

Rekommendationer vid val av nederbördsstatistik för dimensionering av dagvattensystem



Rekommendationer vid val av nederbördsstatistik för dimensionering av dagvattensystem

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

Utgåva: 1, april 2020

ISSN nr: 1651-6893

Förord

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 *Sammanfattning och rekommendationer* 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.

2020-03-30

Gilbert Svensson

Innehåll

Rekommendationer.....	5
Sammanfattning av kunskapsläget	6
Vidareutveckling av Dahlström (2010) till Dahlström (2018)	6
SMHIs utvärderade regnstatistik	7
Några datajämförelser	9
Klimatfaktorer.....	11
Slutsatser från jämförelsen av de olika nederbördsformlerna	12
Referenser.....	13

Läsanvisning

Vill du veta vad som rekommenderas för närvarande, läs avsnittet *Rekommendationer*. Övrig text ger en god överblick av kunskapsläget och ökar förståelsen för nuvarande rekommendationer.

Vill du veta mer hänvisas till *Nederbördsstatistik för dimensionering av dagvattensystem – State of the Art*, Svenskt Vatten, Meddelande M148. Denna rapport summerar läget avseende svensk nederbördstatistik för dimensionering av dagvattensystem och djupdyker i olika nederbördsformler, nederbördsobservationer och klimatscenarier.

Rekommendationer

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 nederbördsräknare 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.

Sammanfattning av kunskapsläget

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.

Vidareutveckling av Dahlström (2010) till Dahlström (2018)

I Dahlström (2010), [ref. 2], beskrivs en formel för att beräkna dimensionerande regnintensitet i Sverige för varaktigheter från 5 minuter och upp till 24 timmar. Formeln har utgått från en molnfysikalisk beskrivning av förlopp i kondensationsprocessen och sedan förenklats för att vara användbar för samhällsnyttiga tillämpningar.

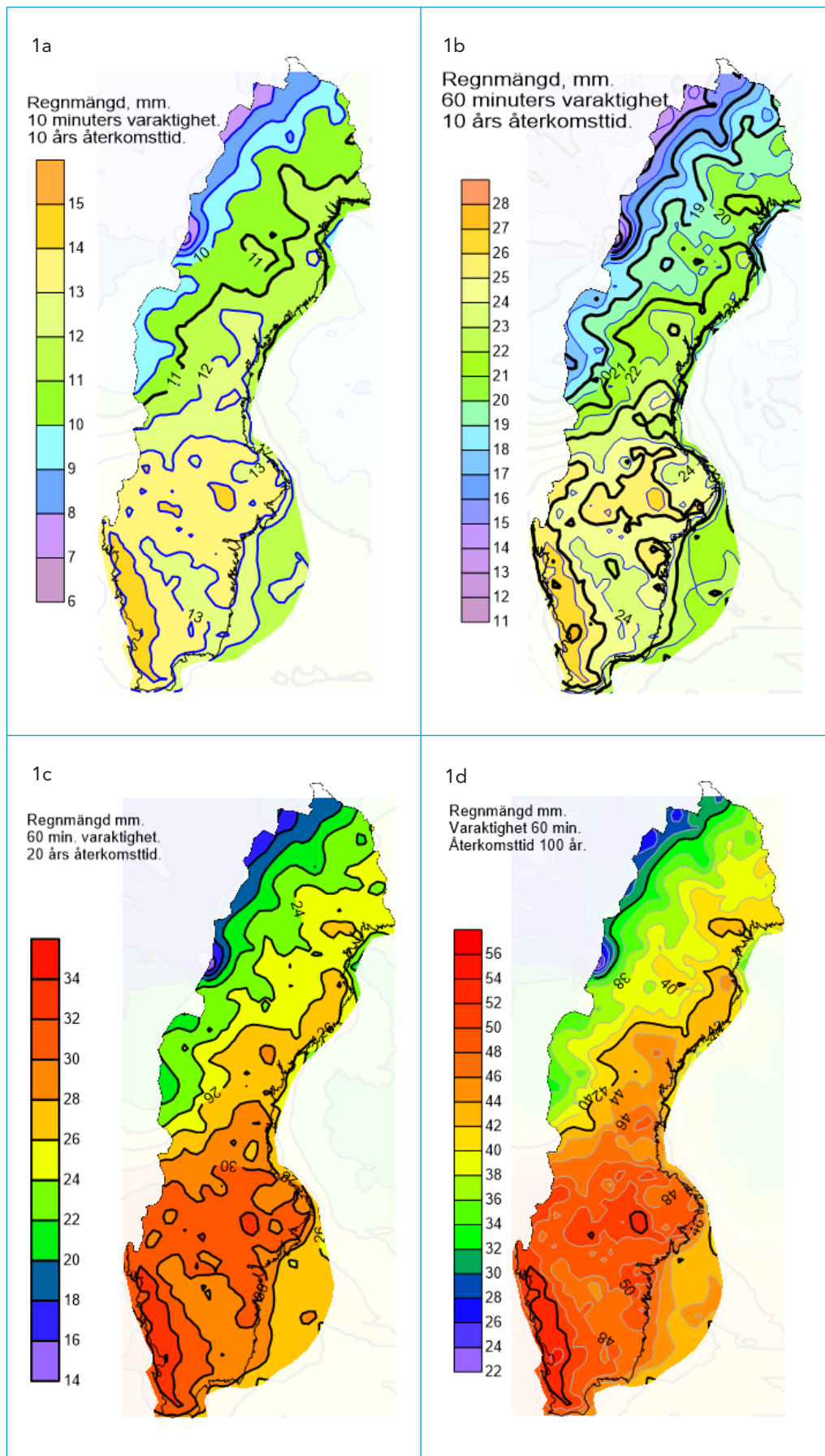
För dimensionering är det viktigt att ta hänsyn både till häftiga regn från konvektiva regnmoln och till mindre intensiva regn från frontmoln, där stora regnmängder kan uppmätas efter långvarigt regnande. Båda dessa mekanismer för regnbildning har integrerats i formeln.

