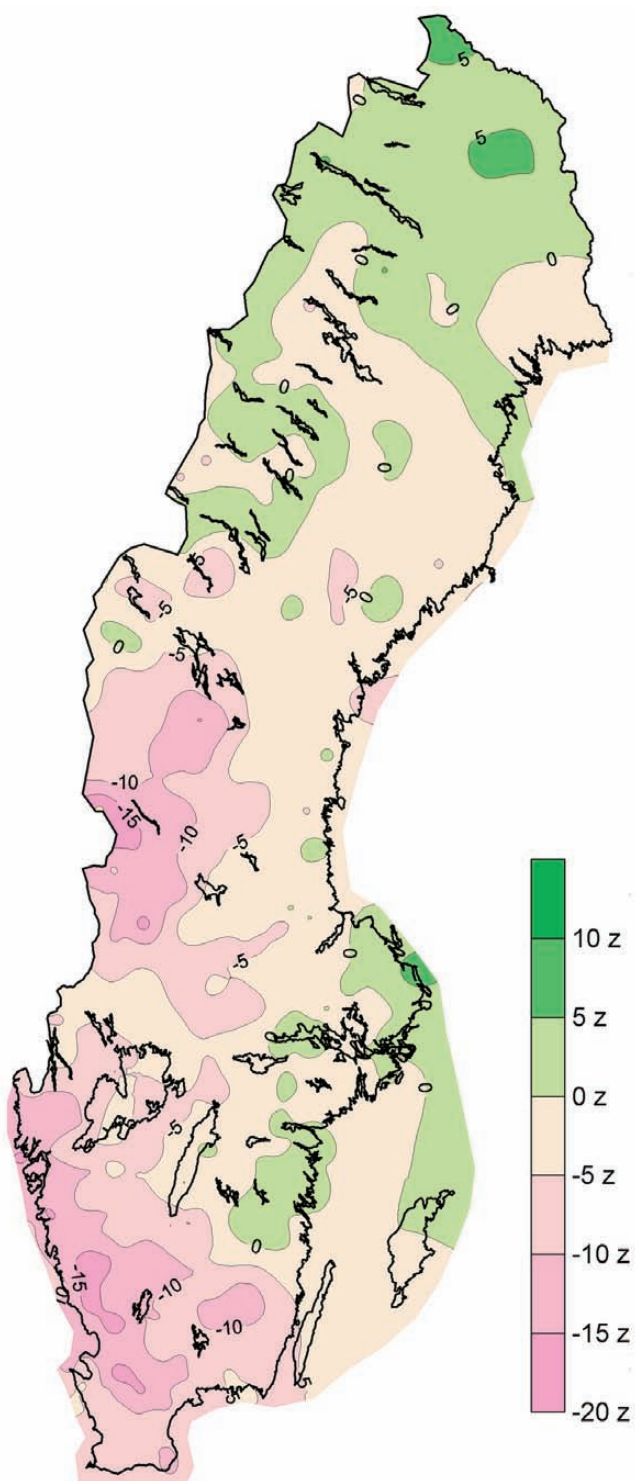
Det konvektiva nederbördsmonstret, ”Z”, utvecklades baserat på den dåvarande s.k. normalperioden 1931–1960 för nederbörd och motsvarande karta för perioden 1971–2000 framgår av Figur 11-1.



Figur 10-2. Urval av blockregn från högupplösta regnserier.



Figur 11-1. Z-värden för 1931–60 (vänstra kartan) och för 1971–2000 (högra kartan). Maximum i Z i sydvästra Götaland (Halland och Småland) har minskat under den senare perioden.
(Figurerna bör helst ses i färgad version – se den nedladdningsbara versionen på Svenskt Vattens hemsida.).



Figur 11-2. Differens i Z-värden mellan perioderna 1951–1970 och 1931–1960. En kraftig minskning i konvektionsmönstret har skett främst i den västra delen av den södra halvan av Sverige. (Figuren bör helst ses i färgad version – se den nedladdningsbara versionen på Svenskt Vattens hemsida.).

Differensen mellan de två kartorna illustreras av Figur 11-2.

Det står klart, att den reduktion i sommarnederbörden, som konstaterats tidigare i avsnitt även slår igenom i det konvektiva nederbördsmönstret.

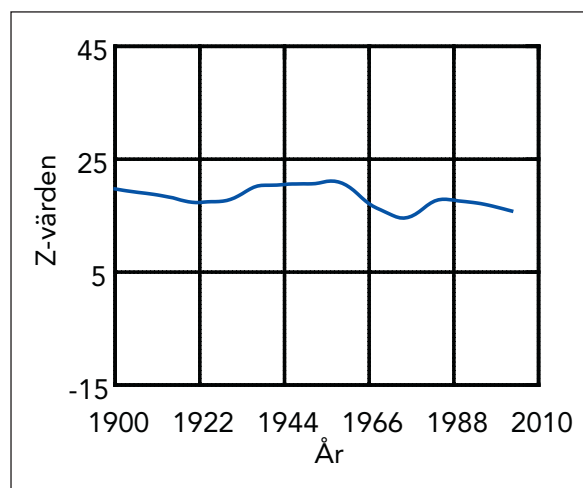
Differensen i Z-värden mellan de två perioderna framgår av Figur 11-2.

Z beräknas enligt ekvationen:

$$Z = \frac{1}{2}(N_7 + N_8) - N_v \quad \text{där,}$$

N_7 , N_8 och N_v är medelnederbörden under en 30-årsperiod under respektive juli, augusti respektive under en vårmånad med ringa konvektion.

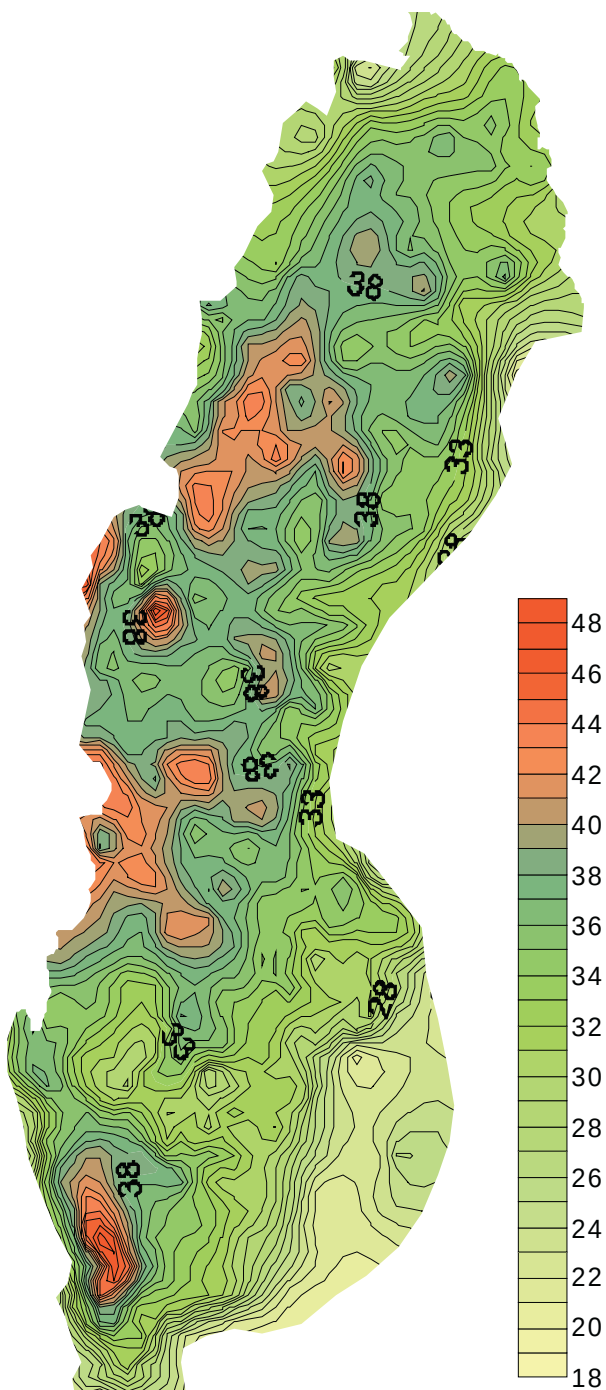
Figur 11-3 visar hur en utjämnad kurva över hur Z varierat totalt för Sverige under 1900-talet. En anledning till att Z-värdena minskat under de senaste decennierna är, att det skett en nederbördsökning under våren och medfört att N_v ökat i ekvationen för Z ovan.



Figur 11-3. Utjämnad kurva över hur Z varierat totalt för Sverige under 1900-talet.

I en ny ansats testades med den nya statistik över nederbördsintensitet i Sverige, som erhållits från Hernebrings (2006) projekt och från föreliggande projekt med utnyttjande av en ansats, där det konvektiva nederbördsmönstret tolkades enbart via det 30-åriga nederbördsmönstret 1971–2000 uttryckt som medelnederbörd under juni, juli och augusti. Den motsvarande kartan framgår av Figur 11-4.

Eftersom sommaren är helt dominerande vad gäller fall där regnintensiteten är dimensionerande, var det naturligt att testa den konvektiva strukturen med den statistik över nederbördsintensitet, som nu finns tillgänglig från de 47 stationerna. De tester som här utfördes visade emellertid inte på några uttalade kopplingar mellan den framtagna statistiken och det konvektiva nederbördsmönstret under



Figur 11-4. Konvektiv nederbörd 1971–2000. Nedskalad medelnederbörd under juni, juli och augusti för perioden 1971–2000. Varje värde på kartan ger med faktorn 6 medelnederbörden för sommaren under denna period. (Figuren bör helst ses i färgad version – se den nedladdningsbara versionen på Svenskt Vattens hemsida.).

sommaren. Sambanden var i regel svaga. En svag koppling finns dock i värdeområdet 28–34 i ovanstående kartas värden med formler som var uppbyggda enligt Z-ansatsen.

Möjliga orsaker till bristen på koppling kan vara följande:

1. Det finns ingen direkt koppling mellan konvektionens medelmönster enligt ovan och dimensionerande nederbördsintensitet.
2. Felkällor i observationsmaterialet, som statistiken över nederbördsintensitet grundar sig på, maskerar de underliggande sambanden.
3. Nederbördsintensitetens mönster är starkt kopplat till lokala fysiografiskt betingade faktorer, som maskeras av konvektionens medelmönster.
4. Förändringar betingade av att klimatet ändras, maskerar sambanden mellan konvektionsmönstret och dimensionerande nederbördsintensitet. Klimatet upplever en ”Sturm och Drang-period”
5. Samverkan mellan två eller flera av faktorerna ovan.

12 Kvantitativ beräkning av dimensionerande nederbördsintensitet i Sverige

Det är önskvärt, att de resultat som beräknas i form av regnstatistik för enskilda orter kan knytas ihop till resultat, som kan utnyttjas för varje ort i Sverige och med bästa möjliga kvalitet. Kvaliteten av de tillämpningar inom VA-sektorn, som har behov av dimensionerande regnintensitet, kan därmed förbättras.

Väsentliga problem i detta sammanhang är framförallt följande:

1. Regnstatistik, som erhållits för en enskild ort är inte nödvändigtvis representativ för framtida regnhändelser på samma ort. Detta sammanhänger med att det tar lång tid för naturen att spela upp hela sitt register av väder- och regnskeenden. Det urval av information som sker via en relativt kort serie av mätdata från en ort är därmed inte alltid representativ i ett längre perspektiv.
2. Bristen på regnintensitets-statistik i Sverige – som dock förbättrats något.

3. Det är sannolikt, att regnintensitetsklimatet befinner sig i en förändring.
4. Problem knutna till datakvalitet.

Den ansats som presenteras nedan har som utgångspunkt följande tre huvudpunkter:

- Som tidigare nämnts, finns 47 orter nu framtagna med regnintensitets-statistik i Sverige. Dessa nya data, som tagits fram, härrör från Hernebrings (2006) projekt, 15 orter, och från föreliggande projekt, 32 orter. Hela detta nya datamaterial utnyttjas.
- Registrerande nederbördsinstrument visar stora systematiska underskott i registrerad nederbörd och det är nödvändigt att korrigera för detta, om estimaten av dimensionerande nederbördsintensitet skall vara unbiased.
- Insikten om att det är sannolikt, att klimatet rörande nederbördsintensitet är under förändring. Som framgår av denna rapport, visar resultat från klimatmodellering och från studier av svenska klimatdata samstämmiga resultat, vad gäller förändring av sommarnederbörden i Sverige. Detta ger indicier om pågående förändring, som inte utan vidare kan förbises.

Baserat på ovanstående tre punkter har här problemet att estimeras dimensionerande regnintensitet uttryckas enligt följande:

$$I = I(\Delta t, T, Q, \Delta C_r) \quad (1) \text{ där,}$$

I = Regnintensitet som funktion av:

- blockregnets varaktighet, Δt ,
- blockregnets återkomsttid, T
- kvalitet, (Q)
- förändrad regnintensitet orsakad av klimatiförändring, (ΔC_r), under de närmaste 100 åren.

Från de senaste årens forskning rörande klimatiförändring är det oklart, hur en eventuellt kommande klimatiförändring kommer att påverka den statistiska fördelningen av nederbördsintensitet med hög tidsupplösning. De signaler som kommer från den pågående forskningen är mera i termer som, att "nederbördsextremer kommer att öka i frekvens", snarare än några detaljer i den statistiska fördelningen av nederbördsintensitet. Om denna snarast kvalitativa kunskap ska kunna tas tillvara, kan det vara en fördel att skriva om (1) som

$$I \approx (1 + Q + \Delta C_r) * F(\Delta t, T) \quad (2) \text{ där,}$$

- $F(\Delta t, T)$ är en generaliserad funktion, som ger nederbördsstatistik från befintligt klimat
- Q är en procentuell korrektion för förluster vid nederbörds-mätning
- Termen ΔC_r avser en genomsnittlig procentuell förändring av nuvarande statistik över nederbördsintensitet på grund av klimatiförändring.

I. Kvalitetstermen Q

Det är önskvärt, att korrigering av mätdata, exempelvis för systematiska förluster betingade av vind, sker direkt i respektive dataserie och beroende på de individuella regninstrumentens egenskaper och felkällor. Detta sker emellertid praktiskt taget aldrig och inte något av de 48 instrument, som utnyttjats i denna studie har korrigerats för systematiska förluster. Därför har denna "bulk correction" faktor, Q , införts. Som framgick tidigare, ger den vägande Geonor-mätaren samt kommunernas registrerande nederbördsinstrument (baserade på "tipping-bucket" principen) ca 10 % underskott i nederbörd under den varma årstiden jämfört med nederbördsdata från SMHI:s manuella nederbörds-kärl. Detta kärl är behäftat med systematiska förluster, som uppgår till 5–15 % under sommaren. Termen Q kan troligen ansättas till 10 %. Detta är sannolikt en låg ansättning, men värdet kan vara realistiskt för vindskyddade stationer, där vindförlusten är relativt begränsad. Höga regnintensiteter är positivt korrelerade med större regndroppsstorlek och detta kan inverka reducerande på den aerodynamiskt betingade förlusten. En motverkande faktor är här emellertid, att kraftig vind ofta kan förekomma vid kraftig nederbörd. Fältförsök bör företas för att klarlägga förlusterna bättre kvantitativt.

II. Förändring av dimensionerande regnintensitet på grund av klimatiförändring

Genomgången av de EU-finansierade projekten PRUDENCE och STARDEX som indikerats tidigare i denna rapport indikerar, att nederbördsintensitet kan öka under det närmaste seklet i bl.a. nordvästra Europa. Detta trots att indikationer finns, att det blir torrare på sommaren i södra Sverige. Osäkerheten är emellertid betydande och det är svårt att avläsa kvantitativt, vad klimatsimuleringarna innebär för dimensionerande statistik rörande nederbördsintensitet.

I brist på säker, kvantitativ information om den kommande klimatutvecklingen rörande intensiv nederbörd är det nära till hands att invänta förbättrade klimatsimuleringar.

En del skäl talar för att konkret försöka ta hänsyn till den rådande situationen, vad gäller klimatets utveckling:

- Klimatsimuleringar och synteser baserade på trender i klimatobservationer går i stort sett i samma riktning och indikerar nederbördsökningar och intensivare regn i framtiden i det område av nordvästra Europa, där Sverige befinner sig.
- Försiktighetsprincipen motiverar att hänsyn redan nu tas, trots bristfälligt underlag, till klimatutvecklingen.
- Klimatunderlag för dimensionering har hittills endast i ringa grad tagit hänsyn till tänkbar förändring av klimatet: klassisk statistik baserad på 30-åriga normalperioder av klimatvariabler har nästan alltid varit grunden för planering. De signaler som ges idag från internationell klimatforskning på tidsskalan 50–100 år ger anledning till att skapa ett nytt koncept: Korrigering för en tänkbar klimatförändring av klimatunderlag baserat på observationer.

Sammanfattning:

- Ett rimligt värde på korrektionstermen Q är 0,1, som täcker en stor del av instrumentens förluster av nederbörd på grund av vindens verkningar med mera.
- Termen ΔC_r är mycket osäker. Uppskattningarna av hur klimatförändring kan tänkas påverka statistik över korttidsnederbörd rekommenderas ske i nära samarbete med forskare inom klimatförändring.

13 Utveckling av en termodynamiskt baserad formel

Resultat från extraktion av de intensivaste blockregnen från de 47 orterna i Sverige visar, att de

kraftigaste regnen på kort tid domineras helt av sommarmånaderna.

För beräkning av dimensionerande nederbörd i generell statistisk form är därför problemet att karakterisera dessa regn knutet nästan uteslutande till beräkning av kraftig konvektiv nederbörd. Under de senaste decennierna har forskningen varit omfattande inom detta område med laboratorieexperiment, fältförsök och högupplösta numeriska simuleringar.

Fokus för dessa studier har emellertid sällan gällt tillämpningar inom sektorer, som är intresserade av dimensionerande nederbörd: forskningen inom området har nästan uteslutande gällt parametrisering av cumulus konvektion i samband med modeller för väderprognoser och för beräkning av det framtida klimatet.

- Få ansatser i forskning rörande konvektion verkar ha företagits med målsättning att utveckla bra planeringsunderlag för samhällssektorer, där skyfall och annan kraftig nederbörd är väsentlig.

Utgångspunkten för ansatsen här är att ta de väsentligaste fysikaliska faktorerna i beaktande. Faktorer som bestämmer hur kraftig nederbörd som genereras och som kan uttryckas med den begränsade information som finns tillgänglig.

Följande faktorer är väsentliga:

- För att moln ska ge nederbörd i större mängd erfordras, att kondensation sker via avkylning av fuktig luft. Avkylning sker genom hävning av fuktig luft, s.k. adiabatisk avkylning. I samband med konvektion stiger volymer av luft, som är varmare än omgivningen och avkyls adiabatiskt. Lyftkraften vid konvektionen blir kraftigare ju större temperaturskillnaden till omgivningen är. Kondensation och frigörande av latent värme medför, att lyftkraften kan öka. Kondensation är därför fundamental för efterföljande nederbördsbildande processer. På svenska breddgrader sker i regel konvektiv regnbildning enligt Wegener-Bergerons isjärneteori, Bergeron (1933).
- När torr luft i omgivningen blandas med den uppstigande luften, hämmas konvektionen, s.k. entrainment. Detta är en väsentlig process och många studier har genomförts för att hitta bra lösningar på hur denna blandningsprocess bäst ska formuleras för tillämpning i numeriska modeller.
- Konvektionen påverkas även av hur vädersituationen ser ut på en större skala. En konvergerande strömning kan exempelvis medföra, att luftvolymer

hävs tillräckligt för att kondensationsprocessen ska inledas och fortsätta. I denna tidsbegränsade studie har emellertid inte några prediktorer hämtats från det synoptiska väderläget.

I den modell som utvecklats enligt nedan har termodynamiska samband utnyttjats för att komma fram till en fysikaliskt grundad formel. Den kan utnyttjas för att generalisera de data över nederbördsintensitet, som finns i Sverige.

Härledning av formel:

En enhetsvolym luft med höjden Δz betraktas. Det totala vattenångeinnehållet blir då $\rho r \Delta z$, där

- r är kvoten mellan massan vattenånga och massan torr luft
- ρ är tätheten hos torr luft.

