

EXTREMA DYGNSREGN OCH TRENDER I SKÅNE OCH PÅ VÄSTKUSTEN

Extreme daily rainfall and trends in Skåne and the west coast

av LARS BENGTTSSON
Teknisk vattenresurslära, LTH
e-post: Lars.Bengtsson@tvrl.lth.se



Abstract

Series of daily precipitation including 89 years from Malmö, Halmstad and Göteborg have been analyzed as well as daily precipitation from 230 stations in Skåne in the period 1961–1990. The distribution in space and time has been investigated, and also the relation between daily rainfall and different parameters. The most extreme independent events have occurred rather evenly distributed over Skåne, although there is a weak relation between high daily precipitation and annual precipitation. Different frequency distributions have been attempted. The most extreme observed daily precipitation amounts can not be fitted to any statistical frequency distribution. The return period of daily precipitation near 100 mm is very long. Trends have been investigated. It is for the long time series over 89 years not possible to find any trend of changing annual highest daily precipitation. However, there have been trends over shorter periods.

Key words – spatial distribution, return period, precipitation network

Sammanfattning

Serier av dygnsnederbörd omfattande 89 år från Malmö, Halmstad och Göteborg har analyserats liksom dygnsnederbörd från 230 stationer i Skåne för perioden 1961–1990. Fördelning i rum och tid har undersökts liksom förhållanden mellan dygnsnederbörd och olika parametrar. Extremvärden har uppskattats med olika frekvensfördelningar. De allra största oberoende händelserna har inträffat ganska jämnt fördelat över Skåne, även om det finns ett svagt samband mellan hög dygnsnederbörd och årsnederbörd. De högsta observerade dygnsnederbördsmängderna går inte att anpassa till någon statistisk frekvensfördelning. Återkomsttiden för dygnsregn närmare 100 mm är mycket lång. Trender har undersökts. För de långa 89 år tidsserierna går det inte att finna någon trend varken mot ökande eller minskande årlig högsta dygnsnederbörd. Under kortare perioder har det dock funnits trender.

Inledning

Det föll stora mängder regn sommaren 2007 i södra Sverige fördelat över ett par perioder om några få dagar. Såväl allmänhet som meteorologer framför åsikten att extrema regnhändelser har ökat under senare år. Årsmedelnederbörden har liksom temperaturen ökat under de senaste 100 åren och prognoser med regionala delmodeller av globala cirkulationsmodeller visar på ytterligare ökning. Logiskt tänker man sig att större regnmängder i ett varmare klimat leder till mer intensiva regn. Simuleringar med cirkulationsmodeller visar också

detta. Detta styrks dock inte av observationer i varje fall inte om observationsserierna är långa. Extrema händelser är just extrema och låter sig dåligt beskrivas med modellberäkningar. SMHI definierar extrema regn som dygnsregn större än 40 mm. I denna artikel behandlas extrema dygnsregn i Skåne, Halmstad och Göteborg. Sannolikhet för olika stora regn beräknas och trendanalys utförs. Intresset koncentreras till de allra största regnhändelserna. Frekvensanalys görs dels för enskild station och dels regionalt. Samband mellan extrem dygnsnederbörd och medelårsnederbörd och geografiska parametrar undersöks.

Dataunderlag

Dygnsnederbörd (officiell från SMHI, från kl 7 till kl 7) från Malmö, Göteborg och Halmstad från 1919 till 2007 har använts för statistisk analys. Dygnsvärden från 1961 och framåt har erhållits från SMHI i digitaliserad form. Äldre data har avlästs ur SMHI-publikationer om meteorologiska data. Perioden omfattar alltså 89 år. För Malmö har mätstation Bulltofta valts eftersom den längsta mätserien finns därifrån. Det finns också en station i centrala Malmö, benämnd Malmö A av SMHI, men mätserien här börjar först 1929. Mätstationen för Göteborg ligger i Säve. Mätstationen i Halmstad har flyttats flera gånger under perioden. Dessutom analyseras vad som benämns Ellesson-data, som omfattar 4500 stationsår från olika platser i Skåne under perioden 1961–1990. Antalet stationer är 230, av vilka 59 täcker in alla åren 1961–1990. Hela materialet har digitaliserats, granskats och bearbetats av Niemczynowicz m fl. (1993) och senare använts av Linderson (2003). Jan Ellessons insats med att etablera observationsnät för nederbörd och systematiskt samla in data renderade honom en honorär doktorsgrad vid Lunds tekniska högskola. Nätet omfattar 230 stationer. Nederbörd har mätts i standardiserade SMHI-uppsamlingskärl och tömts varje morgon. Dessa nederbördsstationer är jämnt spridda över Skåne, ostligaste delen av Blekinge och sträcker sig utöver nordöstra Skåne något in i Småland. Den allra nordvästligaste delen av Skåne, Hallandsåsen norr om Ängelholm, täcks dock inte in. Skånes högsta årsnederbörd faller här.

Vid beräkning av trender har använts linjär regression mot tiden. Sannolikhet för extrema händelser har uppskattats genom att anpassa mätdata till olika sannolikhetsfördelningar GEV (General Extrem Value) och Gumbel fördelningar. Endast händelser större än ett visst tröskelvärde har tagits med. Detta gränsvärde har oftast satts till 40 mm/dygn, men också större tröskel-

värden har använts i försök att beskriva de mest intensiva regnen. Parametrarna i sannolikhetsfördelningarna har bestämts med viktade moment (L-moment). I den regionala analysen för Skåne baserad på Ellesson-data har, om extrem nederbörd uppmätts i mer än en mätare under samma dygn, för att säkerställa att samtliga regndata är oberoende, endast värdet för den station med högst uppmätt nederbörd tagits med. Sannolikheten för regn av olika intensitet relateras till årsnederbörd och höjd över havet.

