

Nederbördsstatistik för dimensionering av dagvattensystem – State of the art

Gilbert Svensson, red.
Peter Berg
Bengt Dahlström
Claes Hernebring
Jonas Olsson



Nederbördsstatistik för dimensionering av dagvattensystem – State of the art

Gilbert Svensson, red.

Peter Berg

Bengt Dahlström

Claes Hernebring

Jonas Olsson

SMHI



Svenskt Vatten

Svenskt Vatten påtar sig inget ansvar för eventuella felaktigheter, tryckfel eller felaktig användning av detta meddelande

Copyright: Svenskt Vatten AB, 2020

Grafisk form: Ordförrådet AB

Omslagsfoto: Sweco 2006

Utgåva: 1, april 2020

ISSN nr: 1651-6893

Nederbördsstatistik utgör grund för att kunna välja regn för dimensionering av dagvattensystem. SMHI har det nationella ansvaret att beskriva nederbörden i Sverige och att ta fram nederbördsstatistik baserat på de observationer som dagligen görs. Svenskt Vattens publikationer med fokus på dimensionering av dagvattensystem har dock förlitat sig på de utvärderingar av lokala regnobservationsserier som gjorts samt på nederbördsformler utvecklade av Bengt Dahlström. Dahlström presenterade det så kallade Z-konceptet 1979 med en regional fördelning över landet. Detta ersattes 2010 av en nederbördsformel som refereras till som Dahlström (2010) och publicerades i Svenskt Vattens publikation P104. Kortvariga häftiga regn beskrivs av denna formel och anses vara gällande över hela landet. I Svenskt Vattens senaste dimensioneringsanvisning, P110 rekommenderas att använda Dahlström (2010).

SMHI har med start 1995 installerat 128 automatiska nederbördsstationer som täcker hela Sverige. En första utvärdering presenterades i Olsson m fl (2017), vilket också ledde till jämförelser mellan SMHI:s utvärdering av korttidsnederbörd och Dahlström (2010).

Hans Bäckman Svenskt Vatten startade en diskussion med Anna Eronn, SMHI om samarbete kring nederbördsstatistik och möjligheter att inkludera kommunernas nederbördsobservationer i det datamaterial som ligger till grund för SMHI:s utvärderingar.

Parallellt med dessa diskussioner arbetade Bengt Dahlström och Claes Hernebring med ett SVU-projekt om nederbördsstatistik nationellt och inom Europa, vilket sedan lett till en uppgraderad nederbördsformel, Dahlström (2018).

Med detta som bakgrund tog Hans Bäckman och Anna Eronn redan i september 2016 initiativ till ett första möte på SMHI. Senare bildades en arbetsgrupp med följande deltagare: Hans Bäckman, Svenskt Vatten, Peter Berg, Lena Eriksson Bram, Erik Kjellström, Jonas Olsson, Johan Södling, Lennart Wern samtliga SMHI, Bengt Dahlström Ombros, Claes Hernebring DHI samt Gilbert Svensson Vattenforum som samordnare.

Gruppen startade med en workshop hos SMHI den 5 november 2018 samt telefonmöten den 16 januari 2019 och 6 mars 2019. Peter Berg gav också en presentation vid Vattenstämman i Örebro i maj 2019.

Föreliggande rapport har sammanställts av Gilbert Svensson och diskuterats i en grupp bestående av Hans Bäckman och Magnus Bäckström, Svenskt Vatten, Lena Eriksson Bram, Peter Berg, Jonas Olsson, och Lennart Wern, SMHI, Claes Hernebring, DHI samt Bengt Dahlström, Ombros.

2020-04-14

Gilbert Svensson

Innehåll

Sammanfattning och rekommendationer	5
Ny nederbördsstatistik – State of the Art.....	6
Regnintensitet baserad på klimatparametrar.....	6
Vidareutveckling av Dahlström (2010) till Dahlström (2018)	6
Utvärdering av SMHI:s automatstationert	11
Några datajämförelser	12
Jämförelse av de olika koncepten.....	14
Klimatfaktorer.....	14
Slutsatser	16
Referenser	17
Appendix 1. Dataunderlag och anpassning av Dahlström 2018	18
Appendix 2. Beräkning av SMHI:s nederbördsformel	19
Appendix 3. Indata till figur 5	20

Läsanvisning

Denna rapport summerar kunskapsläget avseende svensk nederbördstatistik för dimensionering av dagvattensystem och djupdyker i olika nederbördsformler, nederbördsobservationer och klimatscenarier. Vill du veta vad som rekommenderas för närvarande, läs Sammanfattning och rekommendationer.

Sammanfattning och rekommendationer

Svenskt Vattens publikationer P104 (2011) och P110 (2016) rekommenderar användning av regnstatistik enligt Dahlström (2010) vid dimensionering och analys av dagvattensystem. I korthet innebar introduktionen av Dahlström (2010) att dimensionerande regn för varaktigheter upp till ett dygn inte har några regionala skillnader.

Nationell skyfallsstatistik för urbana tillämpningar efterfrågas av Sveriges kommuner och många kommuner har etablerat egna nederbördsrätmätare. Under 1990-talet började också SMHI att ersätta sina manuella nederbördsrätmätare med automatstationer och idag finns nederbördsdata från 128 stationer spridda över hela Sverige. Det finns således idag ett stort underlag för att ta fram nationell nederbördsstatistik.

Läget är nu att det finns ny nationell nederbördsstatistik, Olsson mfl (2017) [ref. 7], Dahlströms formel från 2010 samt en vidareutveckling av Dahlström (2010), till Dahlström (2018) [ref. 6]. Frågan är vilken nederbördsformel som ska rekommenderas för dimensionering av dagvattenanläggningar.

Svenskt Vatten har i samråd med SMHI nu kommit fram till följande rekommendationer baserat på det underlag som refereras i denna rapport:

- För dimensionering av dagvattensystem rekommenderas att tills vidare fortsätta använda Dahlström (2010) som ligger på säkra sidan jämfört med beräkningar baserade på SMHI:s stationsmätningar, som efter ytterligare utveckling bör bli den nationellt gällande regnstatistiken. En vidareutveckling av Dahlström (2010) till Dahlström (2018) visar på regionala skillnader liknande SMHI:s utvärdering. Dahlström (2010) kan komma att ersättas av Dahlström (2018) efter ytterligare utvärdering av denna nya formel.
- SMHI:s automatstationsdata rekommenderas kompletteras med kommunala nederbördsobservationer som inarbetas i SMHI:s databas och bearbetas för att ta fram ny nationell regnstatistik för dimensionering av dagvattensystem. SMHI bjuder nu in kommuner och andra organisationer med kontinuerligt registrerande nederbördsrätmätare att leverera data till SMHI för att ingå i den nationella databasen med nederbördsobservationer.
- Mer information finns på SMHI:s hemsida.
- För dimensionering av anläggningar som beräknas vara i bruk i slutet av detta århundrade ska en klimatfaktor användas. För närvarande är denna minst 1,25 för regn kortare än en timme och minst 1,20 för längre regn. Dessa kan komma att förändras beroende på den nuvarande snabba utvecklingen av högupplösta klimatmodeller som bättre beskriver korta regn och deras känslighet för ett varmare klimat. Nya faktorer kan komma att föreslås av Svenskt Vatten.
- Dessa rekommendationer baseras på nuvarande kunskapsläge och kan komma att ändras när ny kunskap finns.