Från lagring av vatten i moln bortses och kondensationshastigheten blir då densamma som regnintensiteten. Om R' betecknar regnintensiteten som härrör från det studerade atmosfärsskiktet blir, eftersom $\frac{dr}{dt} < 0$,

$$R' = -\rho \frac{dr}{dt} \Delta z$$

Vertikalhastigheten kan uttryckas som $w = \frac{dz}{dt}$

och om vi försummar ändring i tjockleken av skiktet kan föregående ekvation uttryckas:

$$R' = -\rho \frac{dr}{dz} w \Delta z$$

Det gäller att $r = \frac{0,622e}{p-e}$, där e är partiella trycket för vattenånga och $p - e$ på motsvarande sätt är differensen mellan lufttrycket p och e , dvs. partiella trycket för torr luft. Detta ger:

$$\frac{dr}{dz} = \frac{0,622}{(p-e)^2} \left[(p-e) \frac{de}{dz} - e \frac{d(p-e)}{dz} \right]$$

Med g som gravitationskraften erhålls förenklat:

$$\frac{d(p-e)}{dz} = \frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g$$

Med tillståndsekvationen för torr luft: $p - e = RT\rho$, där T är lufttemperaturen och R är gaskonstanten för torr luft erhålls:

$$R' = \frac{0,622}{RT} \left[\frac{de}{dz} - \frac{eg}{RT} \right] w \Delta z \quad (3)$$

För mättade förhållanden bestäms vattenångetermerna (där " e " ingår) av temperatur och tryck. Därför kan regnintensiteten bestämmas, om tjockleken av atmosfärsskiktet och vertikalhastigheten är kända.

Integration av ekvationen ovan för hela den mättade vertikala atmosfärslagret ger förenklat:

$$R' = \lambda w \Delta H \quad (4) \text{ där,}$$

R' är regnintensiteten, som bildas i atmosfärslagret, som omfattar höjden ΔH och λ representerar ett medelvärde av vattenångetermernas effekt i lagret.

Problemet består här främst i att uttrycket ovan innehåller den vertikala hastigheten, som är okänd.

Om ΔT betecknar temperaturöverskottet i luftvolymen, som hävs i förhållande till omgivningens temperatur, så är enligt den s.k. "Parcel method", se t.ex. Holton (1979), för konvektion den kinetiska energin för en volym mättad luft som hävs från en nivå z_0 till en nivå z följande:

$$\Delta \left(\frac{w^2}{2} \right) = \int_{z_0}^z g \frac{\Delta T}{T} dz$$

av detta följer att w är proportionell mot $\int \Delta T^{0,5} dz$. Ekvationen för R kan därför uttryckas:

$$R' \approx \lambda \overline{\Delta T}^{0,5} \Delta H, \quad (5) \text{ där,}$$

- $\overline{\Delta T}$ betecknar medelvärdet av differensen i temperatur mellan luftpaketet och temperaturen av omgivande luft för det vertikala atmosfärsskiktet.

I denna formel har ingen hänsyn tagits till omblandning med torr luft, dvs. "entrainment", vilket innebär, att regnintensiteten överskattas kraftigt. Många ansatser har utvecklats för att ta hänsyn till denna minskning av konvektionen. Komplexiteter som vindändring med höjden, turbulens i atmosfären, atmosfärens instabilitet och flera andra faktorer har emellertid begränsat utfallet av de företagna ansatserna. En huvudanledning till detta är kopplad

till svårigheten att beskriva atmosfärens turbulens på ett tillfredsställande sätt.

Utgångspunkter för hantering av entrainment här har varit:

- Entrainment påverkar hela molnet, där konvektionen äger rum, dvs. även i den ”innersta delen”, där konvektionen är kraftigast. I de inre delarna kan den hämmande faktorn bestå i skillnader i hastighet i den uppåstygande luften och därvid minskas kraften i en del luftpaket som hävs.
- I de yttre delarna är entrainment större än i kärnan av molnet, eftersom här finns dels mera ”stillastående” luftpartier, dels även torr luft som minskar vattenångehalten i luftpaketen, som hävs.
- Ovanstående gäller i princip även i fall där det är kluster av moln som samverkar.

Ansättning av entrainment i konvektionsscheman sker vanligen genom att tillfoga en ytterligare term till ekvationen ovan, där den konvektionshämmande kraften subtraheras.

Här har emellertid en reduktionsfunktion ansatts i form av en faktor:

$$E = c \ln(x)/x \quad \text{där,}$$

- E är en konvektionsfaktor, som ger en genomsnittlig reduktion av konvektionskraften för hela atmosfärsskiktet med radie x , räknat horisontellt från konvektionskärnan.
- c är en konstant som reglerar storleken av entrainment.

Därmed blir uttrycket för regnintensitet:

$$R' \approx \lambda c \overline{\Delta T}^{0,5} \Delta H \ln(x)/x \quad (6)$$

Diskussion:

Uttrycket ger kondenserad nederbörd alstrad i ett mättat vertikalt skikt med höjden ΔH under inverkan av konvektionstermen $\overline{\Delta T}^{0,5}$ och reducerad genom inverkan av entrainmentfaktorn E . I denna approximation kan $\lambda \cdot c$ approximeras till en konstant.

Problemet är här, att ingen av faktorerna i ovanstående uttryck är kända i de historiska regn, som ligger som underlag för denna studie.

I denna studie har de kraftigaste regnen för specificerade varaktigheter inom intervallet 5 min–96 timmar utsorterats från 47 regnserier, som totalt omfattar över 500 år.

Den väsentligaste information som beräknats från denna information är rangordnade blockregn, dvs. de intensivaste delarna av regnen har valts ut för specificerade varaktigheter från 5 minuter upp till 96 timmar. De kraftigaste blockregnen har därefter sorterats ut och återkomsttid, τ_i , för blockregn – från 1 månad upp till 10 år – har beräknats med tillhörande varaktigheter Δt_j , vilket framgår av tidigare avsnitt i denna rapport.

Konvektionsfaktorn: Det som skiljer ett regn med kort återkomsttid, exempelvis 1 månad, från ett regn med lång återkomsttid, säg 10 år, är framförallt effektiviteten och kraften i konvektionen. Eftersom de kraftigaste regnen inträffar under sommarmånaderna, är det skillnaden i konvektionskraft, som är den stora separerande faktorn. Det är därför naturligt, att i ekvationen ansätta konvektionstermen med termen återkomsttid τ_i .

Faktorn för entrainment: Vid konvektion relaterad till Cumulonimbusmoln är den horisontella och vertikala längdskalan ungefär densamma. Vid intensiva regn, där intensitetstoppen inträffar med kort varaktighet, säg 5 min, så fungerar de nederbördsprocesser som är av betydelse för just denna maximala nederbörd i ett begränsat område i molnet. På motsvarande sätt sker alstrandet av maximal nederbörd för ett regn med längre varaktighet, exempelvis 1 timme, över en större del av molnet. Det är därför naturligt att anta, att längdskalan är proportionell mot tidsskalan. I ekvationen ovan har därför varaktigheter $\mu \Delta t_j$ ansatts i stället för x .

Följande formel, där $\alpha' = \lambda c$, erhålls:

$$R_{ij} \approx \alpha' \overline{\Delta T}^\beta \Delta H \ln(\mu \Delta t_j) / \mu \Delta t_j$$

Med $\alpha = \alpha' \Delta H$ erhålls:

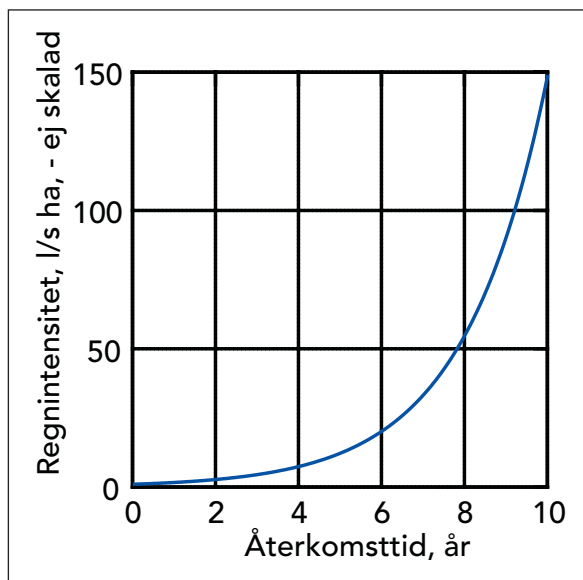
$$R_{ij} \approx \alpha \tau_i^\beta \ln(\mu \Delta t_j) / \mu \Delta t_j \quad (7)$$

Uttrycket tar hänsyn till kondensationsprocessen och ska tolkas som, att den regnbildning som kommer efter denna process utlöses till väsentlig del genom den konvektionskraft, som skjuter upp molnet till iskärnenivån. Regn-bildande mekanismer ingår därför endast indirekt i formeln.

- R_{ij} är dimensionerande regnintensitet för återkomsttid i och varaktighet j . Skalfaktorerna α och μ samt konstanten β bestäms från data.

- α är en skalfaktor där ΔH ingår, men där även nivån på entrainment modelleras. Vid långa återkomsttider är sannolikt ett mäktigare vertikalt skikt inblandat än vid kortare återkomsttider och vid anpassning av formeln ovan kan det vara motiverat att justera α något. Detta kan bestämmas med befintliga data inom projektet. Via observationsdata är det sannolikt möjligt att dela upp α mera detaljerat.
- τ_i representerar konvektionens flytkraft tolkad via återkomsttiden. Ur teoretisk synpunkt är $\beta \approx 0,5$ enligt ovan. Eftersom parametern "återkomsttid" inte är exakt detsamma som temperaturöverskott i den hävda luften har exponenten 0,5 här ersatts med β för bestämning av ett värde baserat på verkliga data.
- $\ln(\mu\Delta t_j)/\mu\Delta t_j$ är tillsammans med skalfaktorn α en ansats för att tolka minskning av konvektionen på grund av entrainment.

Faktorerna i uttrycket ovan illustreras med Figur 13-1 och Figur 13-2.

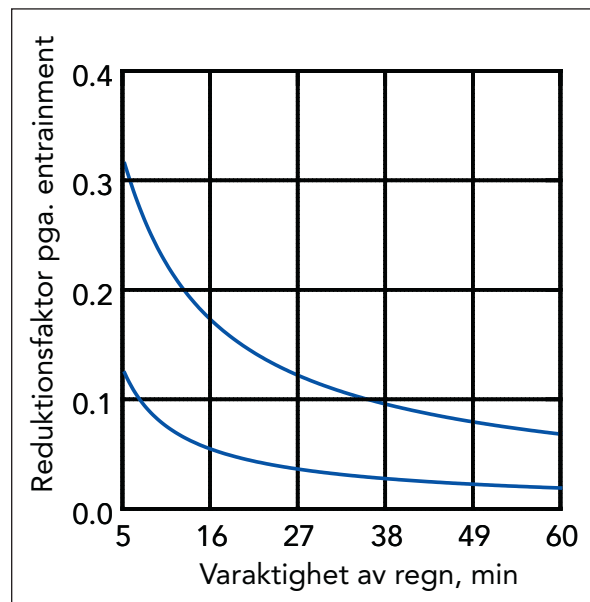


Figur 13-1. Konvektionsfaktorn:

τ_i^β , där β satts till det teoretiska värdet 0,5.

Som framgår av figuren ovan, som inte har matchats mot några observerade data, ligger den drastiska ökningen i regnintensitet efter längre återkomsttider än ca 8 år.

Entrainmentfunktionen, se Figur 13-2, dämpar konvektionen kraftigast vid längre varaktigheter, dvs. längre ut från den kärna där konvektionen är kraftigast.



Figur 13-2. Illustration av hur entrainmentfunktionen fungerar.

Skalfaktorn $\mu = 1$ och övre kurvan och $\mu = 5$ undre kurvan.

14 Anpassning och verifikation av den termodynamiska formeln

Klassade blockregnsdata från de 47 orterna utnyttjades för att bestämma koefficienterna α , β och μ i formeln från föregående avsnitt:

$$R_{ij} \approx \alpha \tau_i^\beta \ln(\mu\Delta t_j)/\mu\Delta t_j$$

Återkomsttider från 1 månad upp till 10 år och varaktigheter från 1 månad upp till 96 timmar ingick i de totalt 2659 intensitetsvärdena.

Formeln innehåller inte någon klimatförändringsfaktor eller korrektion för systematiska förluster, som mätdata innehåller. Korrektion för systematiska underskott kan uppskattas till 10 % och därför bör ovanstående formel multipliceras med faktorn 1,10 (Ej utfört här).

Resultatet blev följande när R_{ij} uttrycks i l/s ha:

Faktorn $\alpha = 200$. Den ökade som beräknat något vid längre återkomsttider, eftersom faktorn även innehåller höjden av kondensationsskiktet. I en första approximation kan emellertid denna variation försummas. För mera detaljerade analyser är det emellertid viktigt att ta hänsyn till variationen av denna faktor.

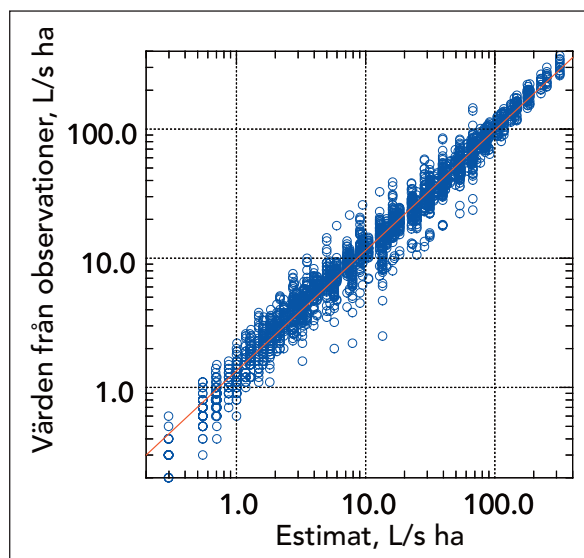
Koefficienten $\beta = 1/3$, vilket skiljer sig från det teoretiska värdet 0,5. En anledning till skillnaden kan vara att luftblåsorna retarderas på sin väg uppåt på grund av "friktion" mellan luftpaket, som har olika hastigheter. En annan förklaring kan vara, att entrainment är underskattad och att kompensation sker i denna koefficient för detta. Slutligen kan värdet sammanhånga med den indirekta tolkningen av nederbördsprocessen. Olika försök till anpassningar mot de 2659 värdena visar, att koefficienten är relativt stabil.

Det visade sig, att skalfaktorn μ kunde sättas till 1 och därvid elimineras.

Formeln kan därför uttryckas som:

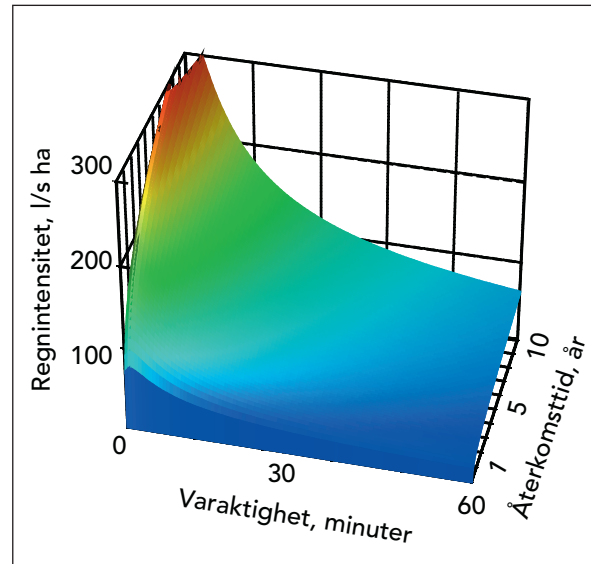
$$R_{ij} \approx 200 \tau_i^{1/3} \ln(\Delta t_j) / \Delta t_j \quad (8) \text{ där,}$$

- R_{ij} är regnintensitet uttryckt i l/s ha
- τ_i täcker återkomsttid 1 månad–10 år (enhet: månad)
- Δt_j täcker varaktighet 5 minuter–96 timmar (enhet: minuter)



Figur 14-1. Resultat vid anpassning av formeln till 2659 intensitetsvärden.

Den förklarade variansen vid anpassningen till samtliga data är drygt 0,98: Råkvadratsumma (1-Residualkvadratsumma/Total kvadratsumma). Ett annat mått är kvadraten på korrelationen mellan observerade värden och beräknade värden, vilket är drygt 0,97 för anpassningen.

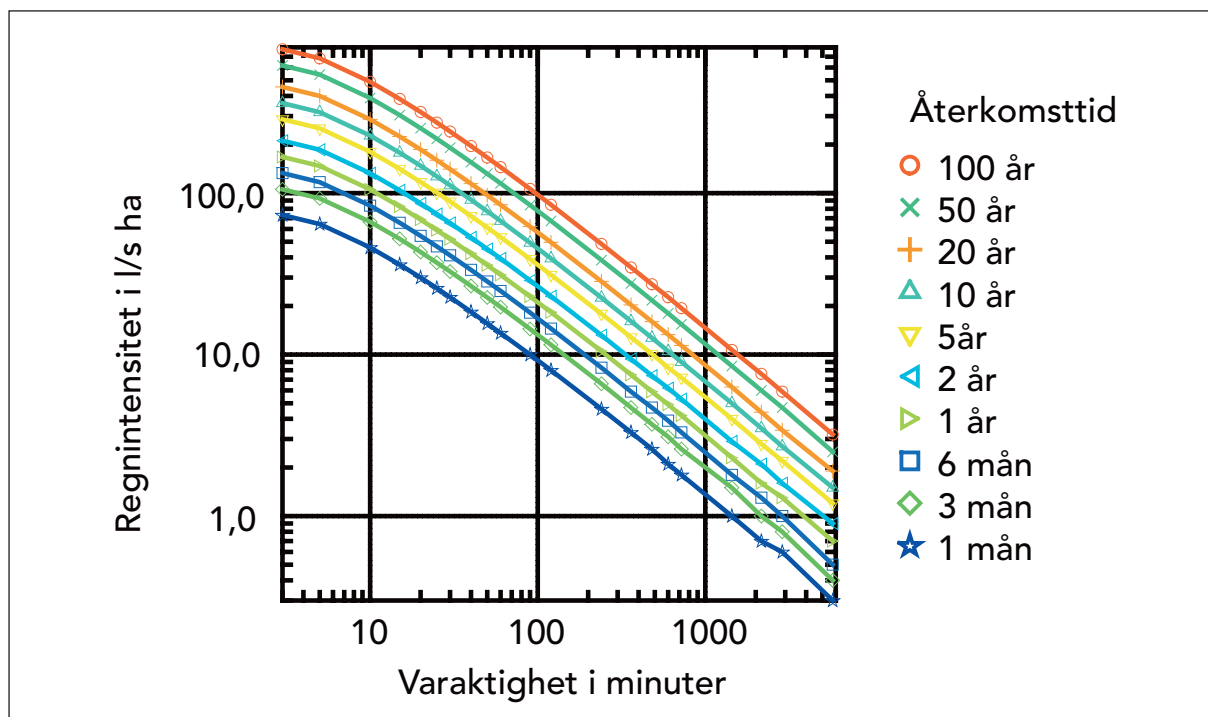


Figur 14-2. Visualisering av den termodynamiskt baserade formeln i intervallet 5–60 min varaktighet och återkomsttid 1–10 år.