Uppmätta extrema regnhändelser i Skåne

Sommaren 2007 kännetecknas av att intensiva regn föll över stora delar av södra Sverige. Under året uppmättes 77 mm den 5 juli vid Bulltofta, den station för vilken en 89 år lång mätserie i Malmö analyseras längre fram i texten. Vid en annan SMHI station i Malmö uppmättes 79 mm. Vid Bulltofta är största uppmätta nederbörd under hela perioden 1919 till 2007 79 mm. I centrala Malmö uppmättes dock dygnsnederbörd 97 mm år 1980. Dygnsnederbörden den 5 juli 2007 översteg 40 mm i hela västra Skåne och i södra Halland. Under 2007 kom ytterligare ett extremt regn i juli månad, den 22 juli föll 47 mm i Malmö. Detta regn var utbrett över nästan hela Skåne och södra Småland med högsta uppmätta nederbörd 78 mm i Olastorp vid Smålandsgränsen i nordöstra Skåne. Redan månaden innan, natten till midsommarafton, föll stora regnmängder i västra Skåne och södra Halland, 75 mm i Halmstad, 72 mm i Örkel-ljunga. Dygnsregn väsentligt större än medianvärdet av högsta årliga dygnsnederbörd inträffade 2007 flera gånger på många orter. Medianvärdet för Malmö är drygt 25 mm; regnhändelse med minst denna intensitet inträffade 4 gånger i Malmö under 2007.

Den högsta dygnsnederbörd, som uppmätts inom SMHIs officiella stationsnät i Skåne, är 159 mm från

Tabell 1. De 10 största uppmätta oberoende regntillfällena inom Ellesson-nätet i Skåne 1961–1990.

Rank	Datum	Station	mm	x-koord	y-koord	höjd
1	660610	Friggestad	114	1382.010	6198.440	150
2	821009	Björnastad	112	1384.005	6182.968	160
3	760818	Barkåkra	101	1316.634	6244.149	20
4	720729	Ebbarp	101	1366.193	6209.234	110
5	760816	Hanö	101	1440.214	6209.814	55
6	620701	Aleboda	100	1399.866	6197.963	2
7	680715	Torups Gård	98	1396.682	6176.456	63
8	800618	Malmö 2	97	1322.046	6167.543	3
9	800823	Veberöd	86	1354.674	6170.685	33
10	650907	Borby	81	1343.760	6155.648	53

Båstad 1936. Båstad ligger längst upp i nordvästra Skåne och utanför Elleson-stationsnätet. Det finns mätningar av dygnsnederbörd i Skåne som är mycket högre. Elleson (1961) har 1960 mätt 237 mm nära Bäckaskog nordost om Kristianstad. Just nära Bäckaskog är årsmedelnederbörden som *lägst* i Skåne.

Rumslig fördelning av extrem nederbörd i Skåne

Hallandsåsen och övergången mot Sydsvenska höglandet har med avseende på frontalregn annorlunda förhållanden än övriga delar av Skåne. Årsnederbörden är upp mot 1000 mm och har enskilda år överstigit 1300 mm. Mera centralt i Skåne är nederbörden över 800 mm på Linderödsåsen och Söderåsen. Årsmedelnederbörden är lägst norr om Kristianstad, mindre än 500 mm. Årsmedelnederbörden är starkt höjdberoende.

Extrema dygnsvärden har en annan spridning än årsnederbörden. De 10 största oberoende nederbördsvärdena inom Ellessons stationsnät uppmätta under 1961–1990 visas i Tabell 1. De 10 stationerna är spridda över hela Skåne, nära Ängelholm i nordväst, nära Trelleborg i söder och på Hanö längst i öster. Det högst uppmätta dygnsvärdet är 114 mm. Vid 8 tillfällen har nederbörden vid någon mätstation varit nära eller över 100 mm. Motsvarande antal stationsvärden är 16, om flera observationer från samma dag tas med. Vid 10 oberoende tillfällen har nederbörd större än 80 mm uppmätts. Antalet stationsvärden med dygnsnederbörd större än 80 mm är 38. Många av dessa stationsvärden, 17, kan relateras till ett regn som föll 1966-06-10.

Maximal årlig dygnsnederbörd för de olika 30 åren under perioden 1961–1990 är fördelad på 28 olika sta-

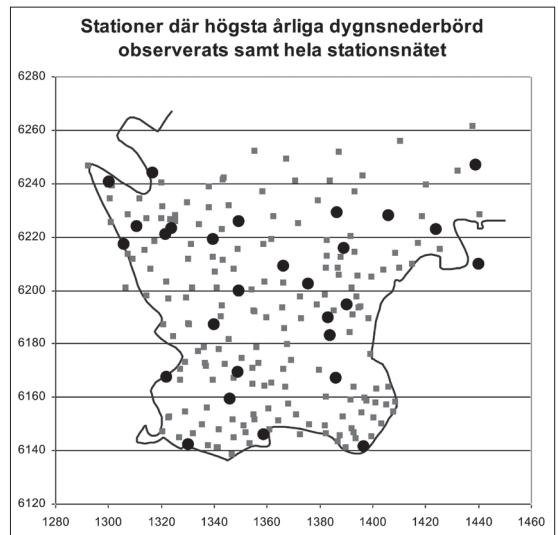


Fig 1. Position för högst observerad dygnsnederbörd olika år under perioden 1961–1990. Samtliga mätstationer i Elleson-nätet är markerade.

tioner, vilka visas i Fig. 1. Tillsammans med uppgifterna i Tabell 1 ger detta en indikation om att de allra mest extrema regnen faller ganska slumpartat över hela regionen. Det finns visserligen ett signifikant (98%-nivå) samband mellan årsnederbörd och högsta dygnsnederbörd i en punkt, Fig. 2, men den förklarade variansen är endast 15%, så det är inte möjligt att utifrån årsmedelvärdet uppskatta högsta dygnsnederbörd. Observationspunkternas spridning är mycket stor. Det har tidigare i texten konstaterats att största dygnsnederbörd i Skåne har uppmätts nära Bäckaskog, där årsnederbörden är lägst i Skåne.