Ny nederbördsstatistik – State of the Art

Svenskt Vattens publikationer P104 (2011) och P110 (2016) rekommenderar användning av regnstatistik enligt Dahlström (2010) vid dimensionering och analys av dagvattensystem. En bra beskrivning av den formel som Dahlström publicerade 2010 finns i P104 och i Dahlström (2010), [ref. 2]. I korthet innebar introduktionen av Dahlström (2010) att dimensionerande regn för varaktigheter upp till ett dygn inte har några regionala skillnader. Utvärdering av lokala nederbördsobservationer från Skellefteå i norr till Malmö i söder visade på god överensstämmelse mellan Dahlströms formel och utvärderad nederbördsstatistik för totalt 15 stationer och 204 stationsår, Hernebring (2006), [ref. 3].

Nationell skyfallsstatistik för urbana tillämpningar efterfrågas av Sveriges kommuner och många kommuner har etablerat egna nederbördsmätare. Under 1990-talet började också SMHI att ersätta sina manuella nederbördsmätare med automatstationer och idag finns nederbördsdata från 128 stationer spridda över hela Sverige. Det finns således idag ett stort underlag för att ta fram nationell nederbördsstatistik.

Läget är nu att det finns ny nationell nederbördsstatistik, Olsson mfl (2017), [ref. 7], Dahlströms formel från 2010 samt en vidareutveckling av Dahlström (2010), till Dahlström (2018) [ref. 6]. Frågan är vilken nederbördsformel som ska rekommenderas för dimensionering av dagvattenanläggningar.

Regnintensitet baserad på klimatparametrar

Vidareutveckling av Dahlström (2010) till Dahlström (2018)

I SVU-projekt 04–14, [ref. 6] var projekt målet uppbyggnad av en hemsida, där användaren kan botanisera i möjlig framtida utveckling av förekomsten av häftiga regn i Sverige. Innehållet bygger på scenario-resultat från SMHI:s regionala klimatmodell RCA4 och matematiska samband mellan klimatparametrar från modellen och extremregnsstatistik baserad på observationer från orter spridda över Europa.

Några av klimatparametrar enligt ovan används för att förutsäga hur statistiken för häftiga regn kommer att förändras i framtiden för enstaka eller för en ensemble av klimatscenarier.

Vid en fortsatt utveckling av det nationella intensitets-varaktighets frekvens (IDF)-sambandet känt som Dahlström 2010 [ref. 2], via tillgång till IDF-data över hela Europa [ref. 5]) befanns att de viktigaste parametrarna för svenska förhållanden var nederbörd respektive temperatur under de tre sommarmånaderna juni, juli och augusti (JJA). I detta projekt vidgades utblicken också till andra världsdelar, med beroende på klimat andra relevanta månader med störst förekomst av konvektiv nederbörd, varvid matematiken utvecklades vidare. Ekvationer redovisas inte här, utan läsaren hänvisas till ref. 6, och den slutliga varianten benämns här *Dahlström 2018*. I Appendix 1 sammanfattas dataunderlaget och anpassningen av den utvecklade formeln.

För s.k. bias-justering av klimatscenariodata användes data från E-OBS¹ med dygnsdata för hela Europa med en upplösning av 25-25 km (0,22 breddgrader) från år 1950. Metodiken för bias-justering beskrivs i ref. 5.

¹ We acknowledge the E-OBS dataset from the EU-FP6 project ENSEMBLES (<http://ensembles-eu.metooffice.com>) and the data providers in the ECA&D project (<http://www.ecad.eu>). "Haylock, M.R., N. Hofstra, A.M.G. Klein Tank, E.J. Klok, P.D. Jones and M. New. 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. J. Geophys. Res (Atmospheres), 113, D20119, doi:10.1029/2008JD10201"

Hemsida

Huvudsyftet med projektet var som nämnts att skriva fram nuvarande statistik för häftiga regn baserat på klimatscenariodata, bl. a. att bestämma s.k. klimatfaktorer (den faktor som nuvarande statistik ska multipliceras med för att man ska komma till den framtida statistiken). Hemsidan beskrivs i rapporten ref. 6 som kan laddas ned via: http://vav.griffel.net/filer/C_Regnintensitet_forandrat_klimat_Sverige.pdf. Referensperioden för uträkning av klimatparametrar valdes till perioden 1961–90. Varje flik är kopplad till en geografisk plats inom Sverige. Man ska därför börja med att välja den ort man önskar data för. Hur man loggar in på hemsidan beskrivs i ref. 6.

Referensperiod

Att beskriven metodik ”skjuter mot rörligt mål”, vilket var projektets hela syfte, framgår av Tabell 1 nedan. I tabellen har sammanställts normalvärden för några orter i Sverige för sommarnederbörd och temperatur, för perioden 1961–90 från ref. 1 respektive E-OBS, för perioden 1988–2017 från E-OBS. Att det ibland skiljer något mellan ref. 1 och E-OBS för perioden 1961–90 kan bero på att stationsplaceringen inte överensstämmer. För E-OBS-data är stationsplaceringen identisk mellan de båda perioderna eftersom den baseras på samma geografiska koordinater.

Tabell 1 Normalvärden för sommartemperatur och -nederbörd för några orter i Sverige. Data enligt E-OBS jämförs med data enligt ref. 1.

Ort	SMHI Nr 99 (1961–90)		Eobs 1961–90		Eobs 1988–2017	
	JJA_ndb, mm	JJA_temp °C	JJA_ndb, mm	JJA_temp °C	JJA_ndb, mm	JJA_temp °C
Göteborg	202	16,27	218,6	15,5	261,0	16,2
Malmö	156	16,33	166,5	16,2	193,5	17,1
Stockholm	183	16,33	172,8	15,8	183,4	16,7
Kalmar	149	15,60	146,3	15,5	177,2	16,2
Sundsvall	185	14,27	188,6	14,0	214,3	14,6
Skellefteå	175	14,27	163,4	14,1	187,9	14,3
Halmstad	232	15,67	252,9	15,3	292,1	16,2
Helsingborg	204	15,60	202,4	15,9	241,4	16,5

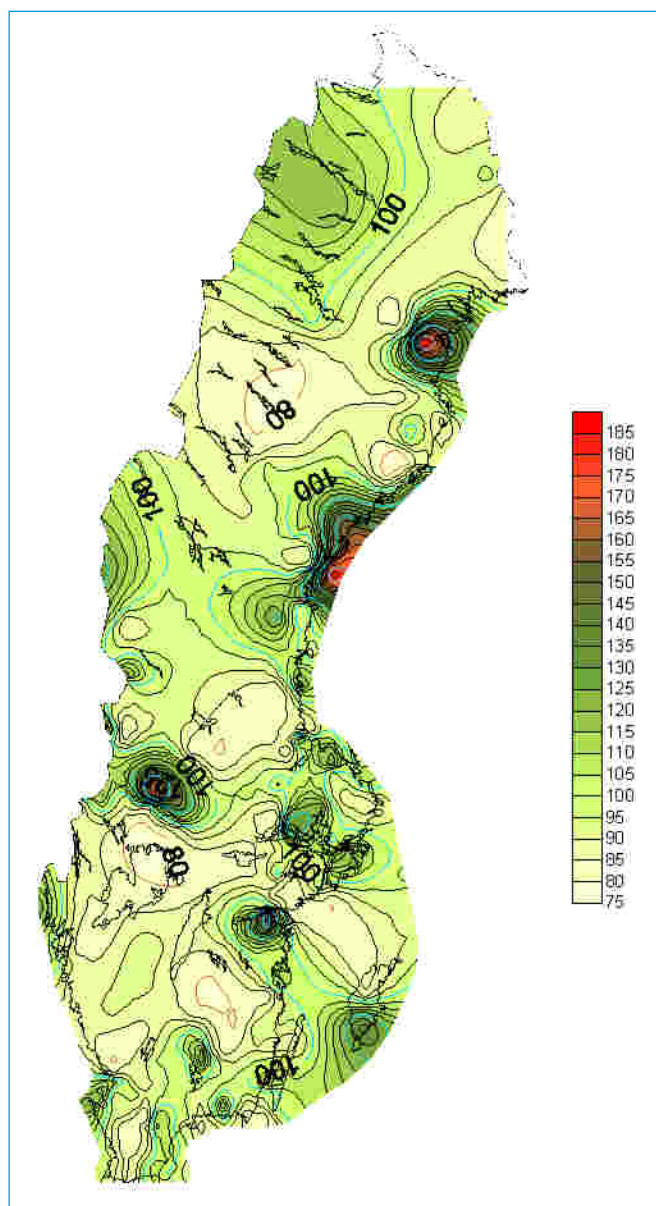
Sommarnederbörden tycks ha ökat upp mot 20 % och temperaturen med mer än 0,5 °C. Förändringarna är mindre för de nordliga exempelorterna. Vad detta innebär enligt den matematik som utvecklats i projektet (Dahlström 2018) för förändringsfaktorer i regnstatistik mellan perioderna 1961–90 och 1988–2017, finns uträknat i Tabell 2. Trenden är en omkring 10-procentig ökning i regnintensitet.