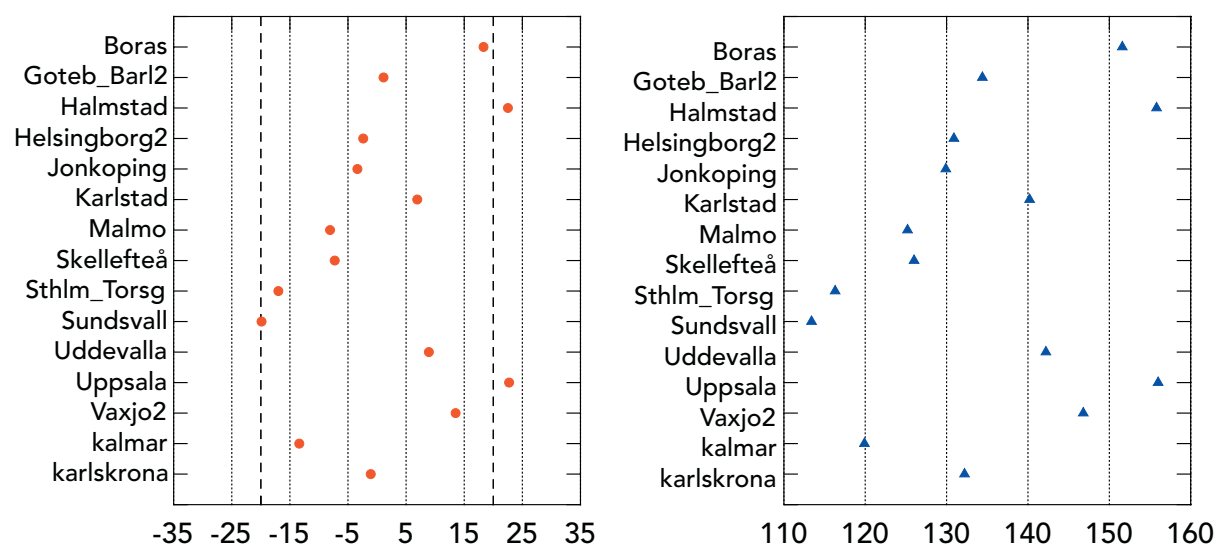
Figur 14-2 kan förenklat ses som en klimatologi över intensiteten av kondensationsprocessen i ett symmetriskt moln. Den kraftigaste uppriktade vinden och det djupaste konvektionsområdet ligger i den vänstra inre delen av bilden.

- I slutet av rapporten redovisar Tabell C-1 en evaluering av formel (8) för varaktigheter från 3 minuter till 96 timmar och för återkomsttider från en gång per månad till 1 gång per 100 år. Den efterföljande tabellen, Tabell C-2, ger dessutom på analogt sätt värden baserade på formel (8), men korrigerade för sannolik 10-procentig vindförlust i mätdata från regninstrument.

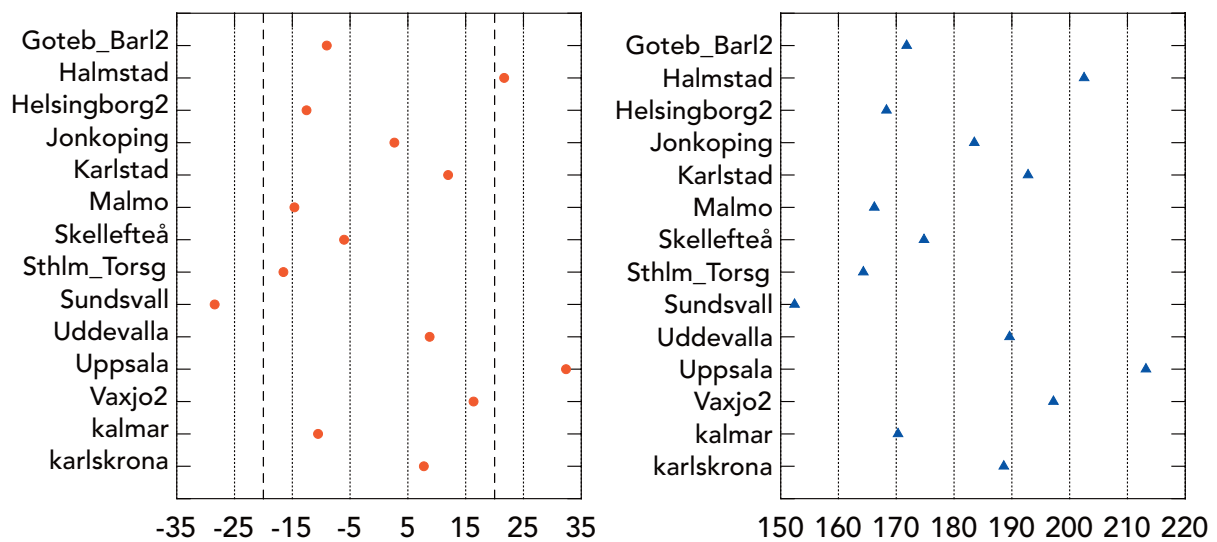
Nedan visas några figurer (Figurerna 14-4 till 14-11) som direkt indikerar hur formeln slår för olika orter i Sverige. För jämförelsens skull har ingen korrektion för systematiska underskott i vindförluster m.m. företagits. *Residualer och intensitetsvärden är uttryckta i l/s ha.*



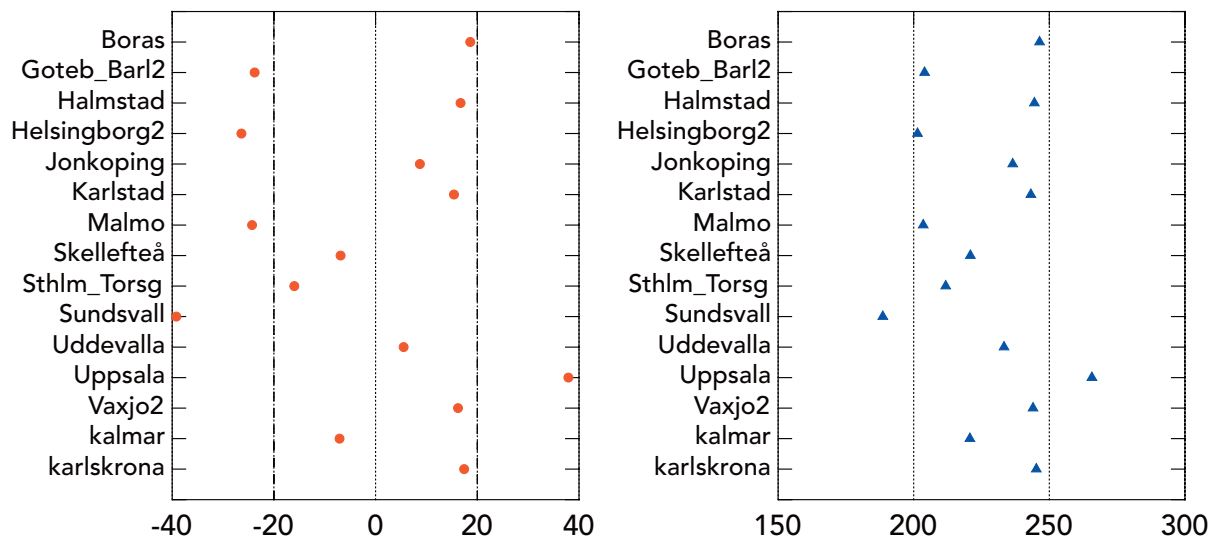
Figur 14-3. Nederbördsintensitet i L/s ha enligt den termodynamiskt baserade formeln, 3 minuters–96 tim varaktighet och återkomsttid upp till 100 år. Återkomsttiden 1 månad har lägst regnintensitet och med stigande återkomsttid ökar regnintensiteten (överst i kurvskaran ligger således kurvan med återkomsttid 100 år).



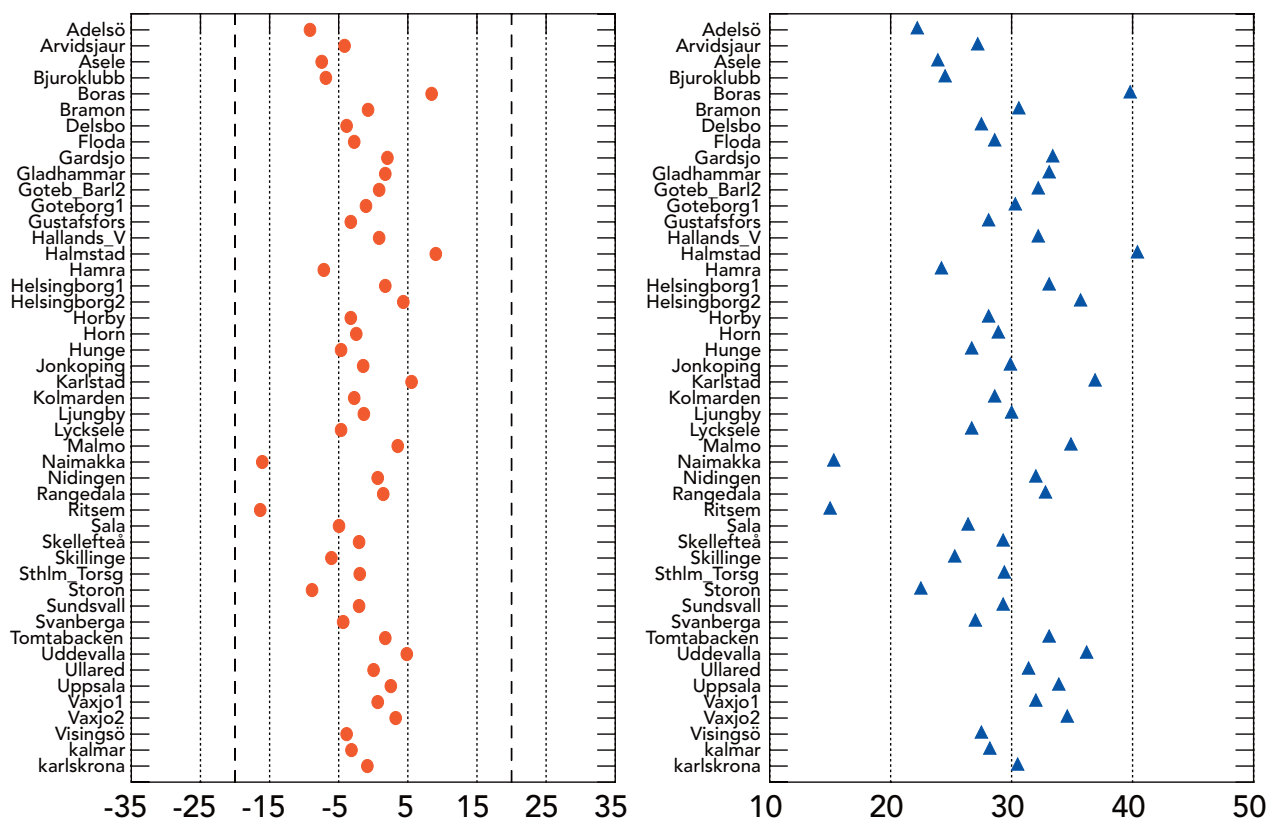
Figur 14-4. Resultat. Varaktighet 10 min och återkomsttid 2 år. Residualer, röd färg och värden från bearbetning av mätdata, blå färg (vänstra respektive högra diagrammet). Enhet: L/s ha.



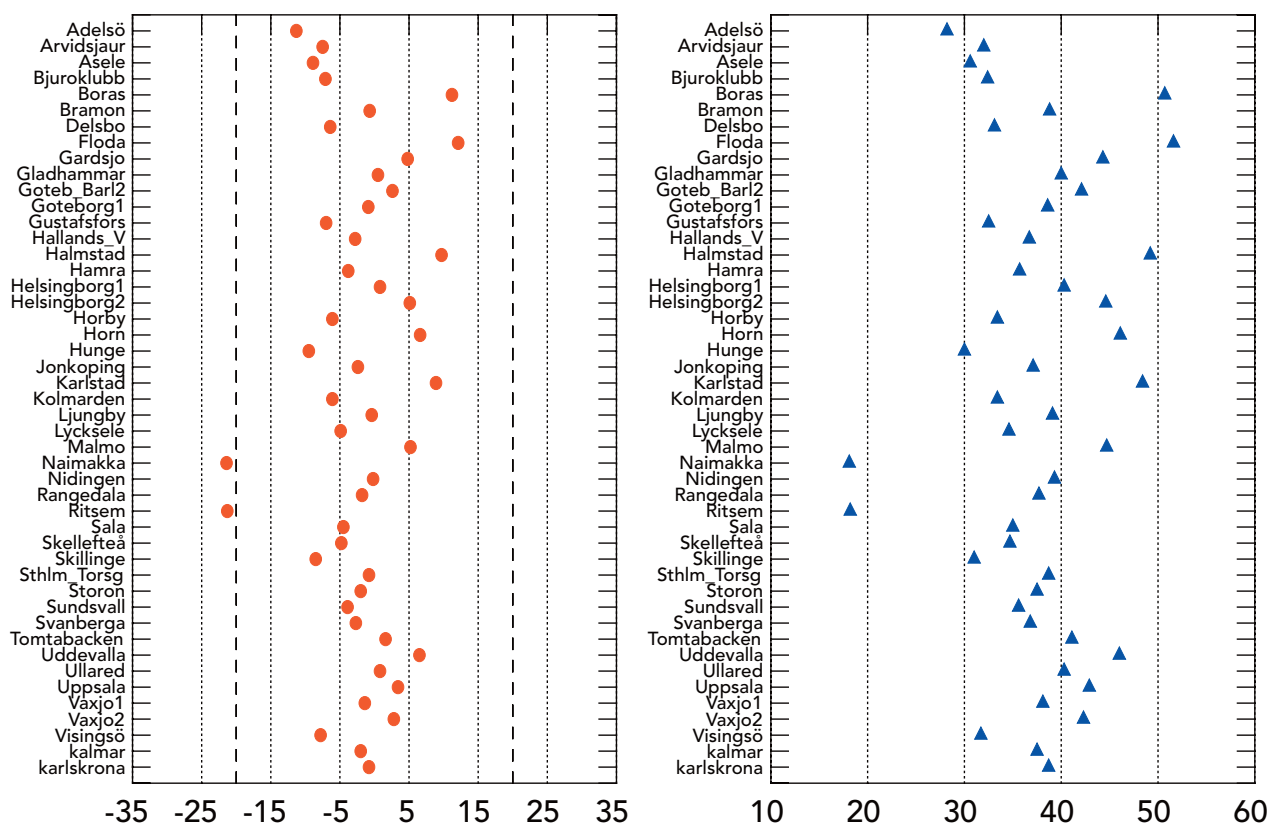
Figur 14-5. Resultat. Varaktighet 10 min och återkomsttid 5 år. Enhet: L/s ha. Residualer, röd färg och värden från bearbetning av mätdata, blå färg (vänstra respektive högra diagrammet).



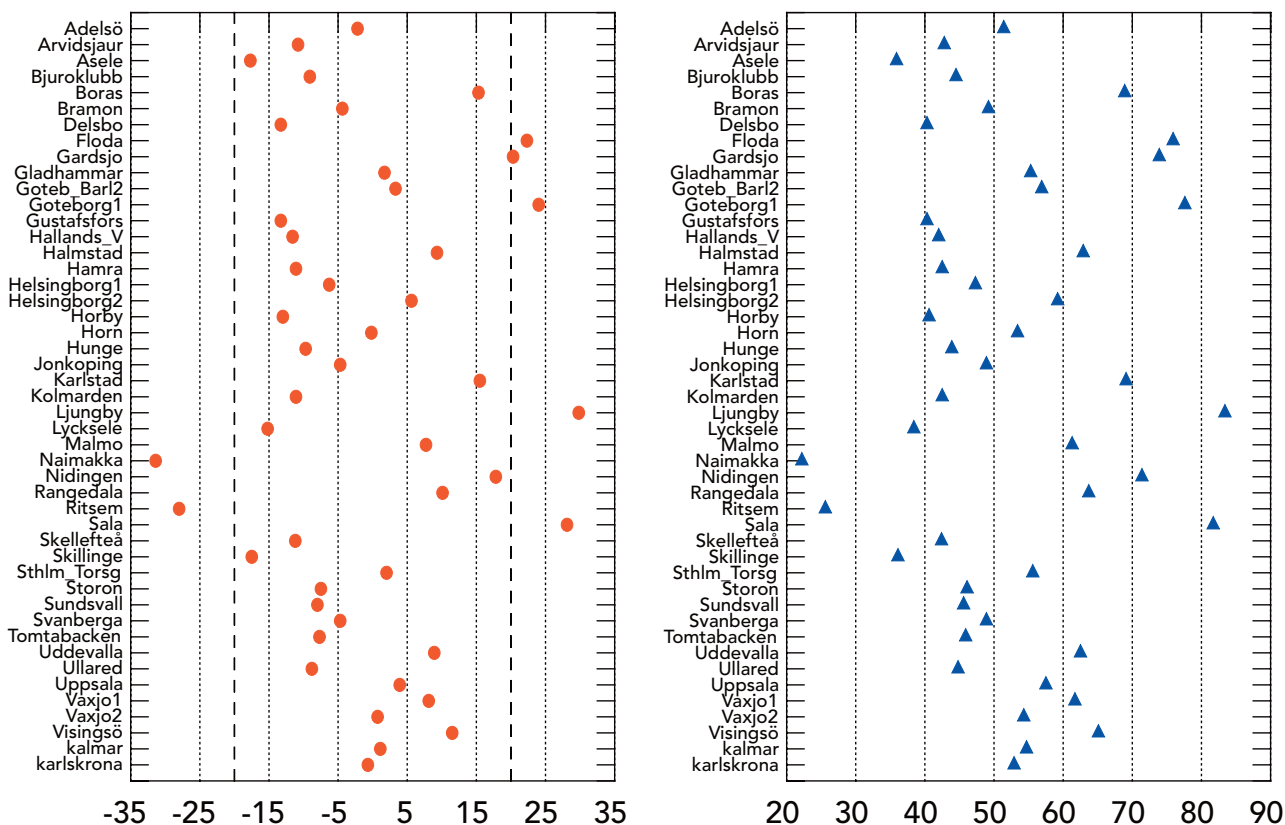
Figur 14-6. Resultat. Varaktighet 10 min och återkomsttid 10 år. Enhet: L/s ha Residualer, röd färg och värden från bearbetning av mätdata, blå färg (vänstra respektive högra diagrammet).



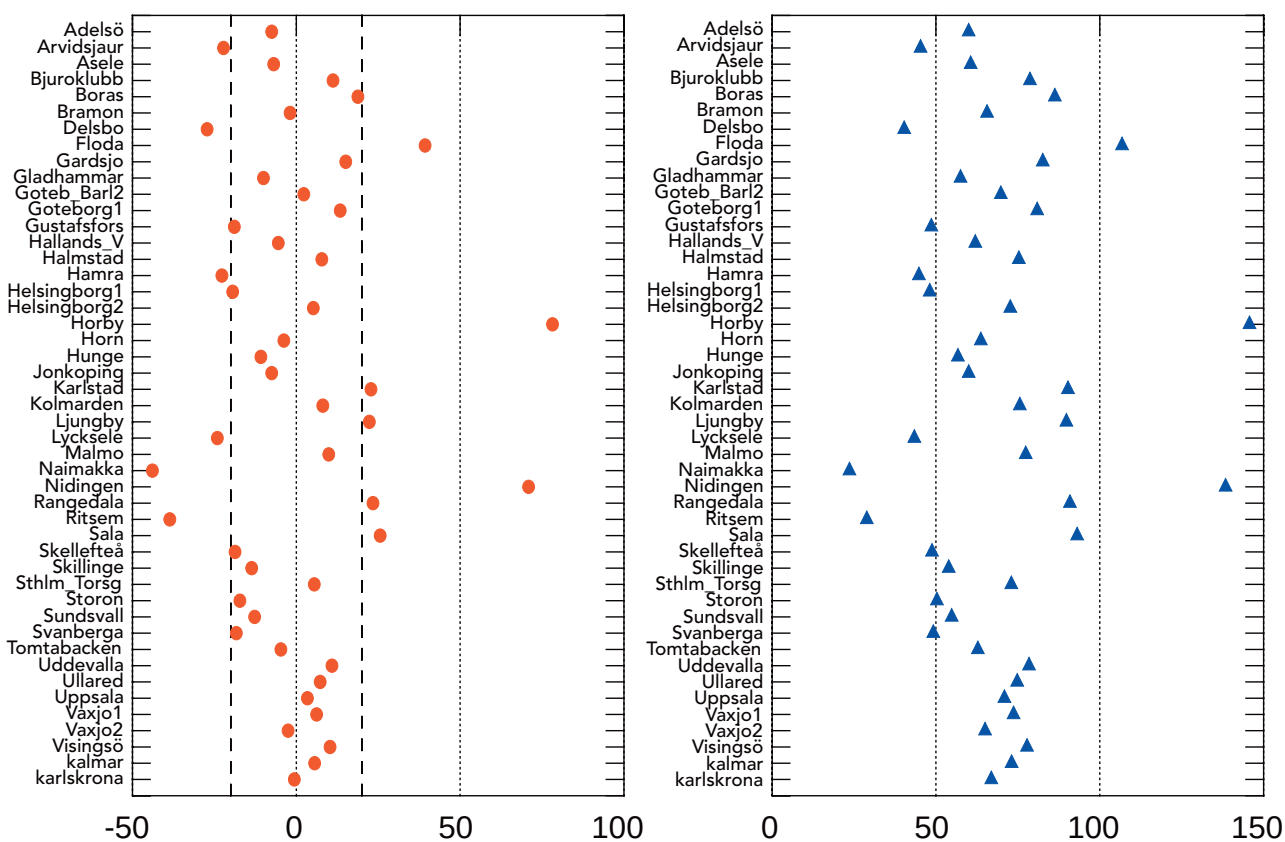
Figur 14-7. Resultat. Varaktighet 1 timme och återkomsttid 1 år. Enhet: L/s ha. Residualer, röd färg och värden från bearbetning av mätdata, blå färg (vänstra respektive högra diagrammet).