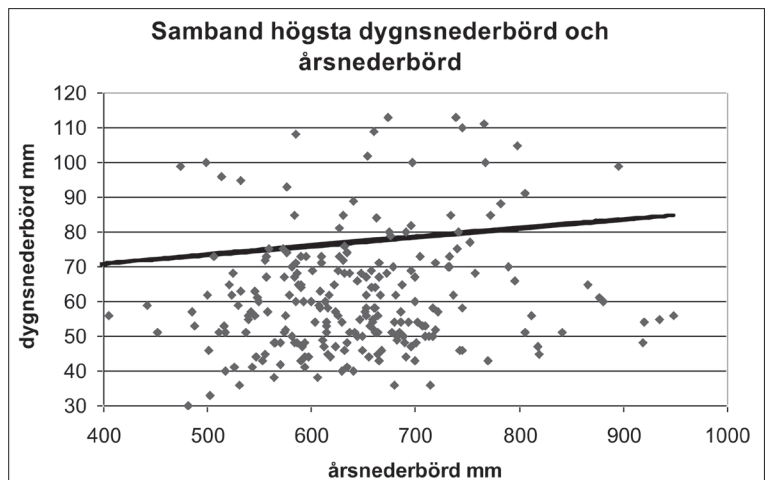


Fig. 2. Samband högsta dygnsnederbörd och medelårsnederbörd för 230 stationer i Skåne perioden 1961–1990 med inlagd regressionslinje. Signifikans 98%, förklarad varians 15%.

SMHI definierar extremnederbörd som dygnsnederbörd större än 40 mm. I föreliggande artikel refereras till sådana regn som modest extrema, eftersom de verkligen stora regnen är väsentligt större. I Malmö har regnhändelser om minst 40 mm under ett dygn inträffat 20 gånger sedan 1919. Återkomsttiden är alltså något mindre än 5 år. För den station i Elleson-nätet med flest registrerade dygnsnederbördsvärden större än 40 mm är återkomsttiden för sådan händelse 2 år. Stationerna där dygnsnederbörd större än 40 mm har en återkomsttid på tre år eller mindre är tydligt koncentrerade till Linderödsåsens östra sluttning och till dess krön. Sannolikhet för modesta extrema regn, 40 mm per dygn, har ett visst samband med stor årlig nederbörd, men sambandet mellan dygnsregn och geografisk position är starkare. Med avseende på extrema regn med stor utbredning är Skåne ingen homogen region. Det inträffade under perioden 1961–1990 nio regnhändelser med 40 mm nederbörd över minst 1000 km² yta. Av dessa var 6 koncentrerade till NV Simrishamn – Kristianstad och ytterligare ett hade sin tyngdpunkt här. De övriga hade sin tyngdpunkt kring Veberöd respektive Bjuv. Hallandsåsens nordsluttning ingår dock inte i denna sammanställning. Återkomsttiden för 40 mm dygnsregn på Hallandsåsen (Hov och Baramosse) bestämda för en senare period 1973–2007 är 2 år; den korta återkomsttiden här är en följd av många stora regn under 2000-talet.

Man kan ofta relatera modest stor dygnsnederbörd till nederbörd över längre perioder. Madsen m fl. (1998) har för Danmark visat på ett samband mellan extrem dygnsnederbörd och medelårsnederbörd. De i Sverige använda Z-värdena, Dahlström (1979), som används vid ledningsdimensionering baseras på samband mellan korttidsnederbörd och sommarregn. Dessa samband inbegriper också låg dygnsnederbörd. Regressions sambanden för Z-värden är ganska ringa.

Användande av frekvensanalys för nederbörd

För att beräkna sannolikhet för extrema regnhändelser utifrån observationer finns två metoder. Ett sätt är att utnyttja alla dygnsregn och beräkna 95 % och 99 % percentilen, se t ex Hellström och Malmgren (2004) eller Karl och Knight (1998). Dygnsregnen indelas i klasser som innehåller lika antal regndagar eller lika stora regnmängder. Det andra sättet, vilket är vanligast bland hydrologer och ingenjörer, är att anpassa en sannolikhetsfördelning till observerade data. Man kan då välja årsmaxima eller alla oberoende händelser över ett visst värde. Metoden är i princip enkel att använda för en-

skilda stationer, även om det kan vara svårt att tolka de allra mest extrema händelserna och svårt att finna en passande fördelningsfunktion.

Man kan göra en regional analys med värden från många stationer. Grunden för regional frekvensanalys är att data från olika stationer i en region slås ihop. För att man skall kunna göra detta och på så sätt kunna basera sin frekvensanalys på ett större material än från en enda station, skall de data man analyserar vara homogena. Alla stationsdata antas kunna beskrivas med en sannolikhetsfördelning efter eventuell normalisering utifrån varje stationsmedelvärde. Man måste då ta hänsyn till om händelser vid olika stationer är beroende av varandra. För att bedöma om en region kan betraktas som homogen brukar man jämföra observerad spridning av förhållandet mellan första och andra L-momenten med den variabilitet som man skulle få enbart av insamlingsosäkerhet, Hosking och Wallis (1993).