Parametrarna i formeln har bestämts från en del av tillgängliga blockregnsdata och resultatet har därefter verifierats mot andra, oberoende data, med 98 % förklarad varians.

Dahlström (2010) rekommenderas att användas för dimensionering av dagvattensystem i Svenskt Vattens publikationer P104 och P110.

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 de viktigaste parametrarna för svenska förhållanden vara nederbörd respektive temperatur under de tre sommarmånaderna juni, juli och augusti (JJA). I SVU-projekt 04–14, [ref. 6] vidgades utblicken också till andra världsdelar, med andra relevanta månader med störst förekomst av konvektiv nederbörd, varvid matematiken utvecklades vidare.

Den slutliga varianten benämns här *Dahlström (2018)*, [ref. 6]. En optimering av anpassningen till europeiska data gav slutligen ett samband som beskriver regnintensiteten som funktion av återkomsttid och varaktighet för regnhändelsen. Formeln är uppbyggd på samma sätt som Dahlström (2010) men kompletterad med en faktor som relaterar till medeltemperatur och medelnederbörd under månaderna juni,



Figur 1 Modellerad regnmängd för 10, 20 och 100 års återkomsttid med Dahlström (2018) med indata från SMHs klimatnät 1961–90.

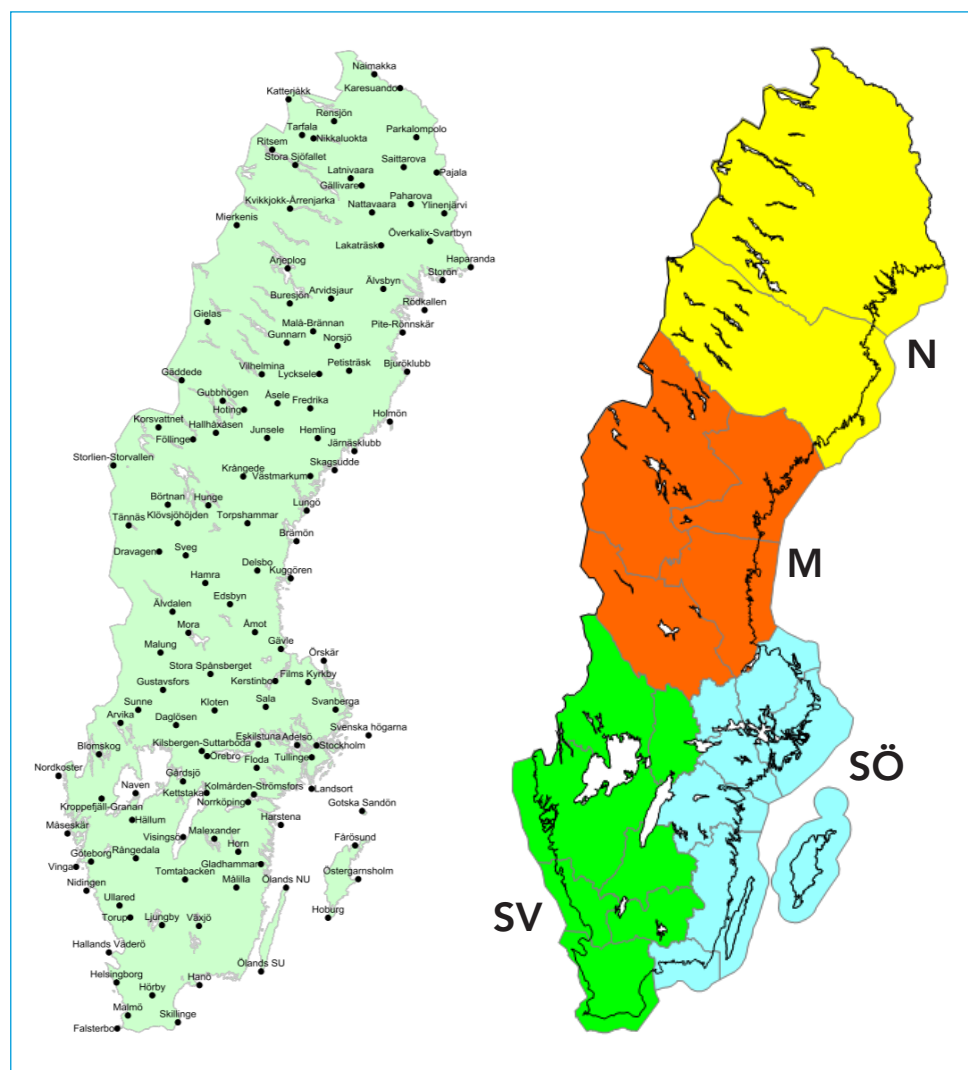
juli och augusti. Medeltemperatur och medelnederbörd för en ort kan hämtas från SMHI:s statistikperioder med längden 30 år. Med klimatscenerierna som grund kan även framtida medeltemperatur och medelnederbörd uppskattas och därigenom även framtida nederbördsintensitet för en ort. Genom att medelnederbörd och medeltemperatur ingår i beräkningsformeln kommer den beräknade regnintensiteten att få en regional fördelning, vilket Dahlström (2010) saknar.

Den regionala fördelningen av regnvolymen beräknad med Dahlström (2018) för några olika varaktigheter och återkomsttider visas i Figur 1.