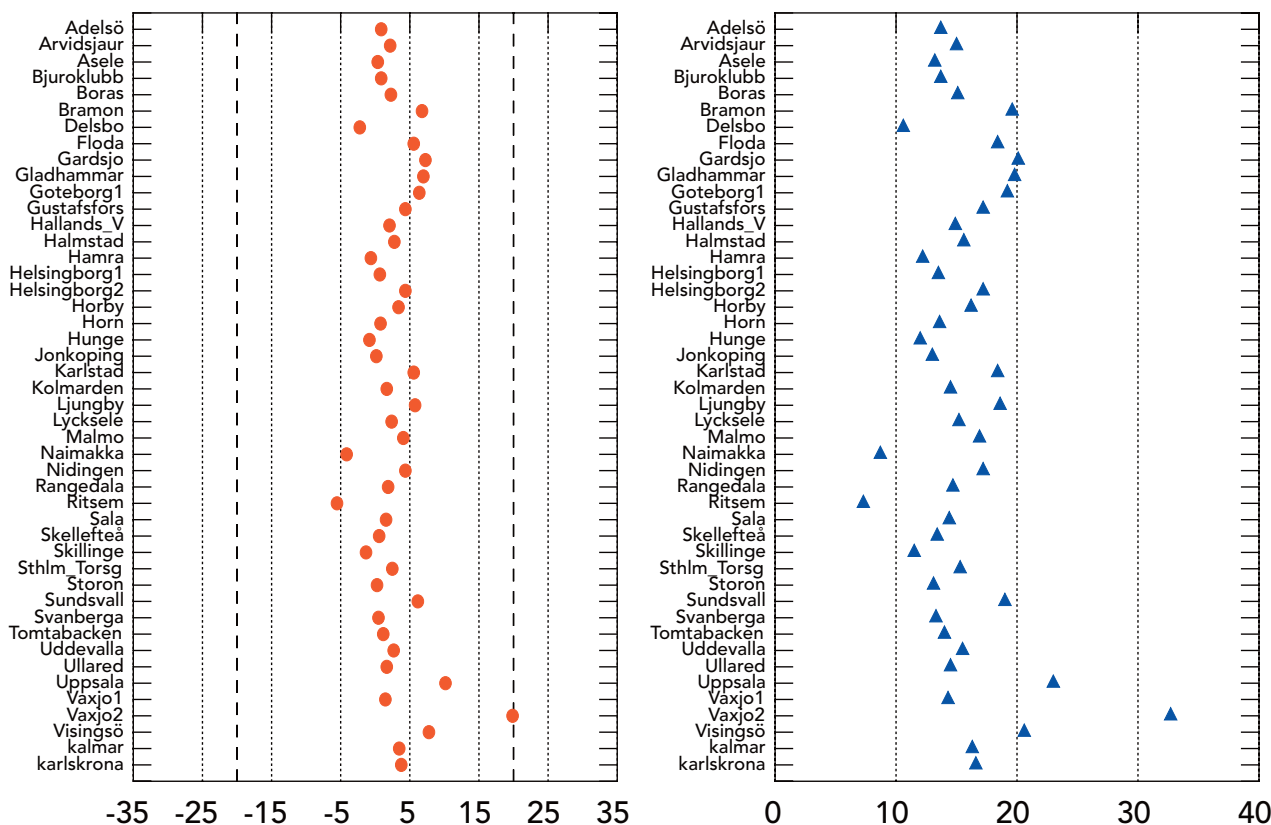
Figur 14-8. Resultat. Varaktighet 1 timme och återkomsttid 2 år. Enhet: L/s ha. Residualer, röd färg och värden från bearbetning av mätdata, blå färg (vänstra respektive högra diagrammet).



Figur 14-9. Resultat. Varaktighet 1 timme och återkomsttid 5 år. Enhet: L/s ha. Residualer, röd färg och värden från bearbetning av mätdata, blå färg (högra respektive vänstra diagrammet).



Figur 14-10. Resultat. Varaktighet 1 timme och återkomsttid 10 år. Enhet: L/s ha. Residualer, röd färg och värden från bearbetning av mätdata, blå färg (vänstra respektive högra diagrammet).



Figur 14-11. Resultat. Varaktighet 6 timmar och återkomsttid 5 år. Enhet: L/s ha. Residualer, röd färg och värden från bearbetning av mätdata, blå färg (vänstra respektive högra diagrammet).

15 Sammanfattning – dimensionerande nederbördsintensitet

Resultat och slutsatser:

- 1. Den termodynamiskt baserade formeln** ger med två koefficienter över 97 % förklarad varians vid anpassning till rangordnade blockregn från 47 orter. Formeln har tabellerats dels utan korrektion för systematiska förluster, dels med 10 % korrektion för dessa underskott (tabeller sist i denna rapport).
- 2. Enstaka regnseriers värde för framtidsplanering.** Det tar lång tid för klimatet att "spela upp" hela sitt spektrum av nederbördssituationer. Beroende på under vilken/vilka decennier som mätdata insamlas på en ort, blir därför utfallet ibland en hög frekvens av kraftig nederbörd och ibland en låg frekvens. Slumpmässiga variationer i nederbördsintensitet ger därmed stora nivåskillnader i regnstatistik. *Värdet av individuella regnserier för framtida planering är begränsat och*

därmed blir planering, som bygger på enstaka regnserier, riskfylld.

- 3. Klimatförändring.** Det är sannolikt, att en omställning av regnintensitetsklimatet pågår. Förståelsen av vad som händer i *kvantitativa termer* är ännu oklar, vad gäller nederbördsintensitet. I *allmänna termer* uttrycker de stora EU-projekten inom klimatförändringsområdet (STARDEX, PRUDENCE), att nederbördsextremerna sannolikt kommer att öka i vår del av Europa. I föreliggande rapport indikeras, att klimatet rörande konvektion verkar vara under förändring, särskilt i södra Sverige. Utsagor från Rossby Centre via klimatmodellering om det framtida klimatet ligger i linje med de förändringar, som resultaten visar från de senaste decennierna rörande sommarnederbörd i södra Sverige.
- 4. Kvalitet i nederbördsintensitetsdata.** Mätdata rörande nederbördsintensitet från SMHI:s automatstationer och från kommunernas instrument visar stora systematiska förluster. *Underskotten är i storleksordningen 5–15 % under sommarmånaderna.* Härtill kommer variationer i kvalitet beroende på att olika organisationer har olika rutiner för service av instrument.

16 Extrem nederbörd

De högsta observerade dygnsmängderna av nederbörd i Sverige

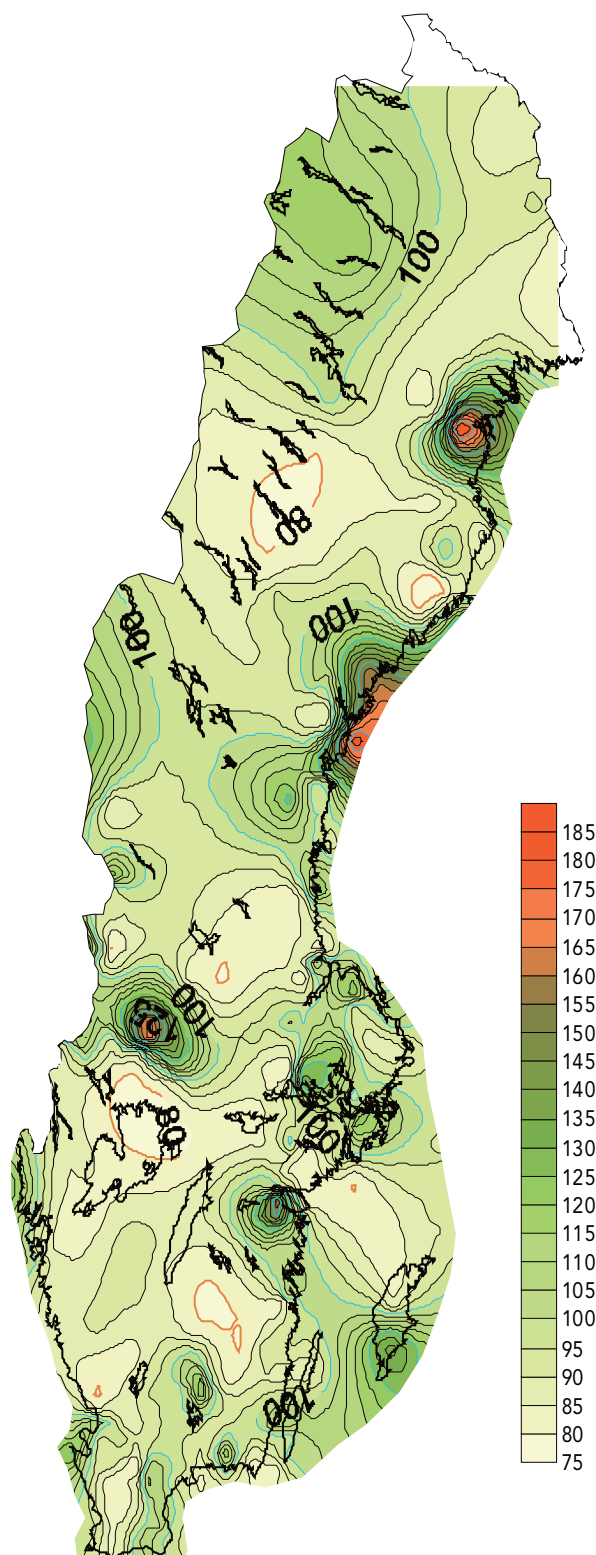
Huvudansatsen i denna rapport gäller regnintensitet med återkomsttider upp till 10 år. Som framgått tidigare är problemet att uppskatta regnmängder med längre återkomsttider försvårat av att det är möjligt, att en klimatförändring pågår. Flera av senare års rapporter om klimatförändring antyder, att det är sannolikt att nederbördsextremerna ökar i Sverige. Bakgrunden till detta är bl.a. att ett varmare klimat innebär, att atmosfären kan innehålla högre halt av vattenånga. Därtill kommer, att den hydrologiska omsättningen av vatten, den hydrologiska cykeln, väntas bli snabbare.

Som framgår av Figur 16-1 är den maximala dygnsnederbörden störst längs ostkusten samt i Värmland och i en del områden av fjälltrakterna.

Frekvensen för de mest extrema regnmängderna är störst i juli och augusti. Många av de högsta regnmängderna är kopplade till lågtryck och frontsystem, Vedin (1988). Det extremaste regnet som noterats i Sverige inträffade den 30–31 augusti 1997 vid Fulufjället i västra Dalarna, där en inofficiell mätare noterade 276 mm under 24 tim Alexandersson (2000). Troligen uppgick dygnsnederbördsmängden på sina håll till mellan 300 och 400 mm. Erosionsskadorna var omfattande och hundratals stora träd sköljdes med i de forsar, som uppstod.

Från Skåne rapporteras om skyfallsartade regn den 30 juli–1 augusti, 1959 och 5–7 augusti, 1960, Elleson (1961). En av de inofficiella mätarna i Karlaby noterade från omkring kl. 7 till omkring kl. 11 en regnmängd om 237 mm, varav 70 mm uppges ha fallit på ungefär en timme.

Några av de största officiellt noterade mängderna dygnsnederbörd i Sverige framgår av Tabell 16-1, nedan.



Figur 16-1. Illustration av de 300 högsta regnmängdernas fördelning över Sverige.
Data kommer från SMHI:s officiella nät av stationer.

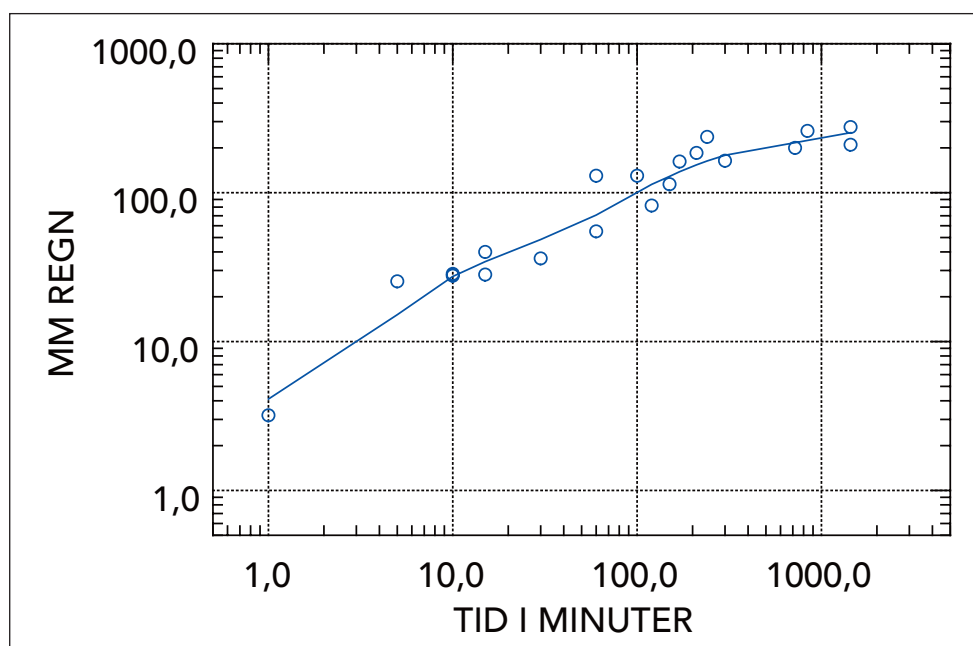
Tabell 16-1. De 30 största officiellt noterade mängderna dygnsnederbörd i Sverige.

Ort	MM	Datum	Ort	MM	Datum
FAGERHEDEN	198	19970728	STORBRON	131	19970830
RÅDA	189	20040804	NORRKÖPING-KUNGSÄNGEN	130	19730709
HÄRNÖSAND	187	19080618	FRANSHAMMAR	129	19370722
SÖDERKÖPING	179	19730709	MALMAGEN	128	19970830
RÖSSJÖ	160	20010827	VÄDERÖBOD	128	19300717
BÅSTAD	159	19370726	BREDÅKRA	127	19940818
HALLSTABERG	146	19960825	SÖDERHAMN	127	19921015
HOLMÖGADD	146	19480807	NYHAMNSLÄGE	126	19990815
VÄXJÖ	141	19450814	LÖVSTA	124	19810816
HEMSE	141	19130902	HOBURG	124	19130902
NORSBORG 11	136	20010710	RIKSGRÄNSEN	122	19091214
JÄRPLIDEN	136	19860702	UPPSALA AUT	122	19970817
PERSBERG	134	19830712	STOCKHOLM	122	18570907
SIDSJÖ	134	20010827	MÖRBYLÅNGA	122	19720726
LÖVSTA	134	19890713	CHARLOTTENBERG	121	19960824

Osäkerheten vad gäller nederbördsintensitet under 1 minut är stor i Sverige, eftersom det inte finns så många stationer med mätdata. Det värde som indikerats för 1 minut är därför en underskattning

(3,2 mm uppmätt i Farsta, Stockholm).

Figur 16-2 illustrerar de högsta officiellt uppmätta regnmängderna i Sverige.

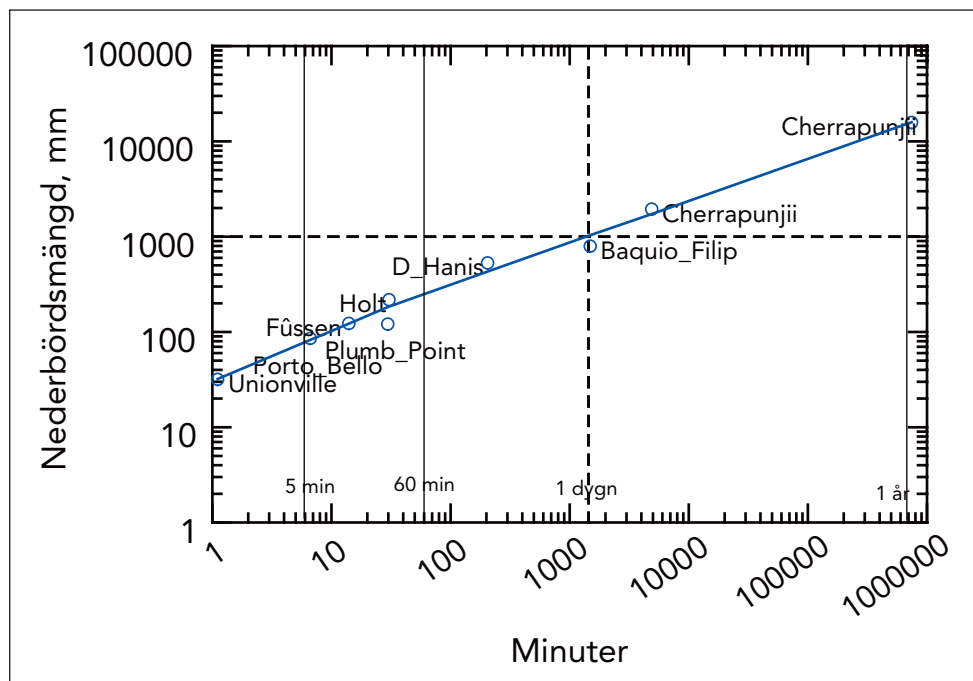


Figur 16-2. De högsta mängderna som uppmätts i Sverige under 1 dygn och kortare tid.

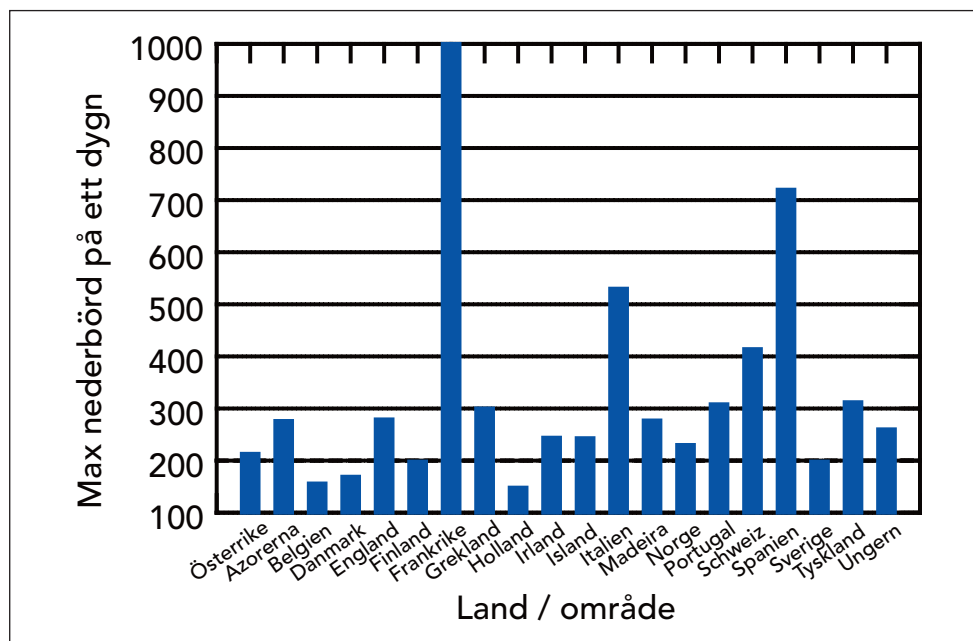
17 Extrem nederbörd – internationell jämförelse

På tidsskalan ett dygn eller kortare förekommer de extremaste regnen i världen i de tropiska områden, medan monsunregnen är de mest extrema på månads- och årsbasis, se Figur 17-1.

Det europeiska rekordet i dygnsnederbörd är grandios: 1000 mm, se Figur 17-2, och uppmätt i franska Pyrenéerna. Enligt Météo-France har rekordet kvalitetsgranskats och befunnits korrekt! Spanien, Sydtyskland (framgår ej av figuren) och Italien har därefter uppmätt den högsta dygnsnederbörden. Europas högsta dygnsnederbördsvärden är i allmänhet knutna till bergstrakter som Alperna och Pyrenéerna, där oreigen nederbördsförstärkning i samband med stationära fronter kan ge upphov till exceptionella nederbördsmängder.