Madsen m fl. (1998) har funnit att hela Danmark är en homogen region med avseende på variabiliteten för regn med varaktighet mindre än 24 timmar; och även för 48 timmar om en av totalt 90 stationer ej tas med. Gellens (2000) undersökning av nederbörd i Belgien har visat att extremvärdena är ungefär lika i alla punkter och kan betraktas över en regional skala. Hellström och Malmgren (2004) talar om en rumslig skala på omkring 50 km för den årliga maximala nederbörden, men detta inbegriper då dygnsregn som kan vara så låga som 20 mm. Lindersons (2003) studie behandlar regnens rumsliga utbredning i Skåne vid olika värdetyper och beroendet av olika fysiografiska parametrar. Hon begränsar sig inte till extrema regn utan behandlar alla regn och finner då att 80 % av nederbördens variabilitet kan hänföras till hur lågtrycken passerar över Skåne och då brukar orsaka nederbörd över större delen av Skåne. Vad gäller sommarregn finner hon, att det storskaliga klimatet har liten påverkan på den rumsliga nederbördsfördelningen, vilket talar för att extrema regn kan betraktas som ganska lokala.

Återkomsttid för regn vid enskilda stationer

Sannolikheten för återkomsttid av regn med olika intensitet beräknas genom att anpassa mätserier till någon frekvensfunktion. I denna artikel används som redan nämnts den Generella extremvärdesfördelningen (GEV) och Gumbelfördelning. Parametrarna tas fram med viktade moment. För Gumbelfördelningen används ibland vanliga moment, som ger parametervärden direkt från medelvärde och standardavvikelse. Vanliga moment kan ge oproportionerligt stor vikt av enskilda observationer,

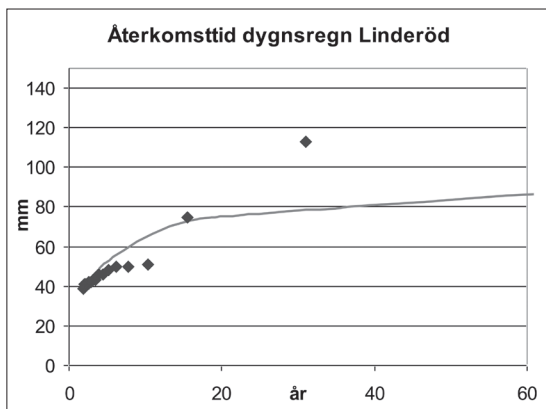


Fig. 3. Återkomsttid för dygnsregn; observationer 1961–1990 och Gumbelfördelning med 40 mm som tröskelvärde.

som ligger långt utanför övriga observationer, men har fördelen att val av rankingposition vid få värden inte påverkar parameterbestämningen. Rankingposition sätts som $(i-a)/N$, där i är positionen, dvs 1 för högsta värde, N antalet värden i serien och a ett lågt värde som tar hänsyn till händelser större än de som finns i dataserien. Vanligen har här 0.35 använts men i vissa fall har lägre värde använts för att beräkningarna skall bli konsistenta och parametervärdena inte matematiskt felaktiga. Återkomsttiden bestäms som frekvens utifrån statistisk fördelning eller rankingposition multiplicerad med förhållandet observationsseriens längd / antal medtagna observationer över tröskelvärdet.

Intensitets-återkomsttid har beräknats för Ellesson-data, vilka ju omfattar 30 år, och för 89 år långa serier från Malmö, Halmstad och Göteborg. Fig. 3 visar intensitets-återkomsttid för den högt belägna, 150 m, stationen Linderöd, där det högsta dygnsnederbördsvärdet 114 mm för perioden uppmätts. Detta högsta värde motsvarar enligt sannolikhetsfördelningen en händelse med mycket längre återkomsttid än den studerade 30-års perioden, men högsta värdet kan inte inrymmas inom någon av de statistiska fördelningarna. Dygnsnederbördsobservationer större än 40 mm har tagits med, vilket är 16 händelser på 30 år. Anpassningen blir något bättre om tröskelvärdet för att tas med i sannolikhetsfördelningen höjs, men samtidigt blir antalet värden som fördelningsfunktionen baseras på mindre.

Nederbörd har mätts vid Bulltofta i Malmö sedan 1919. Samtliga nederbördstillfällen under perioden 1919 – 2007 större än 40 mm har använts för att beräkna sannolikheten för extrema dygnsregn. Sådana händelser har inträffat 20 gånger. Ett dygnsregn på 40 mm har alltså återkomsttiden 5 år. Intensitet-återkomsttid visas i Fig. 4. De allra högst observerade

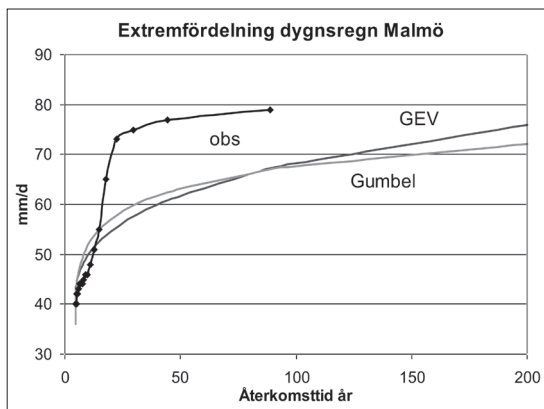


Fig. 4. Återkomsttid för dygnsregn i Malmö baserat på observationer 1919–2007. Tröskelvärde vid fördelningsbestämning 40 mm.

värdena ligger nära varandra. Den observerade kurvan tenderar att flacka ut mot något asymptotiskt värde. Dygnsregn på 100 mm har mycket lång återkomsttid. Anpassningen mellan observationer och den statistiska frekvensfördelningen är dålig för de högst observerade regnmängderna. Motsvarande extremvärdesanalys för Malmö A i centrala Malmö med mätserie från 1929 ger likartat resultat, men anpassningen till de statistiska fördelningsfunktionerna är ännu sämre än för Bulltofta, beroende på att det finns ett mycket högt observationsvärde, 97 mm.