Tabell 2 Klimatfaktorer (bedömd relativ ökning i regnintensitet) mellan perioderna 1961–90 och 1988–2017 för några orter.

Klimatfaktorer	
Göteborg	1,11
Malmö	1,10
Stockholm	1,08
Kalmar	1,11
Sundsvall	1,09
Skellefteå	1,05
Halmstad	1,12
Helsingborg	1,10

Fördelningen över Sverige kopplat till intensitet-varaktighet och återkomsttid

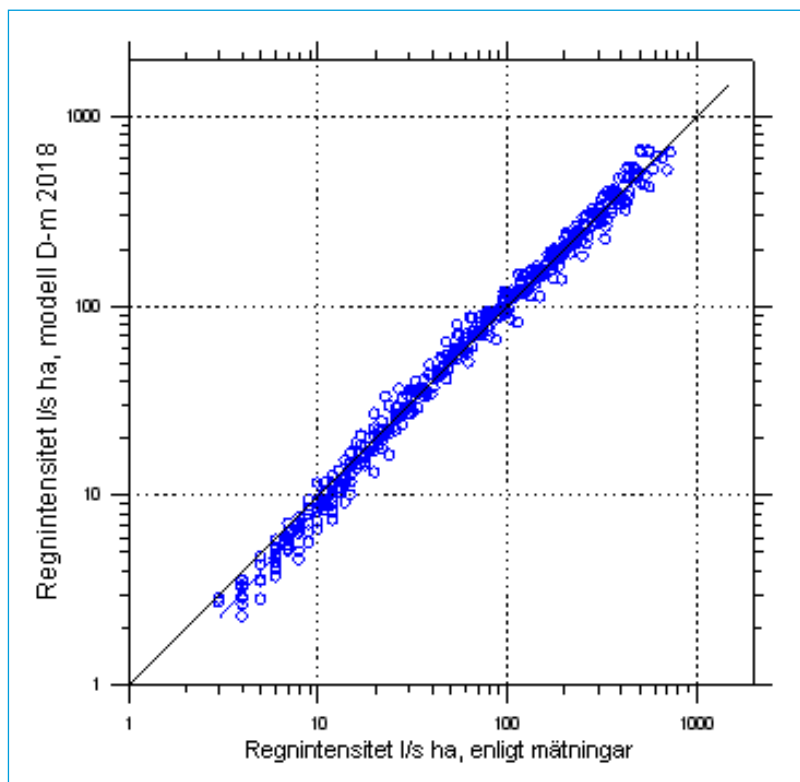
Fördelning över Sverige av de omkring 300 observerade högsta dygnsregnmängderna illustreras i Figur 1.



Figur 1
Karta som illustrerar ca 300
högsta dygnsregnmängder.

Fördelningen illustrerar att många av de regnrikaste situationerna uppstår där det finns nära tillgång till vattenågekällor som hav.

Den formel som presenterades i ref. 2 har vidareutvecklats där klimatvariabler i form av temperatur och nederbörd ingår. Sambandet ger en förklarad varians mellan estimat och regnstatistik (baserad på observationer) på 97–98 % (se Figur 2).



Figur 2 Denna figur återspeglar alla estimat, som beräknats för Sverige och i jämförelse med den statistik, som kommer från beräkningar enligt EVA (EVA=ExtremVärdesAnalys), som baseras på mätningar.

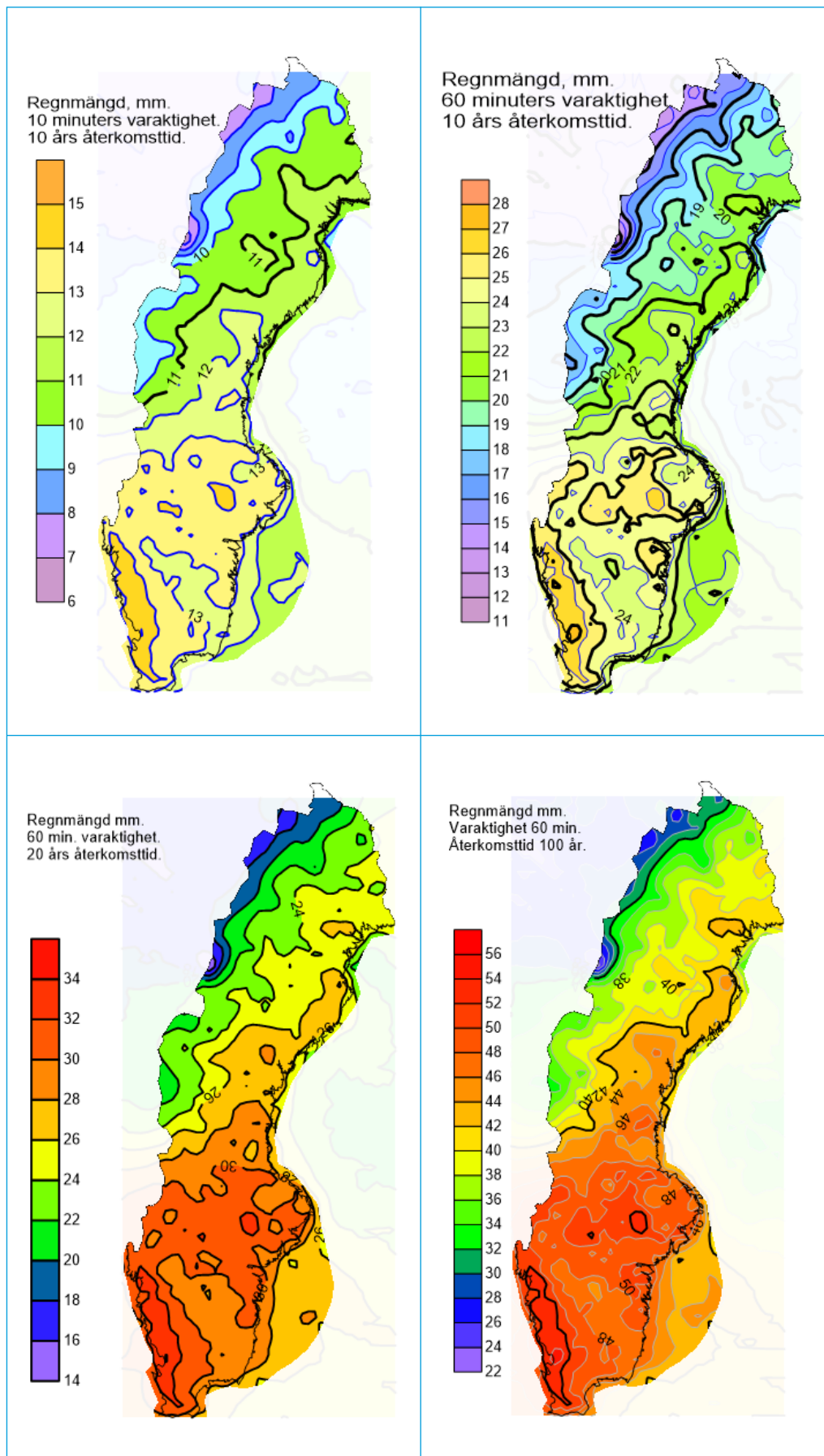
Överst till höger i figuren återfinns regnintensitet, som avser 5 min varaktighet och återkomsttid 100 år. Nederst till vänster i diagrammet finns dygnsvärden av regnintensitet med varaktighet 1 dygn och återkomsttid 1 år.