Figur 17-1. Ett urval av de högsta nederbördsmängder som uppmätts på jorden.



Figur 17-2. De högsta noterade dygnsmängderna av nederbörd i västeuropeiska länder.

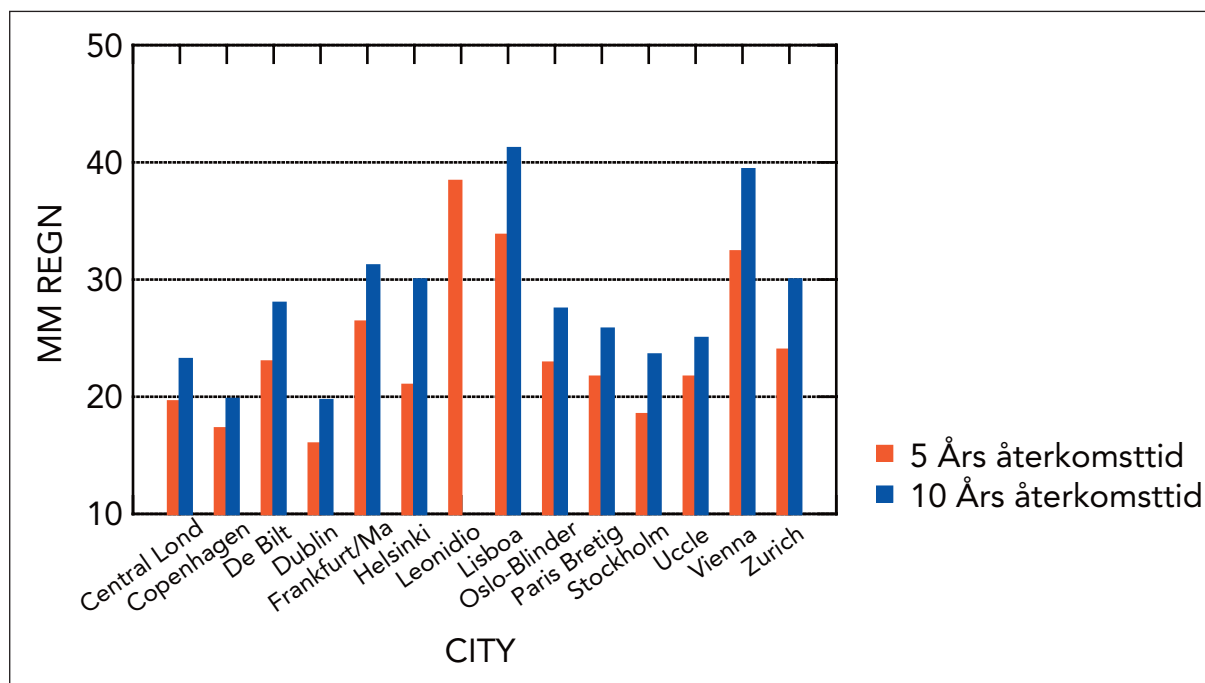
Tabell 17-1. Kraftiga dygnsregn i Europa – Data från Bengt Dahlström via ECSN.

Land	Absolut maximal dygnsnederbörd mm	Ort	Datum för händelsen			Näst högsta dygnsnederbörd mm	Ort för näst högsta dygnsnederbörd
År	Månad	Dag					
Österrike	213	Reutte	1999	Maj	21	–	
Belgien	156	Botrange	1982	Oktober	7	147	Wijnegem
Danmark	169	–	1931	Juli		153	
England	279	Martinstown, Dorset	1955	Juli	18	> 200	
Finland	198	Lahnus, Espoo	1944	Juli	21	182	Turku
Frankrike	1000	St Laurens de Cerdans (Pyrénées Orientales)	1940	Oktober	17	950	Valleraugue (Gard)
Tyskland	312	Zinnwald-Georgenfeld	2002	Augusti	12	281	Klingenberg TS
Grekland	300	Velo (Pelopnisos)	1997	Januari	12	247	Ierapetra (Kreta)
Holland	148	Amsterdam	1951	Augusti	9	146	Gouda
Ungern	260	Dad	1953	Juni	9	203	Gyömrő
Island	243	Kvísker	1979	Oktober	1		
Irland	244	Cloone Lake	1993	September	18	207	Glenvickee
Italien	530	Stn 16120	1970	Oktober	8	333	stn 16470
Norge	230	Indre Matre	1940	November	26	218	Indre Matre
Portugal	308	Guilhofrei/Barragem	1962	Mars	31	304	Viade
– Madeira	277	Encumeada	1976	December	9	260	Bica da Cana
– Azorena	276	Furnas/S. Miguel	1973	Januari	3	238	Nordeste/S. Miguel
Spanien	720	Oliva (Valencia)	1987	November	3	600	Albuñol, Granada
Sweden	198	Fagerheden	1997	Juli	28	189	Råda, Värmland
Schweiz	414	Camedo, S Schweiz	1983	September	10	412	Mosogno, S Schweiz

Tabell 17-2. Regn intensitet i Europa – Data från Bengt Dahlström via ECSN.

Land – Referens	Stad/ Ort	Återkomsttid					Värden för resp land					Absolut maximum			Kommentar ang. absolut maximum	
		5 min	5 år	10 min	5 år	10 år	5 min	10 min	10 år	60 min	5	10	15	30		60
Österrike – Dvwk (1985)	Wien	10,1	13,4	32,4	12,7	39,4	14,7	10,8	19,8	14,6	18,8	82	Zeutzbach			
Belgien – Demarée (1985)	Uccle	8,3	21,7	9,6	25											
Danmark – Agersten(2002)	Köpenhamn	9,0	17,3	10,8	19,8	30										Köpenhamn, Farum
England– (NERC, 1975)	Centrala London	7,6	19,6	8,8	23,2											
Finland– Kuisto (1980)	Helsingfors	9,0	21,0	11,0	30											
Frankrike	Paris Bretigny	7,8 (6 min)	21,7	9,2 (6 min)	25,8											
Tyskland – Bartels (1997), – DVWK (1985)	Frankfurt/Main	12,0	26,4	14,1	31,2											
Grekland	Leonidio	38,4	50,5	33,3	77	Max at Kerkyra										
Holland	De Bilt	9,0	23,0	10,0	28,0											
Ungern					23	23 at Szeged, 71,2 at Nyíregyháza										
Irland (9)	Dublin	5,5	7,8	16,0	6,4	19,7	9,3									
Norge – Agersten(2002) –	Oslo–Blindern	7,2	22,9	8,6	27,5	15,6										
Portugal – Coelho (2004)	Lissabon	9,5	33,8	11,2	41,2	84										
Spanien																
Sverige – Agersten(2002) – Alexandersson (2003) – Dahlström (1979)	Stockholm	7,7	10,2	18,5	9,7	23,6	13,0	28,5	40							
Schweiz – Zellner (1976)	Zürich															

18 Dimensionerade korttidsnederbörd – några städer i Europa



Figur 18-1. Korttidsnederbörd under 1 tim och återkomsttid för några storstäder i Europa.

I Figur 18-1 redovisas en jämförelse mellan några europeiska städer över 5 års- och 10 års regnens storlek med en timmes varaktighet. Stockholms värden ligger relativt lågt jämfört med de andra städerna.

där upplösningen i rummet av mätningarna var ca 100 gånger högre än i SMHI: s officiella nederbördsnät.

I Europa startar i år två pilotprojekt, som så småningom förhoppningsvis kommer att leda fram till en utveckling, där observations- och analysystemen förbättras, så att klimatologiskt underlag av den typ som exempelvis VA-sektorn efterfrågar på sikt kommer att finnas tillgängligt:

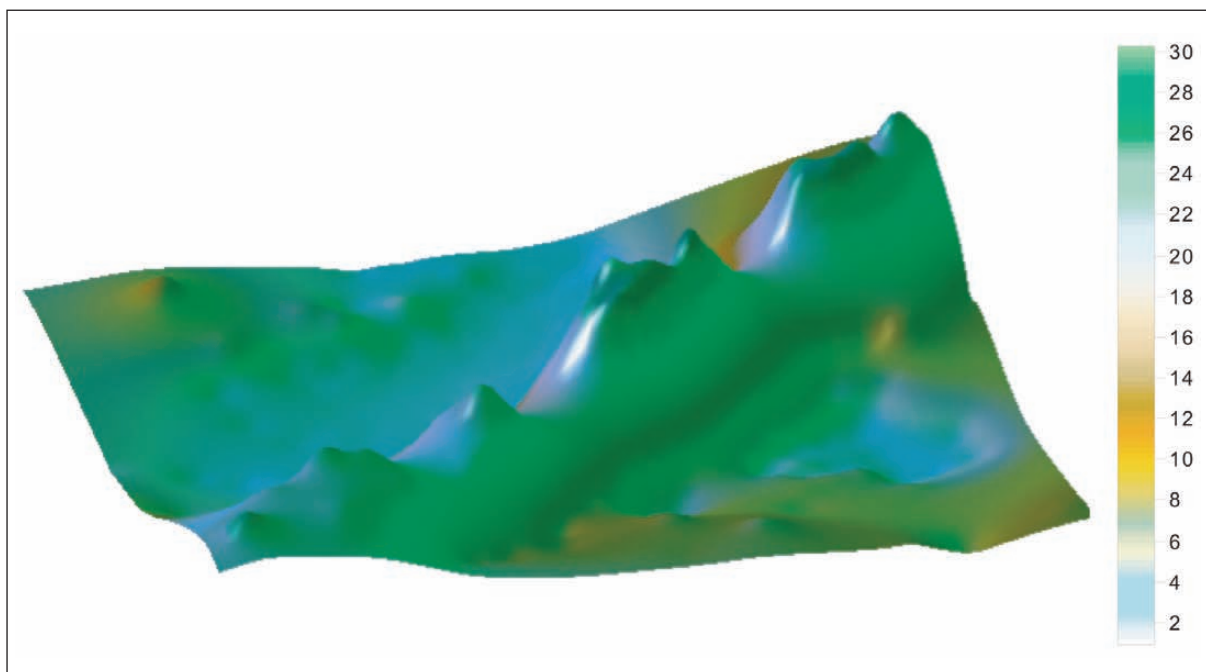
Pilotprojekt EURRA, initierat av ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasting) och finansierat av EEA (European Environmental Agency). Här finns en plan att skapa ett tätt gitter av meteorologisk information över Europa. Från omkring 2010 är tanken, att analysystemet ska ge 2 km upplösning av timvis eller högre information av meteorologiska parametrar över Europa. Information från satelliter, radar, automatstationer bildar tillsammans med fysiografisk information indata till avancerade analysystem, som bygger på modeller av hur atmosfären fungerar.

Showcase EUROGRID, initierat av SMHI, stöds av en samling västeuropeiska vädertjänster och avser utveckling av ett begränsat system för att

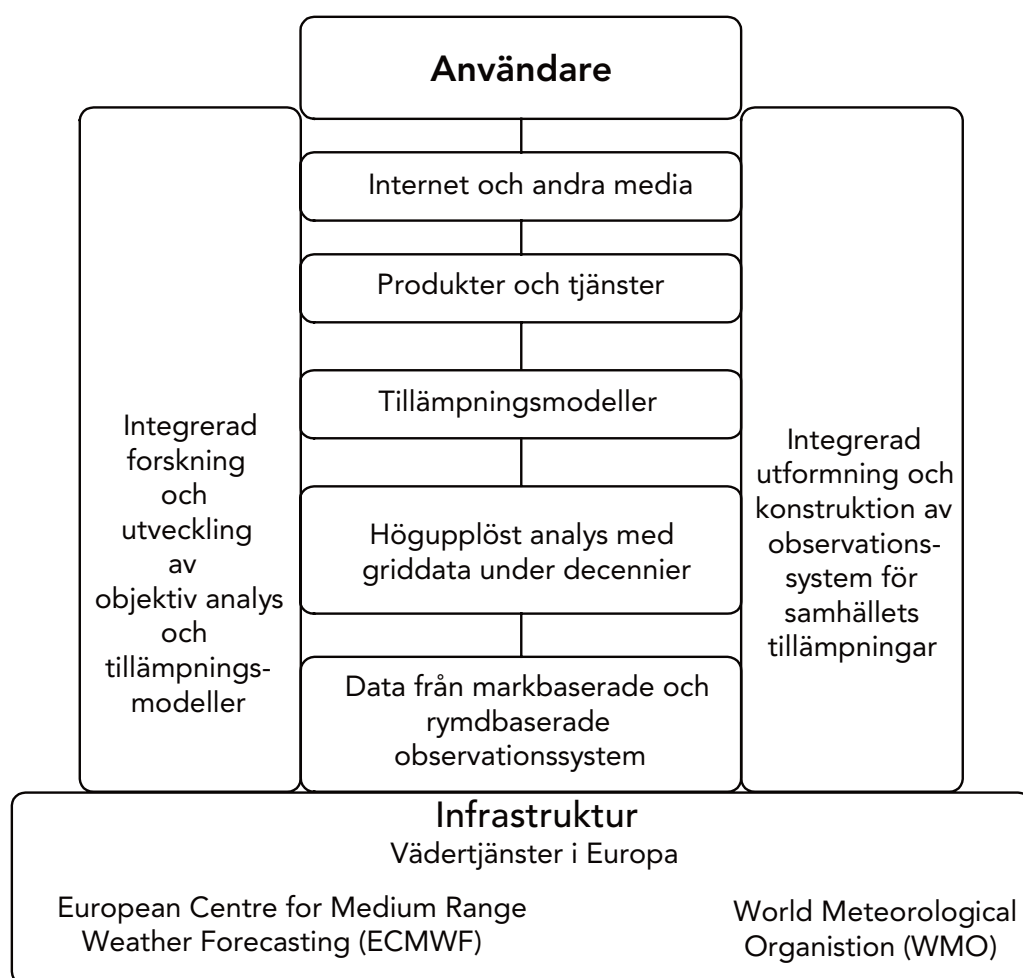
19 Framåtblick

Nederbördsintensitet för dimensionering/kontrollberäkningar av VA-system ställer stora krav på mätdata, eftersom varaktigheter av regn ned till ca 5 min och upp till flera dygns varaktighet är av intresse.

Observationssystemen klarar ännu inte av att på ett kvantitativt tillfredsställande sätt följa enskilda regnceller, när de rör sig i sin bana. Figur 19-1, som har utformats med hjälp av data från professor Tor Bergerons Operation Pluvius, illustrerar, hur en enskild regncell rört sig över Uppsala i nordostlig riktning. Regncellen fångades via ett fältextperiment,



Figur 19-1. Passage av en regncell över Uppsala-slätten 1955-09-03 på förmiddagen med regn under 40 min i en postfrontal WSW vind.



Figur 19-2. Illustration av EUROGRID konceptet, initierat av Bengt Dahlström, SMHI. Systemet kommer att utvecklas via ett demonstrationsprojekt ("Showcase EUROGRID").

åskådliggöra potentialen av ett fullskaligt EURO-GRID enligt Figur 19-2, ovan.

Ansatzerna EURRA och EUROGRID har nära anknytning till varandra.

Det kan givetvis ifrågasättas, om europeiska ansatser enligt ovan kan leda till konkreta och kvantitativa resultat till nytta för exempelvis för VA-sektorn. Förutsättningarna finns emellertid för framgång och ett exempel på en sådan lyckad satsning är exempelvis det västeuropeiska initiativet i början av 1970-talet till ett europeiskt räknecentrum för väderprognoser upp till 10 dygn: ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasting) med säte i England. Detta initiativ ger idag, trots hård internationell konkurrens, de bästa väderprognoserna i världen.

Utvecklingen mot kvantitativ högupplöst nederbördsinformation har gått relativt långsamt – i slutet av 1940-talet fanns förhoppning om att regnmätarproblemet skulle kunna lösas genom att väderradar kontinuerligt skulle kunna mäta regn med hög tids- och rumsupplösning. Utvecklingen sedan dess har visat, att svårigheterna är stora och vi har ännu inte kommit tillräckligt långt, trots tillgången till

avancerade automatstationer, väderradarer och vädersatelliter.

VA-sektorn tillhör de kravställare, som ställer högsta krav på observationssystemen, eftersom det är den högupplösta tids- och rumsskalen, som är den mest intressanta.

För att täcka VA-sektorns behov av nederbördsinformation behövs inte minst:

- Ett tätt nät av automatstationer med nederbörds-givare kombinerat med fjärranalysinformation och avancerade analysystem, som kan fungera på tids-skalan decennier till århundraden.
- En integrerad internationell samverkan, där de bästa systemen och metoderna utvecklas med tydliga mål. De nystartade projektansatserna EURRA och EUROGRID verkar båda i denna riktning.
- Fortsatta satsningar på forskning rörande klimat-utvecklingen med sikte på att få minska osäkerheten och få fram mera konkreta och detaljerade beskrivningar av det framtida klimatet.
- Täta kontakter mellan forskare – utvecklare – tillämpare.

Referenser

Adami A. & Da Deppo L. (1986). On the systematic errors of tipping bucket recording rain gauges. P 27–30 in Sevruck (1986).

Agersten S. (2002). Analysis of extreme daily precipitation and return periods in Norway and NORDKLIM area. DNMI Report no 13/02 KLIMA. ISSN 0805-9918. 65 p.

Alexandersson H., Vedin H. & Eklund A. (2000). The extreme rainstorm at Mount Fulufället, Sweden, 30/31 August 1997. *Weather*, vol 55, No 8.

Alexandersson H. & Vedin H. (2003). Analys av intensiva regn med kort tidskala och liten rumsskala. SMHI Meteorologi Nr 110.

Arnell V. (1974). Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926–1971. Geohydrologiska Forskningsgruppen. CTH Meddelande nr 5.

Arnell V. (1982). Rainfall data for the Design of Sewer Pipe Systems. Institutionen för Vattenbyggnad, CTH, Göteborg. Report Series A:8, ISSN 0348-1050.

Arnell V. (1991). Nederbördsdata vid dimensionering av avloppssystem. VAV P65.

Arnell V. & Asp T. (1979). Nederbördens varaktighet och mängd vid Lundby i Göteborg 1921–1939. Geohydrologiska Forskningsgruppen. CTH. Meddelande nr 44.

Arnell V. & Melin H. (1984). Rainfall data for the design of sewer detention basins. Geohydrologiska Forskningsgruppen. CTH. Meddelande nr 76.

Bartels H., Malitz G., Asmus S., Albrecht F.M., Dietzer B., Günther T. & Ertel H. (1997). Starkniederschlagshöhen für Deutschland (KOSTRA-Atlas). Deutscher Wetterdienst, Offenbach, 82 s.

Bergeron T. (1933). On the physics of cloud and precipitation. Mémoire présenté a l'Association de Météorologie de l'U.G.G.I. Lissabon Septembre 1933. Paris. Imprimerie Paul Dupont, 1935.

Bergström (1976). Utjämningsmagasin i avloppsnät. VAV P31.

Chambers J.M., Cleveland W.S., Kleiner B. & Tukey P. (1983). Graphical methods for data analysis. Belmont, Calif.: Wadsworth International Group.

Cleveland W.S. (1979). Robust locally weight regression and smoothing scatter-plots. *Journal of the American Statistical Association*, 74, 829–836.

Coelho F.E.S. (2004). Intense Precipitation in Portugal. Internal Report at Instituto de Meteorologia, Lissabon.

Christianssen J.H., Co-ordinator (2005). Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects, PRUDENCE. Final Report. EVK2-CT2001-00132. <http://prudence.dmi.dk>, Section 6.4.5 Work package 5, p 104.

Dahlström B. (1973). Investigation of errors in rainfall observations. Dept. of Meteorol., Univ. Uppsala, report No. 34, 31 pp.

Dahlström B. (1979). Regional fördelning av nederbördsintensitet – en klimatologisk analys. Building Research Council in Sweden, Report R 18: 1979. 84 p. ISBN 91-540-2986-4.

Dahlström B., Forland E., Madsen H., Perala J. & Solantie R. (1986). The improvement of point precipitation data on an operational basis. Nordic Working Group on Precipitation, NHP-Report No. 17, Oslo, Norway. 86 pp.

Demarée G. (1985). Intensity-Duration-Frequency Relationship of Point Precipitation at Uccle. Reference period 1934–1983. RMI Publications series A No 116.