Frekvensanalys för samma period 1919–2007 som för Malmö har gjorts för dygnsregn i Halmstad och Göteborg (Säve). Observerade data visas som funktion av återkomsttid i Fig. 5. Resultaten från de olika orterna är likartade, även om Göteborgsvärdena ligger lägre än de övriga. Dygnsregn på 100 mm har mycket lång återkomsttid.

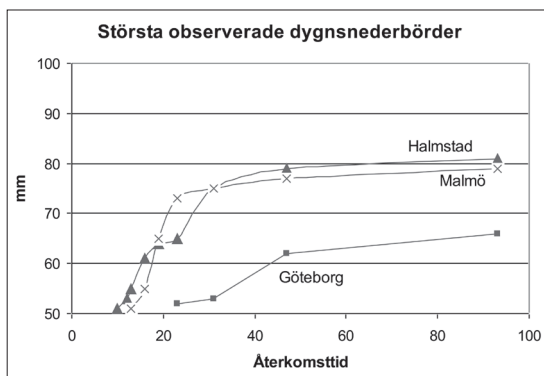


Fig. 5. Största observerade dygnsnederbörd (alla över 50 mm) i Malmö, Halmstad och Göteborg åren 1919–2007.

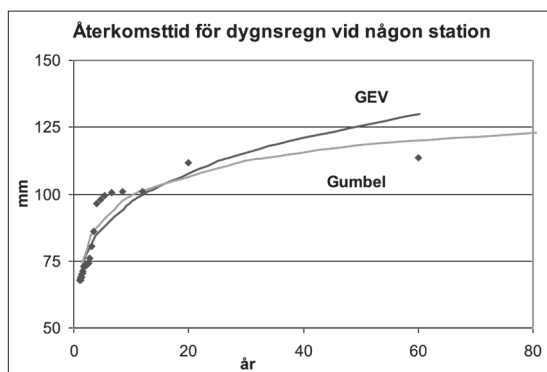


Fig. 6. Återkomsttid för att en händelse skall inträffa vid någon av 230 mätare inom mätområdet (större delen av Skåne).

Motsvarande statistiska analys har gjorts för samtliga oberoende händelser med data från alla stationer inom Ellesson-nätet för att finna sannolikheter för att enskilda händelser skall inträffa vid någon godtycklig station inom området. Här togs de 30 mest intensiva händelserna med för att den lägsta intensiteten skulle motsvara återkomsttid 1 år. Nedre gräns för att en observation skall komma med är 70 mm/dygn. Om enstaka regnhändelser ger upphov till extremregn över tröskelvärdet vid mer än en station tas händelsen upp som en enda händelse. Intensitets-återkomsttiden för att en händelse skall inträffa inom regionen vid någon av stationerna visas i Fig. 6. Normalisering har inte gjorts utan det antas att de mest extrema regnen har samma absoluta intensitetsfördelning oberoende av station. Anpassningen till sannolikhetsfördelningarna är mycket bättre än för en enstaka station. 100-årsregnet ser ut att ligga någonstans mellan 125–150 mm/dygn. Det faktum att för 4500 stationsår det endast finns 16 stationsvärden med dygnsregn större än 100 mm och att högsta observerade värde är 114 mm tyder dock på att 100-årsvärdet skall vara lägre än så, något som kanske motsägs av det mycket höga observationsvärdet nära Bäckaskog.

Här görs också en regional frekvensanalys av regnhändelser i Skåne 1961–1990. I en regional analys utnyttjar man observationer från många stationer, för att uppskatta sannolikheten för händelser vid enskild station. Vid analys av flöden i floder måste man normera flödena, eftersom avrinningsområden är olika stora och reagerar olika snabbt på nederbörd. De allra högsta dygnsregnen i Skåne tycks dock fördelade över hela regionen och vara ganska oberoende av årsregnmängder. Därför används de uppmätta regnvärdena utan normering. Samtliga stationsvärden större än 80 mm tas med. Resultatet av analysen visas i Fig. 7. Varje stationsår räknas som ett år. Anpassningen mot speciellt GEV-fördelningen är god. Återkomsttiden för dygnsregn på 100 mm är omkring 300 år. De högst uppmätta värdena har dock återkomsttid på mycket mer än 1000 år.

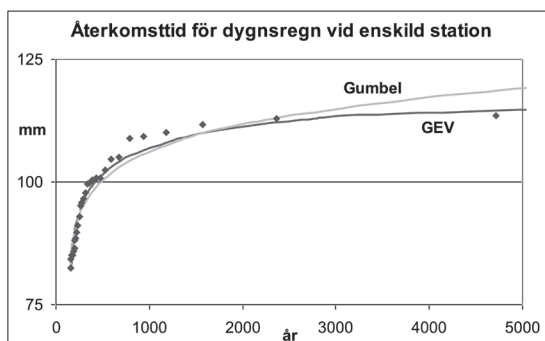


Fig. 7. Återkomsttid för händelse uppskattad med regional frekvensanalys och antagande att alla stationsvärden större än 80 mm/dygn är oberoende.

Den verkliga återkomsttiden för en enskild station måste ligga någonstans mellan vad som visas i Fig. 6, där dygnsregn vid alla stationer förutsätts beroende av varandra också för de mest extrema regnen, och Fig. 7, där regn vid alla stationer förutsätts helt oberoende. För att bättre beräkna återkomsttiden behöver man ta hänsyn till korrelationen för samtida extrema händelser mellan stationerna. Eftersom denna korrelation är olika mellan olika stationer och olika för olika regn, så kan man inte ta fram någon verklig återkomsttid.