SMHIs utvärderade regnstatistik

Ny regnstatistik presenteras kontinuerligt av SMHI. SMHI började i slutet av 1900-talet att installera automatiska nederbördsstationer med spridning över hela landet. Dessa stationer har idag kontinuerligt registrerat nederbörd under snart 25 år.

SMHI har analyserat tidsserier med 22 års observationer av nederbörd från 128 automatiska meteorologiska mätstationer fördelade över hela landet (Figur 2a). 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



Figur 2 SMHIs nät av automatiska meteorologiska stationer (2a till vänster) och den regionala indelning som gjorts för den nya skyfallsstatistiken (2b till höger).

identifiera regioner med liknande statistik och denna analys ledde till en uppdelning av Sverige i fyra regioner (Figur 2b). Enligt den s.k. stationsårsmetoden slogs alla enskilda serier inom varje region ihop till fyra regionala serier. 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. 9 och 10].

Slutligen formulerades en nederbördsmodell som beskriver regnvolymer som funktion av återkomsttid och varaktighet. (Se underlagsrapport *Nederbördsstatistik för dimensionering av dagvattensystem – State of the Art*, [ref. 9])

Tabell 1 Exempel på skyfallsstatistik enligt SMHI 1996-2018, 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

SMHI bjuder nu in kommuner och andra organisationer med kontinuerligt registrerande nederbördsräknare att leverera data till SMHI för att ingå i den nationella databasen med nederbördsobservationer. På sikt kommer detta att innebära att vi får ett utökat rikstäckande nät med finare indelning av nederbördsstationer. Observationer från dessa nederbördsstationer utvärderas av SMHI och utgör underlag för en rikstäckande regnstatistik.