Därmed är det möjligt att utnyttja ett tätt nät av klimatstationer (drygt 575 st) för beräkningarna i stället för ett glest nät av regnintensitetsmätare.

Med hjälp av värden 1961--90 från SMHI:s klimatnät har därmed observationerna kunnat översättas till regnmängds- och regnintensitetsfördelningar över Sverige.

I Figur 3 illustreras fördelningarna av regnmängd och regnintensitet med några kartor. Fördelningarna kopplar naturligt sambanden mellan klimat och intensiva regns spridning över landet.

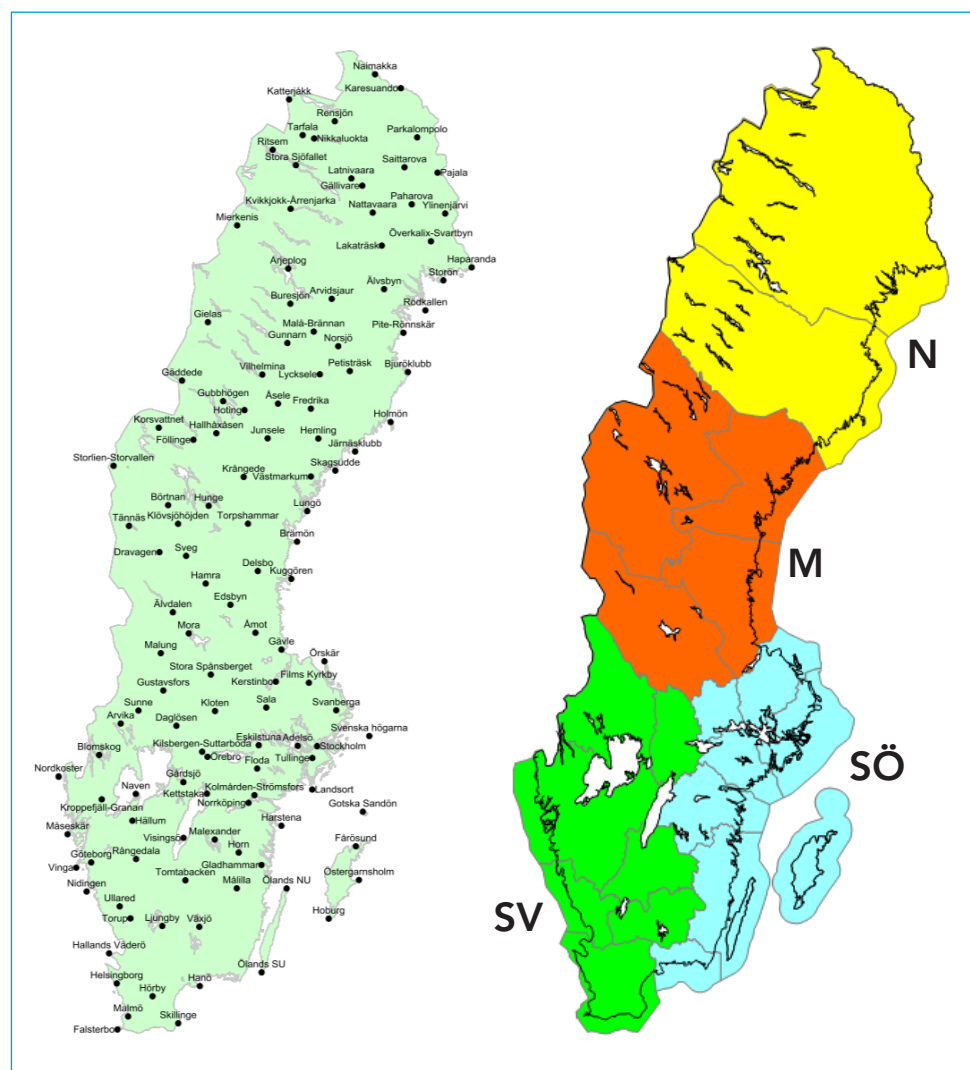
Anpassningen av det härledda uttrycket för regnmängd/regnintensitet har ett 95 % konfidensintervall om $\pm 7\%$ av estimatens storlek. Detta gäller för hela området varaktighet – återkomsttid och baseras på spridningen vid anpassningen. Till detta kommer den osäkerhet som är inbyggd i klimatets förändring och som inte är direkt möjlig att fastställa.



Figur 3 Modellrad regnmängd för 10, 20 och 100 års återkomsttid med Dahlström (2018) med indata från SMHs klimatnät 1961–90.

Utvärdering av SMHI:s automatstationert

SMHI har analyserat tidsserier med 22 års observationer av 15-min nederbörd från 128 automatiska meteorologiska mätstationer fördelade över hela landet (Figur 4a). Först anpassades för varje serie en statistisk fördelning till extremvärdena med olika varaktighet (mellan 15 min och 12 tim). Därefter gjordes en klusteranalys med syfte att identifiera regioner med liknande statistik och denna analys ledde till en uppdelning av Sverige i fyra regioner (Figur 4b). Enligt den s.k. stationsårsmetoden slogs alla enskilda serier inom varje region ihop till fyra regionala serier, efter kompletterande analyser som stödjer metodens tillämpbarhet i detta fall. Statistiska fördelningar anpassades till de regionala serierna för att ta fram regional statistik och en metod utvecklades för att beskriva osäkerheten Olsson m fl (2017, 2019), [ref. 7 och 10]. Slutligen formulerades en potensmodell som beskriver regnvolym som funktion av återkomstid och varaktighet.



Figur 4 SMHI:s nät av meteorologiska stationer (4a till vänster) och den regionala indelning som gjorts för den nya skyfallsstatistiken (4b till höger).

Den slutliga nederbördsformeln:

$$R = M(V) \cdot k(T) \cdot V^{p(T)} \quad (1)$$

där R är regnvolymer (mm), M är en skalningsfaktor, V är varaktighet (min), T är återkomsttid (år) och k och t är parameterfunktioner (se Appendix 2 för beräkning av M, k och t). Övre och nedre gränser som avspeglar osäkerheten för en beräknad volym kan uppskattas med uttrycket $R = 2T^{0,45}$

Tabell 3 nedan visar exempel på statistik beräknad med ekvation (1) och tillhörande osäkerhetsuppskattning. Sett över alla återkomsttider och varaktigheter är värdena i region SÖ 8 % lägre än värdena i region SV, värdena i M 5 % lägre än i SÖ och värdena i N 13 % lägre än i M; totalt sett är alltså värdena i region N 25 % lägre än värdena i region SV. En kompletterande analys visade att skillnaderna är kopplade till frekvensen av kraftiga regn och skyfall snarare än deras intensitet.

Tabell 3 Exempel på skyfallsstatistik, regnvolymer (mm) för varaktigheter 15 min, 1 tim och 3 tim och återkomsttider 10 år och 100 år.