DVWK (1985). Niederschlag – Starkregenauswertung nach Wiederkehrzeit und Dauer. DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 124.

Elleson J. & Persson R. (1961). Skyfallsartade regn över Skåne. *Svensk Geografisk Årsbok* 37. Utgiven av Sydsvenska Geografiska Sällskapet.

Falk B.A. H:son (1951). Utredning angående nederbördsförhållandena i Stockholm och Uppsala med särskild hänsyn till dimensionering av avlopp. Byggnadsdelegationen för Storflygplatsen, Stockholm.

Førland E.J. (ed.), Allerup P., Dahlström B., Elomaa E., Jónsson T., Madsen H., Perälä J., Rissanen P., Vedin H. & Vejen F. (1996). Manual for Operational Correction of Nordic Precipitation Data. Report Nr 24/96. Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI), Oslo. ISSN 0805-9918.

Hamberg, H.E. (1910). Nederbörden i Sverige 1860–1910. Bihang till Meteorologiska iakttagelser i Sverige. Bd 52, ser 2 bd 38.

Heberden W. (1769). “Of the different Quantities of Rain, which appear to fall, at different Heights, over the Same Spot of Ground”, *Philosophical Transactions of the Royal Society* 59. p. 359–362.

Hernebring C. (2006). 10 års-regnets återkomst förr och nu – regndata för dimensionering/kontrollberäkning av VA-system i tätorter. VA-Forsk Nr 2006-04. Rapporten och nedan angivna delrapporter finns tillgängliga i pdf-format via www.dhi.se eller www.svensktvatten.se.

1. Borås – Bearbetning av högupplösta regndata 1982–88, 1994–2004.
2. Göteborg, Barlastplatsen – Bearbetning av högupplösta regndata 1973–2004.
3. Halmstad 1992–2004 – Bearbetning av högupplösta regndata.
4. Helsingborg – Bearbetning av högupplösta regndata 1991–2004.
5. Jönköping – Bearbetning av högupplösta regndata 1985–2004.
6. Kalmar 1991–2004 – Bearbetning av högupplösta regndata.
7. Karlskrona 1998–2004 – Bearbetning av högupplösta regndata.
8. Karlstad 1994–2004 – Bearbetning av högupplösta regndata.
9. Malmö – Bearbetning av högupplösta regndata 1980–2004.
10. Skellefteå – Bearbetning av högupplösta regndata 1995–2004.
11. Stockholm, Torsgatan – Bearbetning av högupplösta regndata 1984–2004.
12. Sundsvall 1991–2004 – Bearbetning av högupplösta regndata.
13. Uddevalla 1993–2004 – Bearbetning av högupplösta regndata.
14. Uppsala 1991–2004 – Bearbetning av högupplösta regndata
15. Växjö – Bearbetning av högupplösta regndata 1985–2004.

Holton J.R. (1979). An introduction to dynamic meteorology. Volyme 23 in International Geophysics Series, Academic Press. New York. ISBN: 0-12-354360-6.

Höganäs (1965). Höganäs avloppshandbok. Höganäs – Billesholms AB.

IPCC (2001). Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. (red. J.T. Houghton *et al.*), Cambridge University Press.

Jonasson O. (2001). Statistisk bearbetning av regnserier från Malmö 1980–99. VATTEN 57:39–43.

Klein Tank, A.M.G., J.B. Wijngaard, G.P. Konnen, R. Bohm, G. Demaree, A. Gocheva, M. Mileta, S. Pashiardis, L. Hejkrlik, C. Kern-Hansen, R. Heino, P. Bessemoulin, G. Muller-Westmeier, M. Tzanakou, S. Szalai, T. Palsdottir, D. Fitzgerald, S. Rubin, M. Capaldo, M. Maugeri, A. Leitass, A. Bukantis, R. Aberfeld, A.F.V. van Engelen, E. Forland, M. Miletus, F. Coelho, C. Mares, V. Razuvaev, E. Niepova, T. Cegnar, J. Antonio Lopez, B. Dahlstrom, A. Moberg, W. Kirchhofer, A. Ceylan, O. Pachaliuk, L.V. Alexander & P. Petrovic (2002). Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for European Climate Assessment (ECA). Int. J. of Climatol., 22, 1441–1553.

Kuusisto E. (1980). On the intensity of rainfall in Finland. Aqua Fennica 10: p3–11.

Modén H. & Nyberg A. (1965). Stockholmsområdets klimat: Del 1. Nederbörden. SMHI, Meddelanden, Serie B. Nr 19.

National Environment Research Council (NERC) (1975). Flood Studies Report, London.

- Petterssen S. (1941). Introduction to meteorology, New York, McGraw-Hill, 1941.
- Räisänen J., Hansson U., Ullerstig A., Döscher R., Graham P.L., Jones C., Meier M., Samuelsson P. & Willén U. (2003). GCM driven simulations of recent and future climate with the Rossby Centre coupled atmosphere – Baltic Sea regional climate model RCAO. SMHI Reports Meteorology and Climatology. No 101, Norrköping.
- Räisänen J., Hansson U., Ullerstig A., Döscher R., Graham L.P., Jones C., Meier M., Samuelsson P. & Willén U. (2004). European climate in the late 21st century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. *Clim. Dynamics*, Vol 22, No 1, 13–31.
- Schuurmans, C.H. Cattle, E. Choissel, B. Dahlstrom, C. Gagaoudaki, A.M. Jorgensen, G. Muller-Wester-meier & B. Orfila (1995). Climate of Europe: Recent variation, present state and future prospects. KNMI, De Bilt, the Netherlands, pp 72.
- Sevruk, ed. (1986). Correction of Precipitation Measurements. ETH/IAHS/WMO Workshop on the Correction of Precipitation Measurements. Zürcher Geographische Schriften 23. Zürich.
- Sondén R. (1955). Ny bearbetning av regndiagram i Borås. Svenska Kommunaltekniska Föreningens Handlingar N:r 14 1955.
- STARDEX (Statistical and Regional dynamical Downscaling of Extremes for European Regions) (2005). Final Report, p 7. Available at: <http://www.cru.uea.ac.uk/projects/stardex/>.
- Svenskt Vatten (2004). Publikation P90. Dimensionering av allmänna avloppsledningar. ISSN nr: 1651–4987.
- Vedin Haldo & Eriksson Bertil (1988). Extrem arealnederbörd i Sverige 1881–1988. SMHI Meteorologi, nr 76, 89 sidor.
- Wickerts S. (1964). Nederbördens intensitet, förekomst och varaktighet i Uppsala under perioden 1940–1959. Forsvarets Forskningsanstalt, Avdelning 3, FOA 3 Rapport A 627.
- Zellner J., Geiger H. & Röthlisberger G. (1976–1991). Starkniederschläge, Band 1 (1976) bis Band 8 (1991). Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf (Switzerland).
- Åkerlindh G. (1939). Bearbetning av nederbördsdiagram för avloppsändamål: Teknisk Tidskrift. V.o.V H 24.
- Ångström A. (1929). Stora nederbördsmängder i Stockholm. Teknisk Tidskrift. H 5.

Bilaga A: Beskrivning av Z-metoden

Metoden beskrivs i Dahlström (1979) och i Svenskt Vatten, P90 (2004).

En regional parameter, "Z", används för att återge den konvektiva nederbördsmonstret i Sverige.

Z bestäms enligt:

$$Z' = 0,5 \cdot (N_7 + N_8) - N_V$$

Där N_7 , N_8 respektive N_V är medelnederbörden 1931–60 under juli, augusti samt en vårmånad (maj har utnyttjats) med ringa konvektion.

I analysen har $Z = 0,5 Z'$ använts.

Den regionala parametern Z har kombinerats med statistik över korttidsnederbörd enligt formeln:

$$F(x, T, Z) = \{A(T) + Z \cdot B(T)\} \cdot C(x) \cdot x^{b'} \quad (9) \text{ där,}$$

$F(x, T, Z)$ = Dimensionerande nederbördsintensitet i mm/tim

x = varaktigheten av nederbörd i timmar

T = återkomsttid i månader

Z = regional parameter

$A(T)$ = $1,7 \cdot T^{0,47} - T^{-1}$

$B(T)$ = $0,32 - 0,72 \cdot (T + 3)^{-1}$

$C(x)$ = $1 + 0,1(x - 0,167)(|x - 0,167| + 0,01)^{-1}$

b' = $-0,72$

För en del områden längs Östersjökusten samt fjälltrakterna sattes $b' = -0,68$

Kartan över Z framgår av Figur 11-1, vänstra kartan.

Formeln täcker varaktigheter (x) i intervallet 3 minuter–96 timmar och återkomsttid (T) 1 månad–10 år.

Bilaga B: Resultat från bearbetning av automatstationsdata. Återkomsttider för blockregn

5353 HÖRBY

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	145,7	83,0	58,5	30,4	15,2	7,6	5,1	3,9	2,0
	mm regn	52,4	59,7	63,1	65,6	65,6	65,6	66,0	67,3	69,1
5,00	L/s ha	40,6	29,6	23,5	16,2	11,7	7,0	4,8	3,8	1,9
	mm regn	14,6	21,3	25,4	35,0	50,5	60,4	62,2	65,6	65,6
2,00	L/s ha	33,4	26,0	19,5	12,2	7,6	4,0	3,0	2,5	1,3
	mm regn	12,0	18,7	21,0	26,3	32,8	34,5	38,8	43,2	44,9
1,00	L/s ha	28,1	20,2	15,9	9,7	5,8	3,3	2,6	2,0	1,0
	mm regn	10,1	14,5	17,2	20,9	25,0	28,5	33,7	34,5	34,5
0,50	L/s ha	22,2	16,5	13,1	8,1	4,9	2,8	2,0	1,5	0,8
	mm regn	8,0	11,9	14,1	17,5	21,2	24,2	25,9	25,9	27,6
0,08	L/s ha	11,1	7,9	6,3	4,1	2,5	1,5	1,0	0,8	0,4
	mm regn	4,0	5,7	6,8	8,8	10,8	12,9	12,9	13,8	13,8

5429 SKILLINGE

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	53,9	37,8	34,3	17,3	8,7	4,4	3,0	2,3	1,2
	mm regn	19,4	27,2	37,0	37,3	37,6	38,0	38,8	39,7	41,4
5,00	L/s ha	36,1	22,1	16,9	11,5	7,8	4,2	2,9	2,2	1,1
	mm regn	13,0	15,9	18,2	24,8	33,7	36,3	37,6	38,0	38,0
2,00	L/s ha	31,0	20,2	14,6	9,1	6,1	3,5	2,8	2,1	1,1
	mm regn	11,2	14,5	15,8	19,6	26,3	30,2	36,3	36,3	38,0
1,00	L/s ha	25,3	16,1	13,1	8,0	4,8	2,9	2,2	1,7	0,9
	mm regn	9,1	11,6	14,1	17,3	20,7	25,0	28,5	29,4	31,1
0,50	L/s ha	20,0	13,9	10,9	6,9	4,2	2,3	1,7	1,3	0,7
	mm regn	7,2	10,0	11,8	14,9	18,1	19,9	22,0	22,4	24,2
0,08	L/s ha	8,9	6,9	5,5	3,5	2,1	1,1	0,8	0,6	0,3
	mm regn	3,2	5,0	5,9	7,6	9,1	9,5	10,4	10,4	10,4

6204 HELSINGBORG

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
År										
(10,00)	L/s ha	48,1	34,9	29,4	18,8	9,6	6,4	5,5	4,2	2,1
	mm regn	17,3	25,1	31,7	40,6	41,4	55,3	71,2	72,5	72,5
5,00	L/s ha	47,3	29,6	21,7	13,5	9,4	5,1	3,4	2,6	1,3
	mm regn	17,0	21,3	23,4	29,1	40,6	44,0	44,0	44,9	44,9
2,00	L/s ha	40,3	25,2	20,2	11,7	7,2	4,5	3,0	2,3	1,2
	mm regn	14,5	18,1	21,8	25,3	31,1	38,8	38,8	39,7	41,4
1,00	L/s ha	33,1	20,7	16,7	10,5	6,2	3,6	2,5	1,9	1,0
	mm regn	11,9	14,9	18,0	22,7	26,8	31,1	32,4	32,8	34,5
0,50	L/s ha	27,5	17,0	13,1	8,4	5,3	2,9	2,1	1,6	0,8
	mm regn	9,9	12,2	14,1	18,1	22,9	25,0	27,2	27,6	27,6
0,08	L/s ha	10,8	8,2	6,5	4,1	2,5	1,3	0,9	0,7	0,4
	mm regn	3,9	5,9	7,0	8,8	10,8	11,2	11,7	12,1	13,8

6226 HALLANDS V

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
År										
(10,00)	L/s ha	62,0	35,4	28,5	26,0	20,1	14,4	10,0	7,6	3,8
	mm regn	22,3	25,5	30,8	56,1	86,8	124,3	129,5	131,2	131,2
5,00	L/s ha	42,0	31,7	23,6	14,9	10,5	5,8	3,9	3,0	1,5
	mm regn	15,1	22,8	25,5	32,2	45,3	50,1	50,5	51,8	51,8
2,00	L/s ha	36,7	25,6	19,5	11,5	6,5	3,5	2,4	1,8	0,9
	mm regn	13,2	18,4	21,0	24,8	28,1	30,2	31,1	31,1	31,1
1,00	L/s ha	32,2	20,4	17,4	10,0	5,5	2,8	2,0	1,5	0,8
	mm regn	11,6	14,7	18,8	21,6	23,7	24,2	25,9	25,9	27,6
0,50	L/s ha	26,1	17,4	13,6	8,2	4,6	2,5	1,7	1,3	0,7
	mm regn	9,4	12,5	14,7	17,7	19,9	21,6	22,0	22,4	24,2
0,08	L/s ha	10,6	7,5	6,0	4,0	2,4	1,3	0,9	0,7	0,4
	mm regn	3,8	5,4	6,5	8,6	10,4	11,2	11,7	12,1	13,8

6351 LJUNGBY

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	89,8	68,2	49,4	24,7	12,4	8,6	6,6	5,0	2,9
	mm regn	32,3	49,1	53,3	53,3	53,5	74,2	85,5	86,3	100,1
5,00	L/s ha	83,4	43,0	28,7	18,6	12,3	6,7	5,3	4,8	2,5
	mm regn	30,0	30,9	31,0	40,1	53,1	57,8	68,6	82,9	86,3
2,00	L/s ha	39,1	28,0	21,9	13,5	8,1	4,5	3,0	2,3	1,2
	mm regn	14,1	20,1	23,6	29,1	35,0	38,8	38,8	39,7	41,4
1,00	L/s ha	30,0	19,2	16,8	9,9	6,3	3,6	2,6	2,0	1,0
	mm regn	10,8	13,8	18,1	21,4	27,2	31,1	33,7	34,5	34,5
0,50	L/s ha	24,2	15,7	12,0	7,8	4,8	2,9	2,0	1,5	0,8
	mm regn	8,7	11,3	12,9	16,8	20,7	25,0	25,9	25,9	27,6
0,08	L/s ha	9,7	7,4	5,9	3,8	2,3	1,3	0,9	0,8	0,4
	mm regn	3,5	5,3	6,4	8,2	9,9	11,2	11,7	13,8	13,8

6451 VÄXJÖ

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	73,7	38,9	27,4	17,5	9,8	8,1	6,6	5,8	2,9
	mm regn	26,5	28,0	29,6	37,8	42,3	69,9	85,5	100,1	100,1
5,00	L/s ha	61,7	33,2	26,6	14,3	9,0	7,7	6,5	4,9	2,5
	mm regn	22,2	23,9	28,7	30,9	38,8	66,5	84,2	84,6	86,3
2,00	L/s ha	38,1	29,1	22,3	13,0	7,5	3,8	3,3	2,6	1,3
	mm regn	13,7	20,9	24,1	28,1	32,4	32,8	42,7	44,9	44,9
1,00	L/s ha	32,0	22,5	15,5	10,0	5,5	3,0	2,4	2,0	1,0
	mm regn	11,5	16,2	16,7	21,6	23,7	25,9	31,1	34,5	34,5
0,50	L/s ha	25,3	15,6	12,0	7,6	4,4	2,4	1,9	1,5	0,8
	mm regn	9,1	11,2	12,9	16,4	19,0	20,7	24,6	25,9	27,6
0,08	L/s ha	10,3	7,6	6,1	3,9	2,4	1,3	0,9	0,7	0,4
	mm regn	3,7	5,5	6,6	8,4	10,4	11,2	11,7	12,1	13,8

7119 NIDINGEN

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	138,4	85,1	57,3	29,4	16,2	8,1	6,4	4,8	2,4
	mm regn	49,8	61,2	61,8	63,5	69,9	69,9	82,9	82,9	82,9
5,00	L/s ha	71,4	46,6	34,4	17,2	8,6	4,9	3,3	2,5	1,3
	mm regn	25,7	33,5	37,1	37,1	37,1	42,3	42,7	43,2	44,9
2,00	L/s ha	39,3	27,5	23,8	14,0	7,5	4,0	2,8	2,1	1,1
	mm regn	14,1	19,8	25,7	30,2	32,4	34,5	36,3	36,3	38,0
1,00	L/s ha	32,0	22,0	16,2	10,3	6,0	3,3	2,2	1,7	0,9
	mm regn	11,5	15,8	17,5	22,2	25,9	28,5	28,5	29,4	31,1
0,50	L/s ha	21,7	15,4	11,6	6,8	4,4	2,4	1,7	1,3	0,7
	mm regn	7,8	11,1	12,5	14,7	19,0	20,7	22,0	22,4	24,2
0,08	L/s ha	8,9	6,7	5,7	3,6	2,1	1,1	0,8	0,6	0,3
	mm regn	3,2	4,8	6,2	7,8	9,1	9,5	10,4	10,4	10,4

7142 GÖTEBORG

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	80,9	59,5	49,1	36,3	20,7	13,6	9,3	7,0	3,5
	mm regn	29,1	42,8	53,0	78,3	89,4	117,4	120,4	120,9	120,9
5,00	L/s ha	77,6	53,4	37,7	19,2	9,6	4,8	3,2	2,4	1,2
	mm regn	27,9	38,4	40,7	41,4	41,4	41,4	41,4	41,4	41,4
2,00	L/s ha	38,6	24,5	16,8	11,9	8,1	4,5	3,0	2,3	1,2
	mm regn	13,9	17,6	18,1	25,7	35,0	38,8	38,8	39,7	41,4
1,00	L/s ha	30,3	20,3	15,0	10,2	6,7	3,8	2,6	2,0	1,0
	mm regn	10,9	14,6	16,2	22,0	28,9	32,8	33,7	34,5	34,5
0,50	L/s ha	24,7	17,4	13,7	8,7	5,4	3,1	2,1	1,6	0,8
	mm regn	8,9	12,5	14,8	18,8	23,3	26,8	27,2	27,6	27,6
0,0	L/s ha	12,0	8,9	7,3	4,8	3,1	1,6	1,1	0,9	0,5
	mm regn	4,3	6,4	7,9	10,4	13,4	13,8	14,2	15,5	17,3

7209 ULLARED

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	74,8	41,7	27,9	14,7	10,6	8,2	5,6	4,2	2,3
	mm regn	26,9	30,0	30,1	31,7	45,8	70,8	72,5	72,5	79,4
5,00	L/s ha	44,8	38,1	27,0	14,5	10,0	6,1	4,5	4,0	2,1
	mm regn	16,1	27,4	29,1	31,3	43,2	52,7	58,3	69,1	72,5
2,00	L/s ha	40,3	25,5	18,9	13,7	8,2	5,3	3,8	3,0	1,5
	mm regn	14,5	18,3	20,4	29,6	35,4	45,8	49,2	51,8	51,8
1,00	L/s ha	31,4	21,5	17,3	10,6	7,2	4,8	3,5	2,7	1,4
	mm regn	11,3	15,5	18,7	22,9	31,1	41,4	45,3	46,6	48,3
0,50	L/s ha	24,7	18,6	14,5	9,4	6,6	4,0	2,8	2,2	1,1
	mm regn	8,9	13,4	15,6	20,3	28,5	34,5	36,3	38,0	38,0
0,08	L/s ha	13,1	9,9	8,2	5,6	3,5	2,0	1,5	1,2	0,6
	mm regn	4,7	7,1	8,8	12,1	15,1	17,3	19,4	20,7	20,7