Några datajämförelser

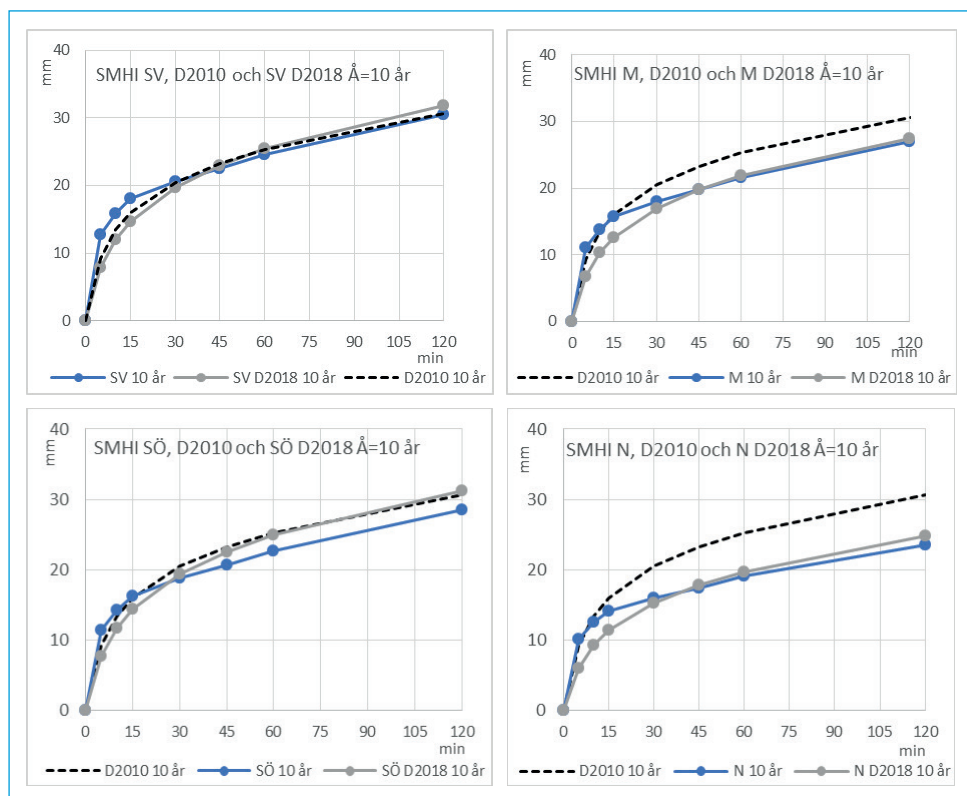
I Figur 3 på nästa sida jämförs SMHI:s analys av automatstationsdata med Dahlström (2010) och Dahlström (2018).

För jämförelse har för enkelhets skull en återkomsttid valts ut: 10-årsregnet med varaktigheter upp till 2 timmar. 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