	Region SV		Region SÖ		Region M		Region N	
	10 år	100 år	10 år	100 år	10 år	100 år	10 år	100 år
15 min	18,0 ± 1,1	35,1 ± 6,1	16,3 ± 1,0	28,1 ± 4,9	15,7 ± 0,9	29,7 ± 5,2	14,2 ± 0,8	26,3 ± 4,6
1 tim	24,5 ± 1,4	45,2 ± 7,9	22,6 ± 1,3	38,3 ± 6,7	21,6 ± 1,3	38,2 ± 6,7	19,0 ± 1,1	32,6 ± 5,7
3 tim	34,1 ± 2,0	60,2 ± 10,5	32,0 ± 1,9	53,5 ± 9,3	30,2 ± 1,8	50,9 ± 8,9	26,1 ± 1,5	42,1 ± 7,3

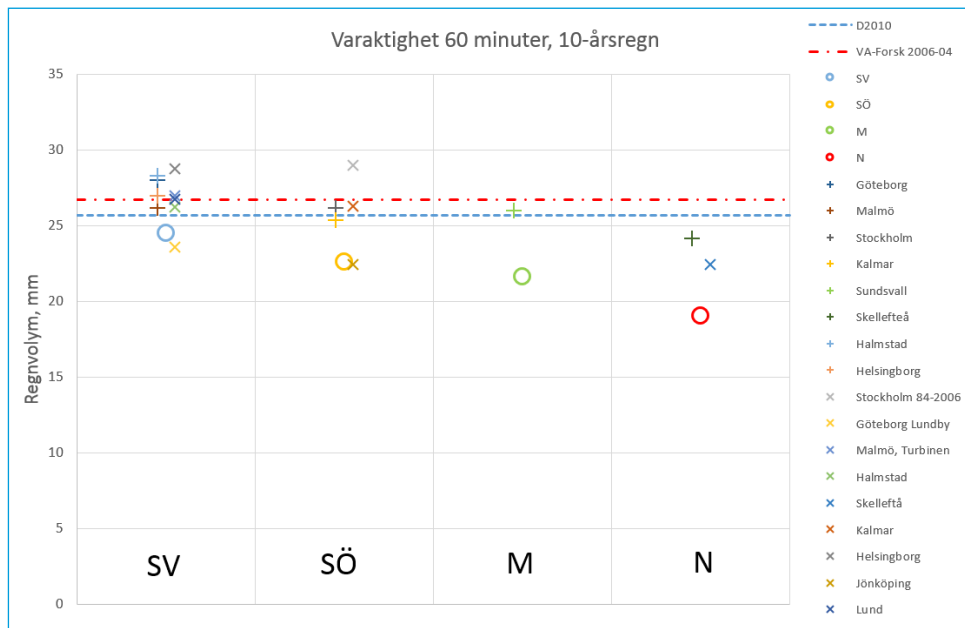
Några datajämförelser

För jämförelse med resultat av SMHI:s analys av automatstationsdata, ref. 7, har för enkelhets skull en regnvaraktighet och en återkomsttid valts ut: 10-årsregnets 60-minutersvolymer. Regnvaraktigheten 60 minuter därför att SMHI-data baseras på registreringar i fasta 15-minutersintervall. Det innebär att statistiken för verkliga 15-minutersintensiteter kommer att underskattas. Vid 60 minuter bedöms denna effekt/underskattning att ha minskat till acceptabel nivå. 10-årsregn därför att det innebär en juridisk nivå för dimensionering av kommunala avloppssystem att förhålla sig till. Mer sällsynta händelser (ex. 100-årsregn) kommer att skilja sig mycket mellan olika källor, beroende på utvärderingsmetodik och tillgängliga data. Det har mest akademiskt intresse om ett inträffat skyfall hade en återkomsttid på 75 eller 150 år.

I Figur 5 har några tillgängliga regndatautvärderingar/samband sorterats enligt den regionindelning av Sverige som SMHI har presenterat: Sydvästra (SV), Sydöstra (SÖ), Mellersta (M) respektive Norra (N). SMHI:s data representeras av ofyllda cirklar. I figuren finns både resultat av enskilda datautvärderingar och hemsidans innehåll. SMHI-data kommer närmast punktskaran i region Sydväst, men i regel i underkant. Utvärderingen av Göteborgs Lundbyserie (1922–1939) hamnar under SMHI:s värde. Man kan fundera på klimatfaktor i detta fall, vilket kan ha sin förklaring i pågående klimatförändring. Den avser en period 80–100 år bakåt i tiden.

I Figur 6 har data sorterats enligt den regionindelning av Sverige som SMHI presenterat: Sydvästra (SV), Sydöstra (SÖ), Mellersta (M) respektive Norra (N).

Figur 6 visar nationella värden för Dahlström (2010) samt regioner för SMHI:s utvärderade observationer enligt Olsson m fl (2017). Vid en jämförelse måste man ta hänsyn till att SMHI redovisar en bästa anpassning för hela regionen och ett konfidensintervall, vilket kan avläsas i Tabell 1. För 10-minuters regnet är överensstämmelsen god. Det är endast i region Norra som Dahlström (2010) överskattar regnmängden för lite längre varaktigheter. SMHI:s värde för t ex region N är 19 mm +/- 1,1 mm för 60 minuters varaktighet medan Dahlström (2010) redovisar 26 mm.



Figur 5 Regnstatistik från olika källor: 60-minutersregn med återkomsttid 10 år.

Ofyllda ringar: från SMHI klimatologi 47.

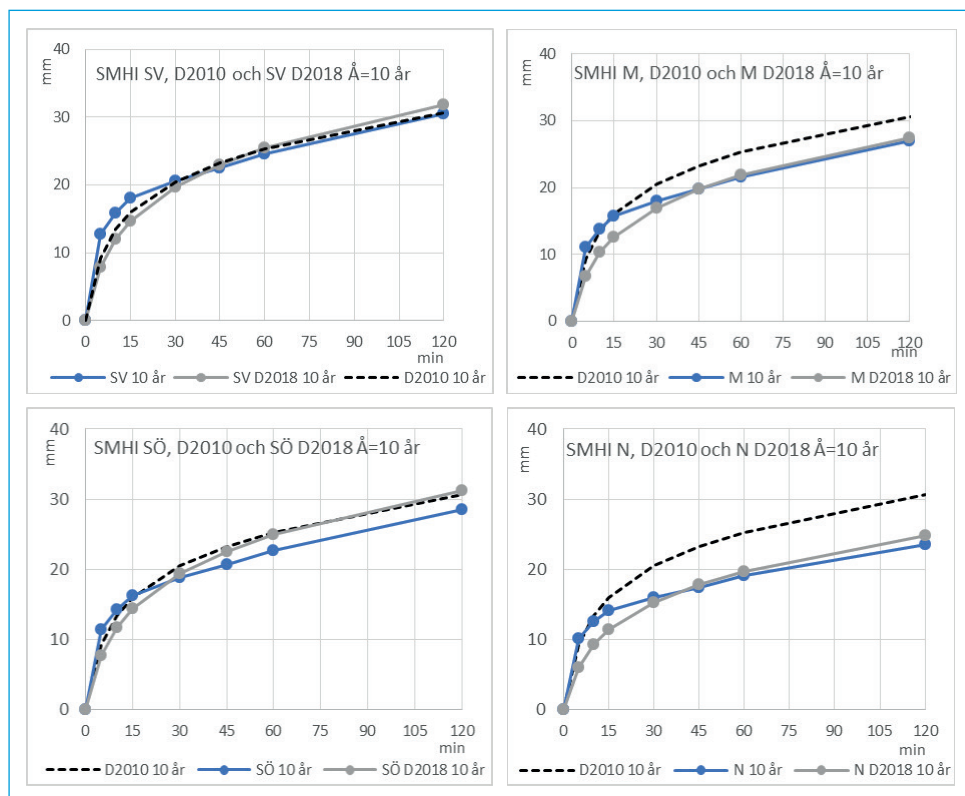
Stående kryss: från SVU-projektets hemsida.