7348 RÅNGEDAL

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	90,9	47,8	32,3	16,2	8,1	5,8	4,4	3,4	1,8
	mm regn	32,7	34,4	34,9	35,0	35,0	50,1	57,0	58,7	62,2
5,00	L/s ha	63,7	40,7	28,5	14,7	7,6	5,4	4,0	3,3	1,7
	mm regn	22,9	29,3	30,8	31,7	32,8	46,6	51,8	57,0	58,7
2,00	L/s ha	37,7	26,8	21,8	13,3	7,4	4,9	3,6	2,8	1,4
	mm regn	13,6	19,3	23,5	28,7	31,9	42,3	46,6	48,3	48,3
1,00	L/s ha	32,8	22,2	17,0	10,7	6,9	3,8	2,7	2,3	1,2
	mm regn	11,8	16,0	18,3	23,1	29,8	32,8	35,0	39,7	41,4
0,50	L/s ha	26,1	19,3	14,2	9,0	5,6	3,4	2,5	1,9	1,0
	mm regn	9,4	13,9	15,3	19,4	24,2	29,4	32,4	32,8	34,5
0,08	L/s ha	12,0	8,9	7,3	4,8	3,1	1,8	1,2	0,9	0,5
	mm regn	4,3	6,4	7,9	10,4	13,4	15,5	15,5	15,5	17,3

7430 TOMTABACKEN

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	62,8	40,6	28,0	14,4	10,7	8,6	7,1	6,1	3,2
	mm regn	22,6	29,2	30,2	31,1	46,2	74,2	91,9	105,3	110,5
5,00	L/s ha	45,9	40,2	27,6	14,0	7,3	7,2	6,3	5,1	2,6
	mm regn	16,5	28,9	29,8	30,2	31,5	62,2	81,6	88,1	89,8
2,00	L/s ha	41,1	26,1	18,5	11,3	6,7	3,8	2,7	2,1	1,1
	mm regn	14,8	18,8	20,0	24,4	28,9	32,8	35,0	36,3	38,0
1,00	L/s ha	33,1	19,5	13,6	8,4	5,4	3,4	2,3	1,8	0,9
	mm regn	11,9	14,0	14,7	18,1	23,3	29,4	29,8	31,1	31,1
0,50	L/s ha	22,2	14,6	11,2	7,2	4,5	2,7	1,9	1,5	0,8
	mm regn	8,0	10,5	12,1	15,5	19,4	23,3	24,6	25,9	27,6
0,08	L/s ha	10,8	8,1	6,4	4,0	2,5	1,4	1,0	0,8	0,4
	mm regn	3,9	5,8	6,9	8,6	10,8	12,1	12,9	13,8	13,8

7552 HORN

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	63,7	35,9	26,5	15,8	11,0	6,5	5,6	4,3	2,2
	mm regn	22,9	25,8	28,6	34,1	47,5	56,1	72,5	74,2	76,0
5,00	L/s ha	53,4	35,3	26,5	13,6	8,4	6,1	4,1	3,1	1,6
	mm regn	19,2	25,4	28,6	29,4	36,3	52,7	53,1	53,5	55,3
2,00	L/s ha	46,1	25,2	17,5	11,8	6,8	3,7	2,8	2,1	1,1
	mm regn	16,6	18,1	18,9	25,5	29,4	31,9	36,3	36,3	38,0
1,00	L/s ha	28,9	19,6	15,6	9,5	5,9	3,4	2,4	1,8	0,9
	mm regn	10,4	14,1	16,8	20,5	25,5	29,4	31,1	31,1	31,1
0,50	L/s ha	23,1	15,6	12,6	8,0	4,5	2,6	1,9	1,5	0,8
	mm regn	8,3	11,2	13,6	17,3	19,4	22,4	24,6	25,9	27,6
0,08	L/s ha	9,5	6,9	5,5	3,5	2,0	1,1	0,7	0,6	0,3
	mm regn	3,4	5,0	5,9	7,6	8,6	9,5	9,1	10,4	10,4

7642 GLADHAMMAR

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	57,5	37,4	35,4	24,4	15,3	11,7	9,4	7,1	3,6
	mm regn	20,7	26,9	38,2	52,7	66,0	101,0	121,7	122,6	124,3
5,00	L/s ha	55,3	37,0	24,9	19,8	13,6	8,3	6,3	5,0	2,5
	mm regn	19,9	26,6	26,9	42,7	58,7	71,7	81,6	86,3	86,3
2,00	L/s ha	40,0	28,0	21,3	14,2	9,5	5,5	4,4	3,3	1,7
	mm regn	14,4	20,1	23,0	30,6	41,0	47,5	57,0	57,0	58,7
1,00	L/s ha	33,1	23,5	18,3	11,4	6,7	4,2	3,3	2,5	1,3
	mm regn	11,9	16,9	19,7	24,6	28,9	36,3	42,7	43,2	44,9
0,50	L/s ha	25,3	17,2	13,8	10,1	5,8	3,2	2,5	1,9	1,0
	mm regn	9,1	12,4	14,9	21,8	25,0	27,6	32,4	32,8	34,5
0,08	L/s ha	10,8	8,1	6,5	4,0	2,4	1,3	0,9	0,7	0,4
	mm regn	3,9	5,8	7,0	8,6	10,4	11,2	11,7	12,1	13,8

8405 VISINGSÖ

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	77,8	61,9	41,3	22,4	11,4	5,7	3,8	2,9	1,5
	mm regn	28,0	44,5	44,6	48,3	49,2	49,2	49,2	50,1	51,8
5,00	L/s ha	65,1	37,0	32,1	20,6	10,3	5,2	3,5	2,7	1,4
	mm regn	23,4	26,6	34,6	44,5	44,5	44,9	45,3	46,6	48,3
2,00	L/s ha	31,7	23,4	19,1	11,1	6,9	4,0	2,9	2,2	1,1
	mm regn	11,4	16,8	20,6	24,0	29,8	34,5	37,6	38,0	38,0
1,00	L/s ha	27,5	17,2	14,8	8,9	5,5	3,2	2,4	1,8	0,9
	mm regn	9,9	12,4	16,0	19,2	23,7	27,6	31,1	31,1	31,1
0,50	L/s ha	22,5	14,7	11,1	6,8	4,3	2,5	1,7	1,3	0,7
	mm regn	8,1	10,6	12,0	14,7	18,6	21,6	22,0	22,4	24,2
0,08	L/s ha	8,3	6,4	5,2	3,2	1,9	1,0	0,7	0,6	0,3
	mm regn	3,0	4,6	5,6	6,9	8,2	8,6	9,1	10,4	10,4

8452 GÅRDSJÖ

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	82,6	50,5	44,6	23,8	18,2	9,2	6,2	4,7	2,4
	mm regn	29,7	36,3	48,1	51,4	78,6	79,4	80,3	81,2	82,9
5,00	L/s ha	73,9	48,5	38,2	20,1	10,3	6,6	5,0	3,8	1,9
	mm regn	26,6	34,9	41,2	43,4	44,5	57,0	64,7	65,6	65,6
2,00	L/s ha	44,3	27,4	20,2	11,9	8,7	4,9	3,3	2,5	1,3
	mm regn	15,9	19,7	21,8	25,7	37,6	42,3	42,7	43,2	44,9
1,00	L/s ha	33,4	21,0	16,3	9,8	6,2	3,6	2,5	2,0	1,0
	mm regn	12,0	15,1	17,6	21,2	26,8	31,1	32,4	34,5	34,5
0,50	L/s ha	25,0	16,4	13,3	8,1	4,7	2,6	1,9	1,5	0,8
	mm regn	9,0	11,8	14,4	17,5	20,3	22,4	24,6	25,9	27,6
0,08	L/s ha	10,3	7,8	6,3	4,0	2,3	1,3	0,9	0,7	0,4
	mm regn	3,7	5,6	6,8	8,6	9,9	11,2	11,7	12,1	13,8

8642 KOLMÅRDEN

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	75,6	38,2	28,8	15,8	12,8	9,2	6,2	4,7	2,4
	mm regn	27,2	27,5	31,1	34,1	55,3	79,4	80,3	81,2	82,9
5,00	L/s ha	42,5	26,0	17,7	14,5	8,5	4,8	4,4	3,3	1,7
	mm regn	15,3	18,7	19,1	31,3	36,7	41,4	57,0	57,0	58,7
2,00	L/s ha	33,4	21,5	16,7	10,4	6,8	3,5	2,8	2,3	1,2
	mm regn	12,0	15,5	18,0	22,4	29,4	30,2	36,3	39,7	41,4
1,00	L/s ha	28,6	20,2	15,2	8,8	5,5	3,0	2,2	1,8	0,9
	mm regn	10,3	14,5	16,4	19,0	23,7	25,9	28,5	31,1	31,1
0,50	L/s ha	22,8	16,8	12,9	7,6	4,4	2,6	1,8	1,4	0,7
	mm regn	8,2	12,1	13,9	16,4	19,0	22,4	23,3	24,2	24,2
0,08	L/s ha	10,6	7,8	6,3	4,1	2,5	1,3	0,9	0,7	0,4
	mm regn	3,8	5,6	6,8	8,8	10,8	11,2	11,7	12,1	13,8

9604 FLODA

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	106,8	54,6	36,8	19,2	11,7	5,9	4,0	3,0	1,5
	mm regn	38,4	39,3	39,7	41,4	50,5	50,9	51,8	51,8	51,8
5,00	L/s ha	75,9	43,9	33,7	18,4	11,1	5,8	3,9	3,0	1,6
	mm regn	27,3	31,6	36,4	39,7	47,9	50,1	50,5	51,8	55,3
2,00	L/s ha	51,6	34,5	24,4	14,7	8,1	4,5	3,1	2,5	1,3
	mm regn	18,6	24,8	26,3	31,7	35,0	38,8	40,1	43,2	44,9
1,00	L/s ha	28,6	20,3	14,9	9,4	5,9	3,5	2,4	1,8	1,0
	mm regn	10,3	14,6	16,1	20,3	25,5	30,2	31,1	31,1	34,5
0,50	L/s ha	23,9	15,6	11,3	7,8	4,6	2,4	1,8	1,4	0,7
	mm regn	8,6	11,2	12,2	16,8	19,9	20,7	23,3	24,2	24,2
0,08	L/s ha	10,3	7,4	5,7	3,8	2,3	1,2	0,8	0,6	0,3
	mm regn	3,7	5,3	6,2	8,2	9,9	10,4	10,4	10,4	10,4

9656 SALA

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	93,1	57,8	44,9	30,4	19,7	11,2	8,1	6,1	3,1
	mm regn	33,5	41,6	48,5	65,6	85,0	96,7	104,9	105,3	107,1
5,00	L/s ha	81,7	43,2	28,8	14,4	8,2	4,1	3,1	2,4	1,2
	mm regn	29,4	31,1	31,1	31,1	35,4	35,4	40,1	41,4	41,4
2,00	L/s ha	35,0	22,9	19,9	11,2	6,5	3,5	2,4	1,8	0,9
	mm regn	12,6	16,5	21,5	24,2	28,1	30,2	31,1	31,1	31,1
1,00	L/s ha	26,4	18,8	13,3	7,9	5,3	3,0	2,0	1,5	0,8
	mm regn	9,5	13,5	14,4	17,1	22,9	25,9	25,9	25,9	27,6
0,50	L/s ha	19,7	13,3	10,7	6,9	4,0	2,1	1,6	1,2	0,6
	mm regn	7,1	9,6	11,5	14,9	17,3	18,1	20,7	20,7	20,7
0,08	L/s ha	8,3	6,1	5,1	3,2	1,9	1,0	0,7	0,6	0,3
	mm regn	3,0	4,4	5,5	6,9	8,2	8,6	9,1	10,4	10,4

9728 ADELSÖ

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	60,0	35,6	26,1	20,0	11,1	5,6	3,8	2,9	1,5
	mm regn	21,6	25,6	28,2	43,2	47,9	48,3	49,2	50,1	51,8
5,00	L/s ha	51,4	35,3	25,9	13,7	8,5	5,2	3,5	2,7	1,4
	mm regn	18,5	25,4	27,9	29,6	36,7	44,9	45,3	46,6	48,3
2,00	L/s ha	28,2	22,7	16,0	9,2	6,1	3,5	2,4	1,9	1,0
	mm regn	10,1	16,3	17,3	19,9	26,3	30,2	31,1	32,8	34,5
1,00	L/s ha	22,2	16,4	12,1	7,9	4,7	2,7	2,0	1,5	0,8
	mm regn	8,0	11,8	13,1	17,1	20,3	23,3	25,9	25,9	27,6
0,50	L/s ha	18,3	12,8	10,2	6,6	3,8	2,1	1,5	1,2	0,6
	mm regn	6,6	9,2	11,0	14,2	16,4	18,1	19,4	20,7	20,7
0,08	L/s ha	6,1	4,9	4,1	2,5	1,5	0,8	0,6	0,5	0,3
	mm regn	2,2	3,5	4,4	5,4	6,5	6,9	7,8	8,6	10,4

9849 SVANBERG

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	49,2	30,9	23,0	14,3	9,2	5,2	3,5	2,7	1,4
	mm regn	17,7	22,2	24,8	30,9	39,7	44,9	45,3	46,6	48,3
5,00	L/s ha	48,9	27,4	22,4	13,3	7,6	4,2	2,9	2,2	1,1
	mm regn	17,6	19,7	24,2	28,7	32,8	36,3	37,6	38,0	38,0
2,00	L/s ha	36,8	23,2	17,7	11,0	6,3	3,7	2,5	1,9	1,0
	mm regn	13,2	16,7	19,1	23,7	27,2	31,9	32,4	32,8	34,5
1,00	L/s ha	27,0	20,0	15,7	9,3	5,3	3,1	2,2	1,7	0,9
	mm regn	9,7	14,4	16,9	20,1	22,9	26,8	28,5	29,4	31,1
0,50	L/s ha	23,4	15,8	12,0	7,3	4,5	2,5	1,8	1,4	0,7
	mm regn	8,4	11,4	12,9	15,8	19,4	21,6	23,3	24,2	24,2
0,08	L/s ha	8,9	6,5	5,5	3,4	2,0	1,1	0,8	0,6	0,3
	mm regn	3,2	4,7	5,9	7,3	8,6	9,5	10,4	10,4	10,4

10310 GUSTAVSFORS

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
År										
(10,00)	L/s ha	48,6	44,6	39,5	21,3	16,1	8,1	5,4	4,1	2,1
	mm regn	17,5	32,1	42,6	46,0	69,5	69,9	69,9	70,8	72,5
5,00	L/s ha	40,3	30,4	23,0	17,2	9,5	4,8	3,3	2,5	1,3
	mm regn	14,5	21,9	24,8	37,1	41,0	41,4	42,7	43,2	44,9
2,00	L/s ha	32,5	25,2	21,3	10,7	6,8	3,5	2,5	1,9	1,0
	mm regn	11,7	18,1	23,0	23,1	29,4	30,2	32,4	32,8	34,5
1,00	L/s ha	28,1	17,7	12,6	8,1	5,4	3,3	2,2	1,6	0,8
	mm regn	10,1	12,7	13,6	17,5	23,3	28,5	28,5	27,6	27,6
0,50	L/s ha	21,1	12,9	10,8	6,7	4,3	2,3	1,8	1,4	0,7
	mm regn	7,6	9,3	11,7	14,5	18,6	19,9	23,3	24,2	24,2
0,08	L/s ha	9,2	6,7	5,3	3,6	2,3	1,3	0,9	0,7	0,4
	mm regn	3,3	4,8	5,7	7,8	9,9	11,2	11,7	12,1	13,8

11441 HAMRA

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
År										
(10,00)	L/s ha	44,8	33,9	23,5	16,7	9,8	6,3	5,1	4,2	2,2
	mm regn	16,1	24,4	25,4	36,0	42,3	54,4	66,0	72,5	76,0
5,00	L/s ha	42,5	28,6	23,4	12,2	9,4	6,0	4,5	3,4	1,7
	mm regn	15,3	20,6	25,3	26,3	40,6	51,8	58,3	58,7	58,7
2,00	L/s ha	35,7	23,0	17,3	10,7	6,6	3,9	3,2	2,7	1,4
	mm regn	12,8	16,5	18,7	23,1	28,5	33,7	41,4	46,6	48,3
1,00	L/s ha	24,2	18,8	14,9	9,4	5,6	3,3	2,3	1,8	0,9
	mm regn	8,7	13,5	16,1	20,3	24,2	28,5	29,8	31,1	31,1
0,50	L/s ha	21,1	15,0	11,9	7,6	4,7	2,8	1,9	1,6	0,8
	mm regn	7,6	10,8	12,8	16,4	20,3	24,2	24,6	27,6	27,6
0,08	L/s ha	10,0	7,2	5,9	4,0	2,5	1,3	0,9	0,7	0,4
	mm regn	3,6	5,2	6,4	8,6	10,8	11,2	11,7	12,1	13,8

11649 DELSBO

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	40,3	39,8	28,7	14,7	7,8	4,9	4,6	3,5	1,8
	mm regn	14,5	28,6	31,0	31,7	33,7	42,3	59,6	60,4	62,2
5,00	L/s ha	40,3	22,2	18,2	10,6	7,7	4,8	3,3	2,7	1,4
	mm regn	14,5	16,0	19,6	22,9	33,2	41,4	42,7	46,6	48,3
2,00	L/s ha	33,1	21,2	15,1	10,3	7,1	4,0	2,9	2,2	1,1
	mm regn	11,9	15,3	16,3	22,2	30,6	34,5	37,6	38,0	38,0
1,00	L/s ha	27,5	18,5	14,0	9,2	5,5	3,4	2,5	1,9	1,0
	mm regn	9,9	13,3	15,1	19,9	23,7	29,4	32,4	32,8	34,5
0,50	L/s ha	21,7	14,6	12,0	7,5	4,5	2,4	1,7	1,3	0,7
	mm regn	7,8	10,5	12,9	16,2	19,4	20,7	22,0	22,4	24,2
0,08	L/s ha	8,1	6,3	5,0	3,3	2,0	1,1	0,8	0,6	0,3
	mm regn	2,9	4,5	5,4	7,1	8,6	9,5	10,4	10,4	10,4

12544 HUNGE

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	56,7	33,2	23,3	13,3	9,7	6,4	5,1	3,9	2,0
	mm regn	20,4	23,9	25,1	28,7	41,9	55,3	66,0	67,3	69,1
5,00	L/s ha	43,9	29,7	19,9	12,0	9,5	5,9	4,5	3,4	1,7
	mm regn	15,8	21,4	21,5	25,9	41,0	50,9	58,3	58,7	58,7
2,00	L/s ha	30,0	22,2	17,7	10,8	7,7	4,8	3,6	2,9	1,5
	mm regn	10,8	16,0	19,1	23,3	33,2	41,4	46,6	50,1	51,8
1,00	L/s ha	26,7	18,8	15,2	10,0	5,1	3,6	3,0	2,3	1,2
	mm regn	9,6	13,5	16,4	21,6	22,0	31,1	38,8	39,7	41,4
0,50	L/s ha	22,5	14,3	11,2	6,8	4,4	2,6	1,8	1,4	0,7
	mm regn	8,1	10,3	12,1	14,7	19,0	22,4	23,3	24,2	24,2
0,08	L/s ha	8,3	6,3	5,1	3,3	2,0	1,1	0,8	0,6	0,3
	mm regn	3,0	4,5	5,5	7,1	8,6	9,5	10,4	10,4	10,4

12713 BRÄMÖN

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	65,6	41,6	28,4	20,3	15,7	9,2	6,2	4,7	2,4
	mm regn	23,6	29,9	30,6	43,8	67,8	79,4	80,3	81,2	82,9
5,00	L/s ha	49,2	38,4	27,5	19,6	11,0	7,3	4,9	3,7	1,9
	mm regn	17,7	27,6	29,7	42,3	47,5	63,0	63,5	63,9	65,6
2,00	L/s ha	38,8	29,3	23,3	13,7	7,5	4,8	3,2	2,4	1,2
	mm regn	14,0	21,1	25,1	29,6	32,4	41,4	41,4	41,4	41,4
1,00	L/s ha	30,6	18,5	16,4	10,4	6,4	3,4	2,3	1,8	0,9
	mm regn	11,0	13,3	17,7	22,4	27,6	29,4	29,8	31,1	31,1
0,50	L/s ha	19,7	14,7	12,1	7,6	4,9	2,6	1,8	1,4	0,7
	mm regn	7,1	10,6	13,1	16,4	21,2	22,4	23,3	24,2	24,2
0,08	L/s ha	8,6	6,3	5,2	3,5	2,0	1,1	0,8	0,6	0,3
	mm regn	3,1	4,5	5,6	7,6	8,6	9,5	10,4	10,4	10,4