Trender av dygnsnederbörd i Europa och Nordamerika

Många menar att regn kommer att bli mer intensiva i framtiden. Man kan med klimatmodeller beskriva hur kortvariga regn förväntas att bli mer eller mindre intensiva. Man kan också med trendanalys undersöka om kortvariga regn ändrats i intensitet och frekvens under 1900-talet och tidigt 2000-tal. Modellberäkningar med klimatmodeller visar på ökning av intensiva regn, Räisänen och Joëlsson (2001), Jones and Reid (2001). Simuleringar visar att extrema regn med given återkomsttid skulle kunna öka med 100 % kring Östersjön, Semmler och Jacob (2004). Baserat på nedskalning från global cirkulationsmodell har Skaugen m fl. (2003) beräknat att extrem dygnsnederbörd skall öka med 10–50 % i stora delar av Norge.

Från långa mätserier har man emellertid svårt att finna någon trend mot mer extrema dygnsregn eller mot mer intensiva riktigt kortvariga regn med varaktighet minuter-timme. Hernebring (2006) har inte funnit några sådana trender. Häggström (2001) har gått igenom uppmätta höga punktnederbörder över hela Sverige för hela 1900-talet. Återkomsttiden för dygnsregn större än 40 mm är 3–5 år. Andelen observationsplatser med dygnsnederbörd större än 40 mm ett visst år

var cirka 30 % under 1930-talet och tidiga 1940-talet, men endast cirka 20 % under sent 1950-tal och under 1960 och 1970-talen. Under 1980 och 1990-talen har andelen varit 25 % liksom fallet var under tidigt 1900-tal.

I Storbritannien har man analyserat k-dagars regn (1,2, 5, upp till 30 dygn) och sedan presenterat resultaten i klump, ofta uppdelat på vinter- respektive sommarförhållanden. Osborn m fl. (2000) och Osborn och Hulme (2002) har konstaterat att extrema vinterregn i Storbritannien blivit intensivare sedan 1960, medan däremot sommarregnen blivit mindre frekventa och mindre intensiva. Sommarregnen under 60-talet var dock höga jämfört med tidigt 1900-tal, så i ett längre tidsperspektiv kan man inte tala om någon trend mot minskade regnintensiteter. Sommarregnen är intensivare än vinterregnen. Också Fowler och Kilsby (2003) har analyserat nederbördsserier för Storbritannien. De har inte funnit någon ändring av återkomsttiden för regn med given intensitet med varaktighet ett eller två dygn. Däremot har man funnit en ökning av återkomsttiden för 5 och 10-dygns regn i södra England men en väsentligt minskad återkomsttid för regn i Skottland.

För Belgien, från 1910 och till seklets slut, har Gellens (2000) inte funnit några trender för korttidsnederbörd. För Italien har Brunetti m fl. (2000) funnit en tendens under 1900-talet mot färre regniga dagar och längre torrperioder. Man finner att medelnederbörden per dygn har ökat de dygn, som de regnat, men inkluderar då alla regndagar inte endast de med extremregn. Cislaghi m fl. (2005) når fram till samma resultat vid analys av delvis samma datamaterial men med nästan 200 år långa nederbördsserier från fyra italienska städer. Detta arbete är liksom det föregående koncentrerat kring lågintensiva regn, men man presenterar också serier av maximal dygnsnederbörd, som visar svag trend mot ökad dygnsnederbörd för Genua, men i övrigt är svårtolkade. Frei m fl. (2000) finner att det skett en ökning av lågintensiva regn i den Schweiziska delen av Alperna, men det finns ingen trend mot mer extrema regn. I en senare artikel, Schmidli and Frei (2005) med datamaterial över 100 år från 104 regnstationer i Schweiz visar man, att intensiva vinterregn har ökat men att det inte finns någon trend mot ändrade extrema sommarregn. Liknande datamaterial som det Schweiziska finns också i Tyskland och har analyserats med avseende på månadsnederbörd av Trömel och Schönwiese (2006), 132 stationer för perioden 1901–2000. Också de finner en ökning av vinterregn i södra Tyskland, men inte i östra Tyskland. Vad gäller dygnsnederbörd för Tyskland från 1958 tills idag finner Hundecha och Bardossy (2005) att dygnsregnen under vintern blivit större men att de större sommarregnen minskat; 90-percentilen för dygnsregn under vinterhalvåret har ökat från 11 till 12.5 mm/dygn men minskat under sommaren från 16 till 15 mm/d.

Trender av extrem dygnsnederbörd i Nordamerika

har undersökts av Kunkel (2003) och för längre tids-serier av Zhang m fl. (2001). För Kanada finner man ingen trend under 1900-talet mer än att antalet mindre extrema regn har ökat längst i norr. Samtidigt har årsnederbörden ökat över nästan hela Kanada, Zhang m fl. (2000). En annan studie, Akinremi och McGinn (1999) visar att antalet dagar med nederbörd större än 25 mm har minskat på den kanadensiska prärien. Kunkel (2003) behandlar också USA i sin Nordamerikanska studie. För USA finner han genom att använda sig av ett extremt nederbördsindex baserat på observationer från mer än 1000 stationer en ökad intensitet jämfört med 1920/30 men inte om man går tillbaka till sent 1800-tal. Tidigare undersökningar av Karl och Knight (1998) har visat på ökning av årsnederbörd i delar av USA från 1910 och att ökningen till stor del kan hänföras till dagar med nederbörd överstigande 50 mm. Kunkel menar att man inte finner trender mot mer extrema regn om man inkluderar data från det sena 1800-talet.