Liggande kryss: från specifika regndatabearbetningar.

Linjer: två nationella samband (Dahlström 2010, resp. från VA-Forsk-rapport 2006–04).

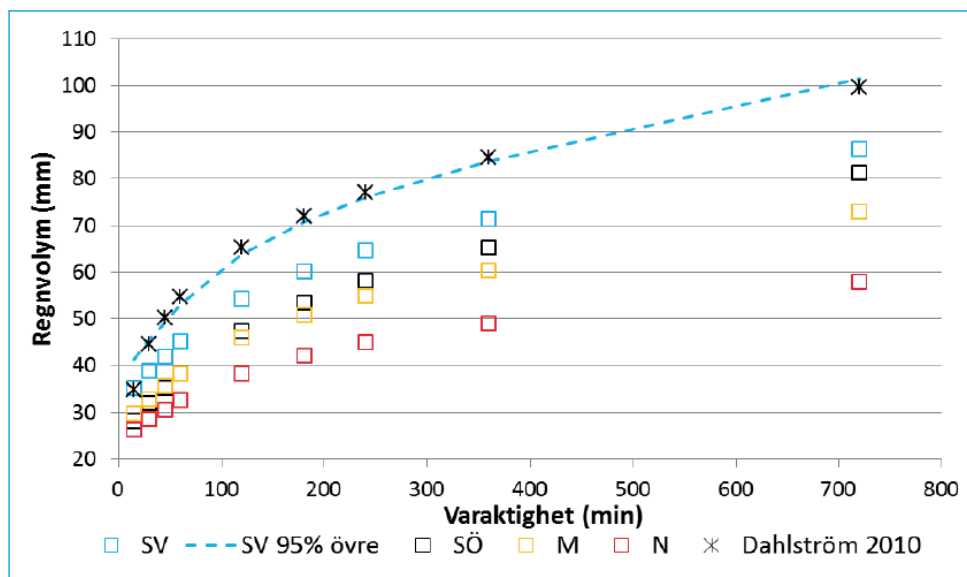
Data är grupperade efter regionindelning i SMHI klimatologi 47.

(Indata till figuren finns i Appendix 3.)



Figur 6 Regnmängder i mm med återkomsttid 10 år. SMHI:s utvärdering av automatstationer uppdelat på fyra regioner SV, SÖ, M, N – Olsson m fl (2017) samt Dahlström (2010) och Dahlström (2018).

Kartan i Figur 4b visar Dahlström (2018) för hela landet och ser man till region N så är medelvärdet omkring 20 mm. I Figur 6 har kurvorna för Dahlström (2018) beräknade med medeltemperatur och medelnederbörd för respektive region lagts in. Dessa visar en god överensstämmelse mellan Dahlström (2018) och SMHI:s utvärderade regnobservationer för regionerna.



Figur 7 Jämförelse för 100-årsregnet mellan SMHI:s nya statistik och Dahlström (2010). Data är grupperade efter regionindelning i Olsson m fl (2017).

Figur 7 visar 100-årsregnet för de olika regionerna samt Dahlström (2010). Jämförs region SV med Dahlström (2010) ligger den senare en bit över SMHI:s medelvärde för region SV, men de övre 95 % för SV träffar Dahlström (2010). Det vill säga att Dahlström (2010) ligger på säkra sidan. På sikt kommer Dahlström (2010) att ersättas med Dahlström (2018) samtidigt som SMHI kommer att kunna indela Sverige i fler regioner. Genom att använda Dahlström (2018) kommer regionala skillnader att reflekteras.

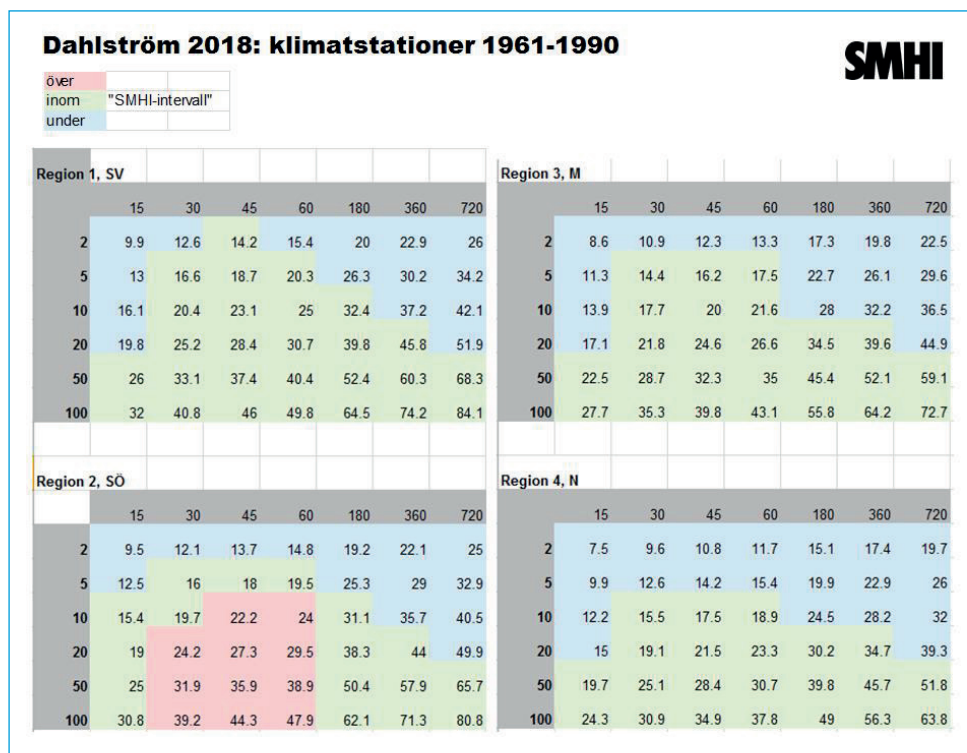
Jämförelse av de olika koncepten

I Figur 7 och 8 visas SMHI:s utvärdering av Dahlström (2018). Utvärderingen indikerade också att SMHI:s regionala statistik och Dahlström (2018) beskriver variationen inom SMHI:s regioner (d.v.s. för enskilda stationer) med ungefär samma träffsäkerhet.