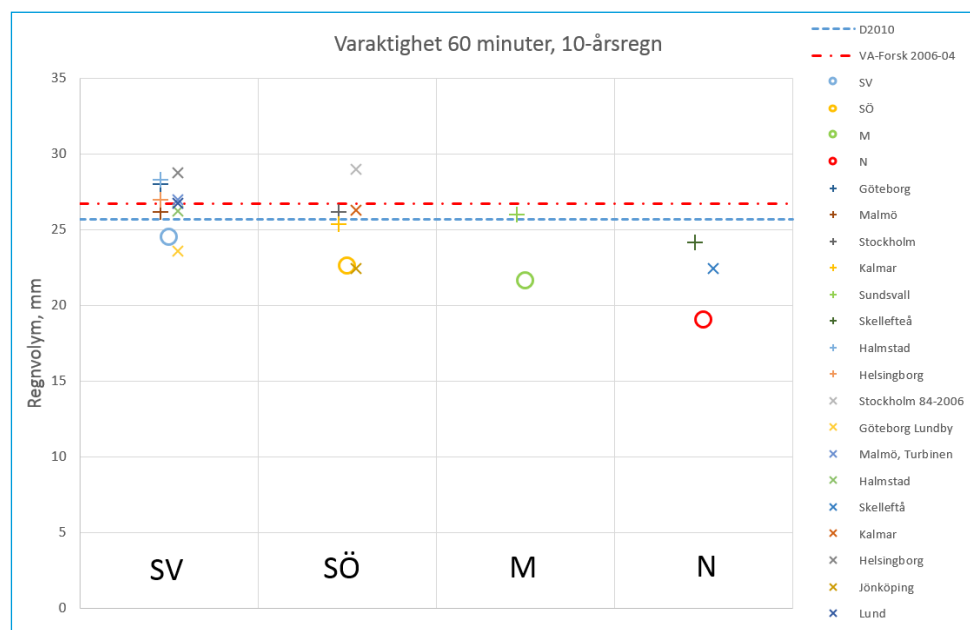
I Figur 3 har data sorterats enligt den regionindelning av Sverige som SMHI presenterat: Sydvästra (SV), Sydöstra (SÖ), Mellersta (M) respektive Norra (N).

Figur 3 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 norr 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.

Kartan i Figur 1b visar Dahlström (2018) för hela landet och ser man till region N så är medelvärdet omkring 20 mm. I Figur 3 har kurvan för Dahlström (2018) beräknad med medeltemperatur och medelnederbörd för respektive region lagts in. Dessa visar en god överensstämmelse mellan Dahlström (2018) och SMHI:s utvärderade regnobservationer.



Figur 3 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).



Figur 4 Jämförelse för 100-årsregnet mellan SMHI:s nya statistik och Dahlström (2010). Data är grupperade efter regionindelning i Olsson m fl (2017).

Figur 4 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

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.

fler regioner. Genom att använda Dahlström (2018) kommer regionala skillnader att reflekteras.

Klimatfaktorer

I den senaste sammanställningen av klimatfaktorer från SMHI fann man värden på 1,1 till 1,4 fram till mitten av århundradet för olika utsläppsscenarier. Mot slutet av århundradet sticker det högre utsläppsscenariet (business-as-usual) ut med faktorer på 1,3 till 1,4. Men Svenskt Vattens rekommendation med 1,20 – 1,25 får anses rimlig under nuvarande förhållanden.

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 SMHIs 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 från SMHI fann man liknande värden på 1,1 till 1,4 fram till mitten av århundradet för olika utsläppsscenarier (Tabell 2). Mot slutet av århundradet sticker det högre utsläppsscenariet (business-as-usual) ut med faktorer på 1,3 till 1,4.

Tabell 2 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 från jämförelsen av de olika nederbördsformlerna

- Intensitets-varaktighetssamband enligt Dahlström (2010) ligger generellt ”på säkra sidan” jämfört med SMHI:s automatstationsdata.
- Det är endast i region Norr som Dahlström (2010) märkbart överskattar regnmängden för varaktigheter större än 30 minuter.
- Dahlström (2018) visar på regionala skillnader på liknande sätt som SMHI:s automatstationer och ligger närmare SMHI:s utvärdering av automatstationsdata än Dahlström (2010).
- Av betydelse för Dahlström (2018) är, att det finns koefficienter i den beskrivna ansatsen som sannolikt kommer att vara oförändrade när klimatet ändras. Formeln som baseras på medeltemperatur och medelnederbörd i juni, juli och augusti och kan därmed beskriva förändringar i klimatet.
- 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, det vill säga ett medelvärde för hela regionen.

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 avloppssystem. Publikation P 104.
- [9] Svenskt Vatten (2020): Nederbördsstatistik för dimensionering av dagvattensystem –State of the Art. Svenskt Vatten Meddelande M148.
- [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.

Svenskt Vattens skrifter beställs via:

www.svenskvatten.se

Svenskt Vattens distribution

Box 262

591 23 Motala

© Svenskt Vatten AB

ISSN nr 1651-6893

2020-04



Box 14057, 167 14 Bromma

Tel 08 506 002 00

Fax 08 506 002 10

E-post svenskvatten@svenskvatten.se

www.svenskvatten.se