Sammanfattningen av studier av trend av hög dygnsnederbörd i Europa och Nordamerika tyder inte på att det skett någon ökning under 1900-talet. Vad gäller Europa tycks snarare regnintensiteterna ha minskat. Vinterregnets intensitet har dock ökat. De verkligt intensiva regnen har undersökts dåligt.

Trender av höga dygnsvärden i södra Sverige

Data från Malmö, Halmstad och Göteborg från 1919 till och med 2007 har använts för söka trender av såväl högsta årlig regnintensitet som antal regntillfällen större än givet gränsvärde. För Malmö har högsta dygnsvärde för vart år ritats in i Fig. 8. Det finns ingen som helst trend varken mot ökande eller minskande regnintensitet. De fyra högsta värdena är från 1930 (73 mm), 1931 (75 mm), 1941 (79 mm) och 2007 (77 mm).

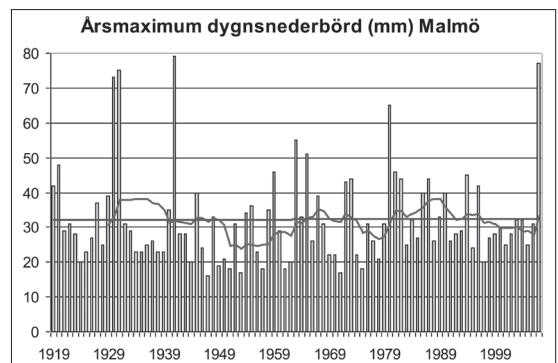


Fig. 8. Årsmaxima av dygnsnederbörd i Malmö, 10-års medelvärde och trendlinje för perioden 1919–2007.

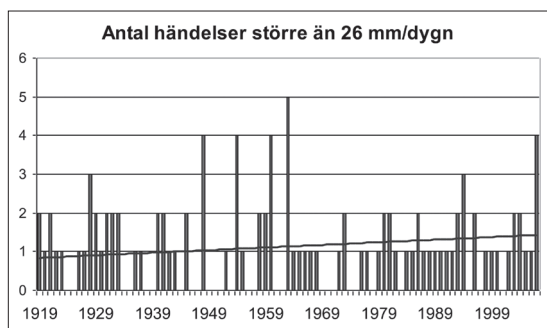


Fig. 9. Antal händelser per år i Malmö med dygnsregn större än medianvärdet 26 mm samt regressionslinje.

I stället för att beakta de allra största regnhändelserna kan man välja att studera återkomsten av regnhändelser större än ett visst värde och se om denna återkomsttid ändrats över tiden. Om man undersöker antal regnhändelser i Malmö med modest stora dygnsregn, motsvarande en händelser per år vilket är 26 mm (vilket mer exakt är 100 händelser på 89 år), finns en till synes ökande trend, se Fig. 9, men denna trend är inte signifikant på någon nivå. Större regnhändelser än 26 mm per dygn är såpass sällsynta att man inte kan göra motsvarande analys. Man kan emellertid jämföra antalet extrema regnhändelser för olika 10-årsperioder, såsom görs i Tabell 2. Extrem regnhändelse definieras här som 39 mm/dygn. Det finns då under 89 år 23 sådana händelser. Antalet händelser ökar från 19 till 23 om 39 mm/dygn väljs som extremhändelse istället för 40 mm/dygn. Flest extremhändelser har inträffat under 1980-talet. Tabellen visar också antalet händelser större än 60 mm/dygn, vilket endast inträffat 5 gånger, varav 2 på 1930-talet.

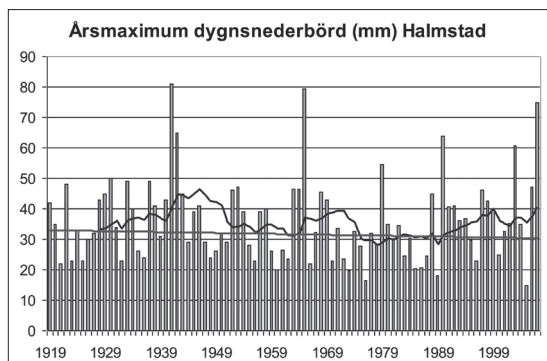


Fig. 10. Årsmaxima av dygnsnederbörd i Halmstad, 10-års medelvärde och trendlinje för perioden 1919–2007.

Tabell 2. Frekvens regnhändelser per år i Malmö större än 39 mm/dygn respektive 60 mm/dygn.

Period	Frekvens	
	> 39 mm	> 60 mm
1919–1929	0.36	
1930–1939	0.20	0.20
1940–1949	0.20	0.10
1950–1959	0.20	0.10
1960–1969	0.30	
1970–1979	0.30	
1980–1989	0.50	
1990–1999	0.30	
2000–2007	0.22	0.14

Trendanalys har också gjorts för årliga maxima av dygnsregn under perioden 1919–2007 i Halmstad och Göteborg. För båda dessa orter finns en till synes svag trend mot minskade regnintensiteter, Fig. 10 och Fig. 11. Trenderna är dock inte signifikanta. I figurerna har också ritats in löpande 10-års medelvärde. Man ser då att speciellt i Halmstad har den högsta dygnsnederbörden ökat jämfört med för 30 år sedan men alltså inte över en längre period. Den löpande medelvärdeskurvan visar på hur fel man kan komma om man gör trendanalys över korta tidsperioder.