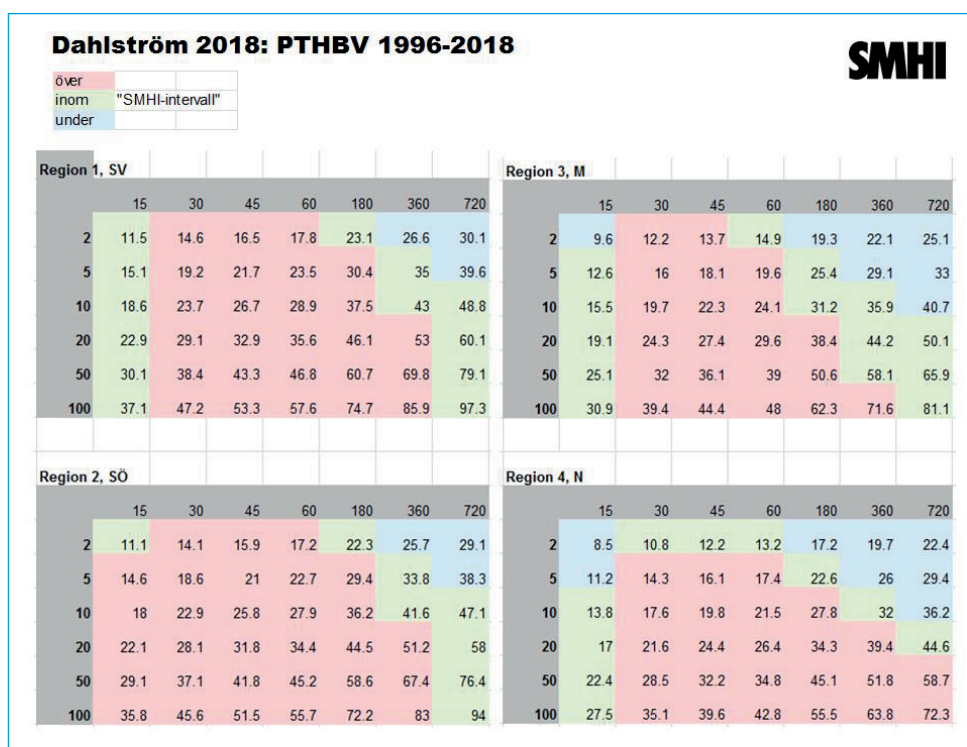
Klimatfaktorer

Det finns starka indicier på att skyfall blir intensivare i takt med den globala uppvärmningen. I större delen av världen kan man se detta i observationer, men eftersom det handlar om sällsynta regn så ställer det stora krav på långa tidsserier för att tydligt se en trend som överstiger både statistiskt brus och naturliga svängningar i klimatet på dekadskalan. Några tydliga trender kan exempelvis inte urskiljas i under den förhållandevis korta tidsperiod med data som finns tillgänglig från SMHI:s nät av automatstationer (22 år). Teorin bygger på att den ökade mängd vattenånga som luften kan innehålla när den blir varmare (cirka 7 % mer per °C enligt Clausius-Clapeyrons princip) ger potential för kraftigare skyfall. Flera studier visar dessutom på öknings i extrem korttidsnederbörd över dessa 7 %, vilket påvisar en positiv återkoppling i molnbildandet för den här typen av regn.

För att ta hänsyn till framtida ökning i regnintensitet används ofta så kallade klimatfaktorer, det vill säga en faktor som multipliceras till dagens dimensionerande nivåer. Nuvarande riktlinjer från Svenskt Vatten konstaterar att en klimatfaktor på minst 1,20 bör användas för varaktigheter från en timme till ett dygn. Detta värde är baserat på flera regionala klimatmodeller för Sverige, och i den senaste sammanställningen



Figur 8 Dahlström 2018 beräknat med T- och P-sommarmedelvärden i period 1961–1990 jämfört med SMHI-statistiken.



Figur 9 Dahlström 2018 beräknat med T- och P-sommarmedelvärden i period 1996–2018 jämfört med SMHI-statistiken.

från SMHI fann man liknande värden på 1,1 till 1,4 fram till mitten av århundradet för olika utsläppsscenarioer (Tabell 4). Mot slutet av århundradet sticker det högre utsläppsscenarioet (business-as-usual) ut med faktorer på 1,3 till 1,4.

Tabell 4 Beräknad framtida procentuell ökning av extrem korttidsnederbörd för olika varaktigheter och framtidsperioder.

Varaktighet (timmar)	2011–2040 (%)		2041–2070 (%)		2071–2100 (%)	
	Medel	Hög	Medel	Hög	Medel	Hög
1	9	11	14	20	21	36
2	9	11	15	20	22	38
3	9	11	17	20	21	40
6	7	12	17	21	19	41
12	9	10	15	20	18	38
Bedömning	10	10	15	20	20	40

De klimatmodeller som använts i SMHI:s analyser är nuvarande state-of-the-art i ensemblesammanhang, men samtidigt vet vi att de har stora brister i simuleringen av just korttidsnederbörd. Nya analyser vid SMHI har visat att alla studerade modeller kraftigt underskattar skyfall, samt har problem med att beskriva deras rumsliga fördelning (Berg m.fl., 2019, ref. 11). Samtidigt är en ny generation högupplösta modeller på kilometerskala på väg, bland annat genom modellutveckling vid SMHI:s Rossby Centre. Dessa modeller producerar väldigt bra resultat för korttidsregn och skyfall, men de är mycket kostsamma att använda. Det kommer alltså ta ett tag innan tillräckliga datamängder finns för en ny analys som tar höjd för skillnader mellan olika klimatprojektioner, men den kommer å andra sidan att vara mycket mer pålitlig. Runt om i Europa och världen visar dessa modeller indicier på högre klimatfaktorer för skyfall, och simuleringar och analyser för Sverige är på väg.

Även Dahlström (2018) kan genom användandet av medelnederbörd och temperatur för sommarmånaderna användas för att ta fram klimatfaktorer. Enligt beräkningar baserade på regnintensitetsmodellen är förändringen av regnintensiteten oberoende av varaktigheten och återkomsttiden, i likhet med SMHI:s analyser av klimatmodeller. De visar att om klimatet värms upp med 5 grader kommer regnintensiteten att öka med 35 %. Vid 3 graders förändring blir motsvarande siffra 21 % och vid 1 grads ökning 7 %. Dahlström (2018) följer alltså tydligt uppskattningen som ges av Clausius-Clapeyrons princip som beskrevs ovan vid endast en ändring i temperaturen. Men även ändringar i medelnederbörden påverkar formelns utsagor, till exempel om nederbördsmängden ökar med 20 % blir regnintensiteten förändrad med 6 %.

Slutsatser

- Av betydelse för Dahlström (2018) är, att när klimatet ändras finns egenskaper i den beskrivna ansatsen som sannolikt kommer att vara oförändrade: Koefficienterna väntas vara i stort sett oförändrade. Formeln som baseras på temperatur och nederbörd ”flyter med klimatet”.
- Det har visat sig att formeln för regnintensitet (Dahlström, 2018) även är tillämplig även i många andra länder.
- Intensitets-varaktighetssamband enligt Dahlström 2010 ligger generellt ”på säkra sidan” jämfört med SMHI:s data och i paritet med Dahlström (2018) även om den senare har regionala skillnader liknande SMHI:s utvärdering.
- SMHI:s regionala data tycks underskatta andra utvärderingar av kommunala regndata, i lägst grad för region Sydväst.

- Jämförelsedata från ex. kommunala regndatautvärderingar, kan beroende på att de är inhämtade i städer mestadels lokaliserade längs svenska kusten, ge en systematisk övervärdering jämfört med SMHI:s samlade utvärderingar från hela stationsnätet inom regionen. Å andra sidan är det just där, vid kustbelägna städer, som man är mest betjänt av korrekt statistik för att dimensionera urbana dagvattensystem.