14709 ÅSELE

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	60,6	35,7	25,9	14,8	9,5	5,5	3,7	2,8	1,4
	mm regn	21,8	25,7	27,9	31,9	41,0	47,5	47,9	48,3	48,3
5,00	L/s ha	35,9	25,7	21,4	13,2	8,9	5,3	3,6	2,7	1,4
	mm regn	12,9	18,5	23,1	28,5	38,4	45,8	46,6	46,6	48,3
2,00	L/s ha	30,6	19,7	16,4	10,5	6,7	4,1	2,8	2,1	1,1
	mm regn	11,0	14,2	17,7	22,7	28,9	35,4	36,3	36,3	38,0
1,00	L/s ha	23,9	16,8	13,1	8,5	5,6	3,2	2,3	1,8	0,9
	mm regn	8,6	12,1	14,1	18,3	24,2	27,6	29,8	31,1	31,1
0,50	L/s ha	19,7	13,6	10,4	7,0	4,3	2,7	1,8	1,4	0,7
	mm regn	7,1	9,8	11,2	15,1	18,6	23,3	23,3	24,2	24,2
0,08	L/s ha	8,3	6,4	5,3	3,4	2,2	1,1	0,8	0,6	0,3
	mm regn	3,0	4,6	5,7	7,3	9,5	9,5	10,4	10,4	10,4

14833 LYCKSELE

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	43,4	31,1	24,6	15,3	10,3	6,0	4,5	3,4	1,7
	mm regn	15,6	22,4	26,5	33,0	44,5	51,8	58,3	58,7	58,7
5,00	L/s ha	38,4	30,2	23,0	15,2	9,5	5,6	4,1	3,1	1,6
	mm regn	13,8	21,7	24,8	32,8	41,0	48,3	53,1	53,5	55,3
2,00	L/s ha	34,6	27,0	18,9	11,1	6,1	4,0	2,9	2,2	1,1
	mm regn	12,4	19,4	20,4	24,0	26,3	34,5	37,6	38,0	38,0
1,00	L/s ha	26,7	17,4	13,1	9,2	5,3	3,0	2,1	1,7	0,9
	mm regn	9,6	12,5	14,1	19,9	22,9	25,9	27,2	29,4	31,1
0,50	L/s ha	19,5	13,8	11,1	7,2	4,2	2,5	1,8	1,4	0,7
	mm regn	7,0	9,9	12,0	15,5	18,1	21,6	23,3	24,2	24,2
0,08	L/s ha	7,8	6,1	5,2	3,4	2,0	1,1	0,8	0,6	0,3
	mm regn	2,8	4,4	5,6	7,3	8,6	9,5	10,4	10,4	10,4

15128 BJURÖKLUBB

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	78,7	53,7	43,1	25,9	13,0	6,5	4,4	3,3	1,7
	mm regn	28,3	38,6	46,5	55,9	56,1	56,1	57,0	57,0	58,7
5,00	L/s ha	44,5	30,4	23,4	13,7	8,8	4,7	3,7	3,0	1,5
	mm regn	16,0	21,9	25,3	29,6	38,0	40,6	47,9	51,8	51,8
2,00	L/s ha	32,4	22,3	16,2	10,0	5,9	4,0	2,8	2,1	1,1
	mm regn	11,7	16,0	17,5	21,6	25,5	34,5	36,3	36,3	38,0
1,00	L/s ha	24,5	15,3	12,0	7,7	5,0	2,9	2,2	1,7	0,9
	mm regn	8,8	11,0	12,9	16,6	21,6	25,0	28,5	29,4	31,1
0,50	L/s ha	17,0	12,0	10,1	6,8	4,4	2,4	1,7	1,3	0,7
	mm regn	6,1	8,6	10,9	14,7	19,0	20,7	22,0	22,4	24,2
0,08	L/s ha	8,1	6,1	5,0	3,2	1,9	1,1	0,8	0,6	0,3
	mm regn	2,9	4,4	5,4	6,9	8,2	9,5	10,4	10,4	10,4

15988 ARVIDSJÄUR

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	45,3	30,6	24,3	16,1	12,3	6,2	5,2	4,4	2,3
	mm regn	16,3	22,0	26,2	34,7	53,1	53,5	67,3	76,0	79,4
5,00	L/s ha	42,8	30,4	24,3	15,0	9,1	6,2	5,1	3,9	2,0
	mm regn	15,4	21,9	26,2	32,4	39,3	53,5	66,0	67,3	69,1
2,00	L/s ha	32,0	19,3	16,1	11,5	6,9	3,8	2,8	2,1	1,1
	mm regn	11,5	13,9	17,4	24,8	29,8	32,8	36,3	36,3	38,0
1,00	L/s ha	27,2	17,1	13,3	9,5	6,0	3,4	2,5	2,0	1,1
	mm regn	9,8	12,3	14,4	20,4	25,9	29,6	32,1	33,8	33,8
0,50	L/s ha	20,6	14,6	11,9	8,4	5,1	2,9	2,1	1,6	0,9
	mm regn	7,4	10,5	12,8	18,1	22,0	25,0	27,2	27,6	31,1
0,08	L/s ha	9,5	6,9	5,4	3,5	2,2	1,3	0,9	0,7	0,4
	mm regn	3,4	5,0	5,8	7,6	9,5	11,2	11,7	12,1	13,8

16390 STORÖN

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	50,3	36,3	28,6	15,9	8,3	5,0	3,5	2,7	1,4
	mm regn	18,1	26,1	30,9	34,3	35,8	43,2	45,3	46,6	48,3
5,00	L/s ha	46,1	25,2	21,0	13,1	8,0	4,0	2,9	2,3	1,2
	mm regn	16,6	18,1	22,7	28,3	34,5	34,5	37,6	39,7	41,4
2,00	L/s ha	37,5	20,6	16,8	10,5	6,1	3,4	2,4	1,8	0,9
	mm regn	13,5	14,8	18,1	22,7	26,3	29,4	31,1	31,1	31,1
1,00	L/s ha	22,5	17,7	12,6	8,3	4,8	2,9	2,0	1,5	0,8
	mm regn	8,1	12,7	13,6	17,9	20,7	25,0	25,9	25,9	27,6
0,50	L/s ha	17,5	12,6	10,7	6,5	4,0	2,3	1,6	1,2	0,6
	mm regn	6,3	9,1	11,5	14,0	17,3	19,9	20,7	20,7	20,7
0,08	L/s ha	6,4	5,1	4,3	2,7	1,7	0,9	0,6	0,5	0,3
	mm regn	2,3	3,7	4,6	5,8	7,3	7,8	7,8	8,6	10,4

17793 RITSEM

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	28,9	17,9	12,3	8,0	4,5	3,5	3,3	2,5	1,3
	mm regn	10,4	12,9	13,3	17,3	19,4	30,2	42,7	43,2	44,9
5,00	L/s ha	25,6	15,7	12,0	7,3	4,2	3,3	2,6	2,0	1,1
	mm regn	9,2	11,3	12,9	15,8	18,1	28,5	33,7	34,5	38,0
2,00	L/s ha	18,2	12,9	10,4	6,2	3,9	2,5	1,9	1,6	0,8
	mm regn	6,5	9,3	11,2	13,4	16,8	21,6	24,6	27,6	27,6
1,00	L/s ha	15,0	11,4	8,6	5,6	3,6	2,0	1,6	1,2	0,6
	mm regn	5,4	8,2	9,3	12,1	15,5	17,3	20,7	20,7	20,7
0,50	L/s ha	10,6	8,5	6,9	4,8	3,0	1,8	1,2	0,9	0,5
	mm regn	3,8	6,1	7,4	10,4	12,9	15,5	15,5	15,5	17,3
0,08	L/s ha	4,7	3,8	3,2	2,2	1,4	0,8	0,6	0,5	0,3
	mm regn	1,7	2,7	3,5	4,7	6,0	6,9	7,8	8,6	10,4

19191 NAIMAKKA

Varaktighet av blockregn. Enhet tim.

Återkomsttid År		1,0	2,0	3,0	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0	96,0
(10,00)	L/s ha	23,6	17,8	13,5	9,6	5,4	3,9	3,4	2,8	1,4
	mm regn	8,5	12,8	14,6	20,7	23,3	33,7	44,0	48,3	48,3
5,00	L/s ha	22,2	14,6	13,1	8,7	5,4	3,0	2,6	2,0	1,0
	mm regn	8,0	10,5	14,1	18,8	23,3	25,9	33,7	34,5	34,5
2,00	L/s ha	18,1	12,8	10,0	7,3	4,5	2,7	2,0	1,5	0,8
	mm regn	6,5	9,2	10,8	15,8	19,4	23,3	25,9	25,9	27,6
1,00	L/s ha	15,3	10,7	9,2	5,8	3,7	2,5	1,7	1,3	0,7
	mm regn	5,5	7,7	9,9	12,5	16,0	21,6	22,0	22,4	24,2
0,50	L/s ha	12,2	8,8	7,0	4,7	3,2	1,8	1,2	1,0	0,5
	mm regn	4,4	6,3	7,6	10,1	13,8	15,5	15,5	17,3	17,3
0,08	L/s ha	2,5	2,2	2,0	1,6	1,1	0,6	0,4	0,3	0,2
	mm regn	0,9	1,6	2,2	3,5	4,7	5,2	5,2	5,2	6,9

Bilaga C: Slutresultat

Tabell C-1. Regnintensitet – varaktighet: Ej korrigerade värden.

Formeln $R_{ij} \approx 200 \tau_i^{1/3} \ln(\Delta t_j) / \Delta t_j$, formel (8) baserad på data från 47 orter i Sverige.

Värdena i tabellen är ej korrigerade för systematiska underskott i mätdata orsakade av förluster på grund av vind, instrumentfel m.m. Siffror med röd färg (understrukna) har extrapolerats med formeln och är därför osäkrare än siffror med grön färg.

Återkomsttid		Varaktighet																										
3	min	5	min	10	min	15	min	20	min	25	min	30	min	40	min	50	1	1½	2	4	6	8	10	12	24	36	48	96
1 mån, mm	<u>1,3</u>	1,9	2,8	3,2	3,6	3,9	4,1	4,4	4,7	4,9	5,4	5,7	6,6	7,1	7,4	7,7	7,9	8,7	9,2	9,6	10,4							
1 mån, l/s ha	<u>73,2</u>	64,4	46,1	36,1	30	25,8	22,7	18,4	15,6	13,6	10	8	4,6	3,3	2,6	2,1	1,8	1	0,7	0,6	0,3							
3 mån, mm	<u>1,9</u>	2,8	4	4,7	5,2	5,6	5,9	6,4	6,8	7,1	7,8	8,3	9,5	10,2	10,7	11,1	11,4	12,6	13,3	13,8	15							
3 mån, l/s ha	<u>105,6</u>	92,8	66,4	52,1	43,2	37,1	32,7	26,6	22,6	19,7	14,4	11,5	6,6	4,7	3,7	3,1	2,6	1,5	1	0,8	0,4							
6 mån, mm	<u>2,4</u>	3,5	5	5,9	6,5	7	7,4	8	8,5	8,9	9,8	10,4	11,9	12,8	13,5	13,9	14,3	15,8	16,7	17,4	18,9							
6 mån, l/s ha	<u>133,1</u>	117	83,7	65,6	54,4	46,8	41,2	33,5	28,4	24,8	18,2	14,5	8,3	5,9	4,7	3,9	3,3	1,8	1,3	1	0,5							
1 år, mm	<u>3</u>	4,4	6,3	7,4	8,2	8,8	9,3	10,1	10,7	11,2	12,4	13,1	15	16,2	16,9	17,6	18,1	20	21,1	21,9	23,8							
1 år, l/s ha	<u>167,7</u>	147,4	105,4	82,7	68,6	59	51,9	42,2	35,8	31,2	22,9	18,3	10,5	7,5	5,9	4,9	4,2	2,3	1,6	1,3	0,7							
2 år, mm	<u>3,8</u>	5,6	8	9,4	10,4	11,1	11,8	12,8	13,5	14,2	15,6	16,6	19	20,4	21,4	22,1	22,8	25,2	26,6	27,5	29,9							
2 år, l/s ha	<u>211,3</u>	185,7	132,8	104,2	86,4	74,3	65,4	53,2	45,1	39,4	28,8	23	13,2	9,4	7,4	6,2	5,3	2,9	2,1	1,6	0,9							
5 år, mm	<u>5,2</u>	7,6	10,8	12,7	14,1	15,1	16	17,3	18,4	19,2	21,1	22,5	25,7	27,6	29	30	30,9	34,1	36	37,4	40,6							
5 år, l/s ha	<u>286,7</u>	252	180,3	141,4	117,3	100,8	88,8	72,2	61,3	53,4	39,1	31,2	17,9	12,8	10,1	8,3	7,2	4	2,8	2,2	1,2							
10 år, mm	<u>6,5</u>	9,5	13,6	16	17,7	19	20,1	21,8	23,1	24,2	26,6	28,3	32,4	34,8	36,5	37,8	38,9	43	45,4	47,1	51,2							
10 år, l/s ha	<u>361,2</u>	317,5	227,1	178,1	147,8	127	111,8	91	77,2	67,3	49,3	39,4	22,5	16,1	12,7	10,5	9	5	3,5	2,7	1,5							
20 år, mm	<u>8,2</u>	12	17,2	20,2	22,3	24	25,3	27,5	29,1	30,5	33,5	35,7	40,8	43,9	46	47,7	49	54,2	57,2	59,4	64,5							
20 år, l/s ha	<u>455,1</u>	400,1	286,2	224,4	186,2	160	140,9	114,6	97,2	84,8	62,1	49,6	28,4	20,3	16	13,3	11,4	6,3	4,4	3,4	1,9							
50 år, mm	<u>11,1</u>	16,3	23,3	27,4	30,3	32,6	34,4	37,3	39,6	41,4	45,5	48,4	55,4	59,5	62,4	64,7	66,5	73,5	77,6	80,6	87,6							
50 år, l/s ha	<u>617,7</u>	543	388,4	304,5	252,7	217,2	191,2	155,6	132	115,1	84,3	67,3	38,5	27,6	21,7	18	15,4	8,5	6	4,7	2,5							
100 år, mm	<u>14</u>	20,5	29,3	34,5	38,2	41	43,3	47	49,8	52,2	57,3	61	69,8	75	78,7	81,5	83,8	92,7	97,8	101,5	110,3							
100 år, l/s ha	<u>778,3</u>	684,1	489,4	383,7	318,3	273,6	240,9	196	166,3	145	106,3	84,8	48,5	34,7	27,3	22,7	19,4	10,7	7,6	5,9	3,2							

Tabell C-2. Regnintensitet – varaktighet: Korrigerade värden.

Formeln $R_{ij} \approx 200 \tau_i^{1/3} \ln(\Delta t_j) / \Delta t_j$, formel (8) har justerats för 10% vindförlust. Formeln baseras på data från 47 orter i Sverige.

Värden i tabellen är korrigerade för systematiska underskott i mätdata orsakade av förluster på grund av vind, instrumentfel m.m. Korrekturen innebär ett tillägg av 10 % på nederbörds mängder samt motsvarande justering av regnintensitetsvärden. Siffror med röd färg (understrucka) har extrapolerats med formeln och är därför osäkrare än siffror med grön färg.

Återkomsttid	Varaktighet														
	3 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	40 min	50 min	1 tim	1½ tim	2 tim	4 tim	6 tim	8 tim
1 mån, mm	<u>1,4</u>	<u>2,1</u>	3	3,6	4	4,2	4,5	4,9	5,2	5,4	5,9	6,3	7,2	7,8	8,1
1 mån, l/s ha	<u>80,6</u>	<u>70,8</u>	50,7	39,7	33	28,3	24,9	20,3	17,2	15	11	8,8	5	3,6	2,8
3 mån, mm	<u>2,1</u>	3,1	4,4	5,2	5,7	6,1	6,5	7	7,4	7,8	8,6	9,1	10,4	11,2	11,7
3 mån, l/s ha	<u>116,2</u>	102,1	73,1	57,3	47,5	40,9	36	29,3	24,8	21,7	15,9	12,7	7,2	5,2	4,1
6 mån, mm	<u>2,6</u>	3,9	5,5	6,5	7,2	7,7	8,2	8,8	9,4	9,8	10,8	11,5	13,1	14,1	14,8
6 mån, l/s ha	<u>146,4</u>	128,7	92	72,2	59,9	51,5	45,3	36,9	31,3	27,3	20	15,9	9,1	6,5	5,1
1 år, mm	<u>3,3</u>	4,9	7	8,2	9	9,7	10,3	11,1	11,8	12,4	13,6	14,5	16,5	17,8	18,6
1 år, l/s ha	<u>184,4</u>	162,1	116	90,9	75,4	64,9	57,1	46,4	39,4	34,4	25,2	20,1	11,5	8,2	6,5
2 år, mm	<u>4,2</u>	6,1	8,8	10,3	11,4	12,2	12,9	14	14,9	15,6	17,1	18,2	20,9	22,4	23,5
2 år, l/s ha	<u>232,4</u>	204,3	146,1	114,6	95,1	81,7	71,9	58,5	49,7	43,3	31,7	25,3	14,5	10,4	8,2
5 år, mm	<u>5,7</u>	8,3	11,9	14	15,5	16,6	17,6	19	20,2	21,1	23,2	24,7	28,3	30,4	31,9
5 år, l/s ha	<u>315,4</u>	277,2	198,3	155,5	129	110,9	97,6	79,4	67,4	58,8	43,1	34,4	19,7	14,1	11,1
10 år, mm	<u>7,1</u>	10,5	15	17,6	19,5	20,9	22,1	24	25,4	26,6	29,3	31,1	35,7	38,3	40,2
10 år, l/s ha	<u>397,4</u>	349,3	249,9	195,9	162,5	139,7	123	100,1	84,9	74	54,3	43,3	24,8	17,7	14
20 år, mm	<u>9</u>	<u>13,2</u>	<u>18,9</u>	<u>22,2</u>	<u>24,6</u>	<u>26,4</u>	<u>27,9</u>	<u>30,2</u>	<u>32,1</u>	<u>33,6</u>	<u>36,9</u>	<u>39,2</u>	<u>44,9</u>	<u>48,2</u>	<u>50,6</u>
20 år, l/s ha	<u>500,7</u>	<u>440,1</u>	<u>314,8</u>	<u>246,8</u>	<u>204,8</u>	<u>176</u>	<u>155</u>	<u>126,1</u>	<u>107</u>	<u>93,3</u>	<u>68,4</u>	<u>54,5</u>	<u>31,2</u>	<u>22,4</u>	<u>17,6</u>
50 år, mm	<u>12,2</u>	<u>17,9</u>	<u>25,6</u>	<u>30,1</u>	<u>33,3</u>	<u>35,8</u>	<u>37,8</u>	<u>41</u>	<u>43,5</u>	<u>45,5</u>	<u>50,1</u>	<u>53,3</u>	<u>61</u>	<u>65,5</u>	<u>68,7</u>
50 år, l/s ha	<u>679,5</u>	<u>597,3</u>	<u>427,2</u>	<u>335</u>	<u>277,9</u>	<u>238,9</u>	<u>210,4</u>	<u>171,1</u>	<u>145,2</u>	<u>126,6</u>	<u>92,8</u>	<u>74</u>	<u>42,4</u>	<u>30,3</u>	<u>23,9</u>
100 år, mm	<u>15,4</u>	<u>22,6</u>	<u>32,3</u>	<u>38</u>	<u>42</u>	<u>45,1</u>	<u>47,7</u>	<u>51,7</u>	<u>54,8</u>	<u>57,4</u>	<u>63,1</u>	<u>67,1</u>	<u>76,8</u>	<u>82,5</u>	<u>86,5</u>
100 år, l/s ha	<u>856,1</u>	<u>752,5</u>	<u>538,3</u>	<u>422,1</u>	<u>350,2</u>	<u>301</u>	<u>265</u>	<u>215,6</u>	<u>182,9</u>	<u>159,5</u>	<u>116,9</u>	<u>93,3</u>	<u>53,4</u>	<u>38,2</u>	<u>30,1</u>



Box 47607 117 94 Stockholm

Tfn 08 506 002 00

Fax 08 506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se