Sammanfattande slutsatser

Återkomsttiden för dygnsregn större än 40 mm är för olika orter i Skåne 3–5 år. Sannolikheten för att verkligt extrema regn större än 70–80 mm skall inträffa är lika stor för olika orter i Skåne oberoende av regnklimatet. Regn större än 100 mm är mycket sällsynta. Återkomst-

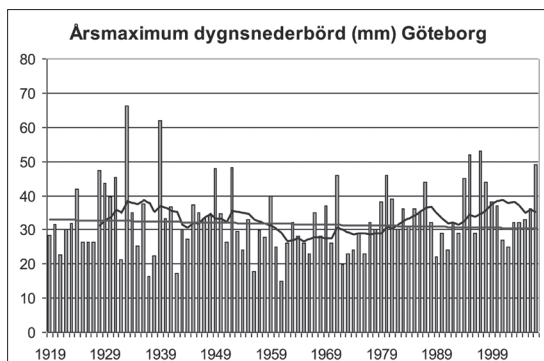


Fig. 11. Årsmaxima av dygnsnederbörd i Göteborg (Säve), 10-års medelvärde och trendlinje för perioden 1919–2007.

tiden är väsentligt större än 100 år. De mest extrema regnen kan inte föras till någon teoretisk sannolikhetsfördelning.

Det finns varken i Malmö, Halmstad eller Göteborg någon trend mot ökande extrem nederbörd. Högsta årliga dygnsnederbörd har varken ökat eller minskat.

Referenser

- Akinremi, O.O. och McGinn, S.M. (1999) Precipitation trends on the Canadian prairies. *J. Climate* 12, 2996–3003.
- Brunetti, M., Buffoni, L., Maugeri, M. And Nanni, T. (2000) Precipitation intensity in northern Italy. *Int. J. of Climatology*, 20, 1017–1031.
- Cislaghi, M., DeMichele, C., Ghezzi, A. och Rosso, R. (2005) Statistical assessment of trends and oscillations in rainfall dynamics: Analysis of long daily Italian series. *Atmospheric Research* 77, 188–202.
- Dahlström, B. (1979) Regional fördelning av nederbördintensitet – en klimatologisk analys. *Bygghälsningen* R18:1979, 82 sidor.
- Ellesson, J. och Persson, R. (1961) Skyfallsartade regn över Skåne. *Svensk Geografisk Årsbok* 37, 51–55.
- Fowler, H.J. och Kilsby, C.G. (2003) A regional frequency analysis of United Kingdom extreme rainfall from 1961 to 2000. *Int. J. Climatology* 23, 1313–1334
- Frei Ch., Davies, H.C., Gurtz, J. and Schar, Ch. (2000) *Integrated Assessment* 4, 281–300.
- Gellens, D. (2000) trend and correlation analysis of k-day extreme precipitation over Belgium. *Theoretical and Applied Climatology* 66, 117–129.
- Hellström, C. and Malmgren, B.A., 2004. Extreme precipitation in Sweden 1961–2000. *Ambio* 33, 187–192.
- Hernebring, C. (2006) 10-årsregnets återkomst förr och nu. *VA-Forsk rapport 2006-04*, 85 sidor.
- Hosking J.R.M. och Wallis, J.R. (1993) Some statistics useful in regional frequency analysis. *Water Resources Res.* 31, 251–261.
- Hundecha, Y. and Bardossy, A. (2005) Trends in daily precipitation and temperature extremes across western Germany in the second half of the 20th century. *Int. J. of Climatology*, 25, 1189–1202.
- Häggeström, M. (2001) Utredning om klimatförändring, flödesbestämning och havsnivåförändring. SMHI-utredning för Vägverket Bilaga 4, 16 sidor..
- Jones, P.D. and Reid, P.A. (2001) Assessing future changes in extreme precipitation over Britain using regional climate model integrations. *Int. J. of Climatology* 21, 1337–1356.
- Karl, T.R. and Knight, R.W. (1998) Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 79, 231–241.
- Kunkel, K.E. (2003) North American trends in extreme precipitation. *Natural Hazard* 29, 291–305.
- Linderson, M.-L. (2003) Spatial distribution of meso-scale precipitation in Scania, southern Sweden. *Geografiska Annaler A, Physical Geography*, 85, 183–196
- Madsen, H., Mikkelsen, P.S., Rosbjerg, D. and Harremoes, P. (1998) Estimation of regional intensity-duration-frequency curves for extreme precipitation. *Water, Science & Technology* 37, 29–36.
- Niemczynowicz, J., Linderson, M.-L., Olsson, J. och Barring, L. (1993) Regn i Skåne. Teknisk vattenresurslära, Rapport 3163, cirka 150 sidor.
- Osborn, T.J. and Hulme, M. (2002) Evidence for trends in heavy rainfall events over the UK. *Phil. Trans.: Math., Phys. and Engineering Sciences* 360, 1313–1325.
- Osborn, T.J., Hulme, M., Jones, P.D. and Basnett, T.A. (2000) Observed trends in the daily intensity of United Kingdom precipitation. *Int. J. of Climatology* 20, 347–364.
- Räisänen, J. and Joëlsson, R. (2001) changes in average and extreme precipitation in two regional climate model experiments. *Tellus* 53, 547–566.
- Semmler, T. och Jacob, D. (2004) Modeling extreme precipitation events – a climate change simulation for Europe. *Global and Planetary Change* 44, 119–127
- Schmidli, J. och Frei, Ch. (2005) Trends of heavy precipitation and wet and dry spells in Switzerland during the 20th century. *Int. J. of Climatology* 25, 753–771.
- Skaugen, Th., Astrup, M., Roald, L.A. och Förland, E. (2003) Scenarios of extreme daily precipitation for Norway under climate change. *Nordic Hydrology* 35, 1–13.
- Trömel, S. och Schönwiese, C.-D. (2006) Probability change of extreme precipitation observed from 1901 to 2000 in Germany. *Theor. Appl. Climatol.* 87, 29–39.