Referenser

- [1] Alexandersson H., Eggertsson Karlström C. (2001): Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961–90. Referensnormaler – utgåva 2. SMHI Meteorologi, Nr 99.
- [2] Dahlström B. (2010): Regnintensitet – en molnfysiologisk betraktelse. Svenskt Vatten Utveckling, rapport 2010–05.
- [3] Hernebring C.: 10-årsregnets återkomst, förr och nu – regndata för dimensionering/ kontrollberäkning av VA-system i tätorter. VA-FORSK. Rapport 2006–04.
- [4] Hernebring C.: När regnet kommer. Effektivare utnyttjande av kommunernas nederbördsinformation, SVU Utveckling. Rapport 2008-17
- [5] Hernebring C., Dahlström B., Kjellström E. (2012): Regnintensitet i Europa med fokus på Sverige – ett klimatförändringsperspektiv. Svenskt Vatten Utveckling, rapport 2012–16.
- [6] Hernebring C., Dahlström B., Kjellström E. (2018): Regnintensitet i ett förändrat klimat i Sverige med data tillgängliga för användare. Svenskt Vatten Utveckling, C-rapport (2018).
- [7] Olsson J., Berg P., Eronn A., Simonsson L., Södling J., Wern L., Yang W. (2017): Extremregn i nuvarande och framtida klimat. Analyser av observationer och framtidsscenarier. SMHI Klimatologi nr 47.
- [8] Svenskt Vatten (2011): Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avlopps-system. Publikation P 104.
- [9] Svenskt Vatten, SMHI. PM april 2020: Rekommendationer vid val av nederbördsstatistik för dimensionering av dagvattensystem.
- [10] Olsson, J., Södling, J., Berg, P., Wern, L., and A. Eronn (2019) Short-duration rainfall extremes in Sweden: a regional analysis, Hydrol. Res., nh2019073, doi: 10.2166/nh.2019.073.
- [11] Berg, P., Christensen, O. B., Klehmet, K., Lenderink, G., Olsson, J., Teichmann, C., & Yang, W. (2019). Summertime precipitation extremes in a EURO-CORDEX 0.11 degrees ensemble at an hourly resolution. Natural hazards and earth system sciences, 19(4), 957-971.

Appendix 1

Dataunderlag och anpassning av Dahlström 2018

1. Hur ekvationen optimerades.

- i Formuleringen av ekvationen är empirisk med mix av termodynamisk härledning och testning av varianter av prediktorer i form av klimatvariabler. Det kändes önskvärt, att nå fram till en ekvation, som innehåller atmosfärsvariabler, eftersom möjligheten till generalisering av resultaten till andra regioner/andra klimat då ökar signifikant. Den ekvation som återfinns i Hernebring m fl (2018) (se nedan) optimerades med användning av icke-linjär regression med en Quasi-Newton metod, enligt Fletcher 1972.
- ii Ekvationen i rapporten (2018) bestämdes genom att anpassa sambandet till europeiska regnintensitetsdata (6664 värden). Den förklarade variansen varierade här från 91 % till 95%, beroende på hur variansen räknas.
- iii Konstanten "A" för Europa blev 1.0. På grundval av de värden som bestämts under punkt ii beräknades konstanten "A" för Sverige (504 värden användes), slutresultatet illustreras på nästa sida.

2. Anpassningen mot data.

- i Anpassningen mot svenska data blev utomordentligt god och gav den förklarade variansen 97 % till 98 %, trots att koefficienterna, utom "A", i ekvationen hade beräknats med andra, europeiska, data.
- ii Nationerna har olika typer av regninstrument, olika varianter på hur "EVA" statistik har framtagits mm, därför behövs "A" för kalibrering. (Sedan 2018 pågår även en utveckling av denna ansats, vilket ger ytterligare potential i andra världsdelar än Europa).
- iii Det kan tilläggas, att kommunala regnintensitetsdata i Sverige användes, eftersom dessa har egenskapen, att tiden för regnintensiteten för korta varaktigheter är noggrann. Detta har betydelse inom urbanhydrologien, eftersom avrinningsförloppen där i regel sker på kort tid (5 min., 10 min).

3. Tillämpning av resultat

Eftersom den framställda ekvationen innehåller prediktorer i form av atmosfärsvariabler var det möjligt att utnyttja SMHI:s klimatnät för generalisering av resultaten till hela Sverige.

Referenser

C. Hernebring, B. Dahlström, E.Kjellström, v 2018: Regnintensitet i ett förändrat klimat. Svenskt Vatten Utveckling, SVU-projekt 04-14, Slutrapport Mars 2018.

Fletcher, R. (1972) FORTRAN subroutines for minimization by Quasi-Newton methods. AERE R. 7125.

Appendix 2

Beräkning av SMHIs nederbördsformel

Potensmodellen är ett samband mellan återkomstnivå, återkomsttid och varaktighet för skyfall. Sambandet presenteras nedan:

$$R = M(V) \cdot k(T) \cdot V^{p(T)} \quad (1)$$

där

R är regnvolym (d.v.s ackumulerat regn) i mm

V är varaktighet i minuter

T är återkomsttid i år

k(T) och p(T) är parameterfunktioner

M(V) är en skalningsfaktor som kompenserar för att SMHIs mätstationer mäter på fixa tidsfönster

Faktorn M(V) är definierad enligt följande tabell:

V	M(V)
15	1,18
30	1,076
45	1,041
60	1,036
120	1,029
360	1

- För värden mellan tabellvärdena så interpoleras M(V) linjärt.
- $M(V) = M(15)$ för $V < 15$
- $M(V) = M(360)$ för $V > 360$

Parametrarna k(T) och p(T) är i sin tur potensfunktioner av återkomsttiden enligt

$$k(T) = a1 \cdot T^{a2} + a3 \quad (2)$$

$$p(T) = b1 \cdot T^{b2} + b3 \quad (3)$$

där a1–a3 och b1–b3 är parametrar.

Så det man gör för att få fram en regnvolym för en viss varaktighet och återkomsttid med denna metod är:

1. Ta fram värden på a1, a2, a3, b1, b2, b3. Se Tabell 1 nedan.
2. Välj återkomsttid T, och beräkna k och p enligt uttrycken (2) och (3) ovan.
3. Välj varaktighet V, och ihop med värdena på och beräknar du återkomstnivån R.

Tabell 1 Parametervärden att använda i ekvation (2) och (3).

Region	a1	a2	a3	b1	b2	b3
SV	3,113	0,33079	-0,12611	0,43612	-0,045249	-0,079367
SÖ	3,2998	0,24601	-0,12853	0,26877	-0,020368	0,071925
M	2,7115	0,32407	-0,1111	0,42064	-0,056574	-0,049032
N	2,4825	0,33322	-0,060781	0,4359	-0,073392	-0,064461

Appendix 3

Indata till figur 5

Indata till Figur 5 framgår av tabellerna nedan:

Tabell 1 Volym för 60-minutersregn med 10 års återkomsttid.
Olsson mfl (2017), [ref. 7].

Region	mm /60 min
SV	24,5
SÖ	22,6
M	21,6
N	19,0

Tabell 2 Volym för 60-minutersregn med 10 års återkomsttid.
Enskilda bearbetningar.

Ort/benämning	mm /60 min	Senaste källa
Stockholm 84–2006	29,02	ref. 8
Göteborg Lundby	23,62	ref. 8
Malmö, Turbinen	26,96	ref. 8
Halmstad	26,24	ref. 8
Skellefteå	22,43	ref. 8
Kalmar	26,32	ref. 3
Helsingborg	28,76	ref. 3
Jönköping	22,43	ref. 4, 8
Lund	26,78	ref. 4

Tabell 3 Volym för 60-minutersregn med 10 års återkomsttid.
SVU-projektets hemsida, ref. 6.

Från hemsidan	mm /60 min
Göteborg	28,0
Malmö	26,2
Stockholm	26,2
Kalmar	25,4
Sundsvall	26,0
Skellefteå	24,2
Halmstad	28,3
Helsingborg	27,0

Tabell 4 Volym för 60-minutersregn med 10 års återkomsttid.
Två nationella IDF-samband, ref. 3 och ref. 2.

Dahlström 2010 mm/60 min 10 årsregn	VA-Forsk 2006–04 mm/60min 10 årsregn
25,70	26,71

Svenskt Vattens skrifter beställs via:

www.svensktvatten.se

Svenskt Vattens distribution

Box 262

591 23 Motala

© Svenskt Vatten AB

ISSN nr 1651-6893

Svenskt Vatten M148

2020-04



Box 14057, 167 14 Bromma

Tel 08 506 002 00

Fax 08 506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se