

## BILAGA IX

### Utvärdering av HIPRAD samt möjligheter till rumsliga analyser

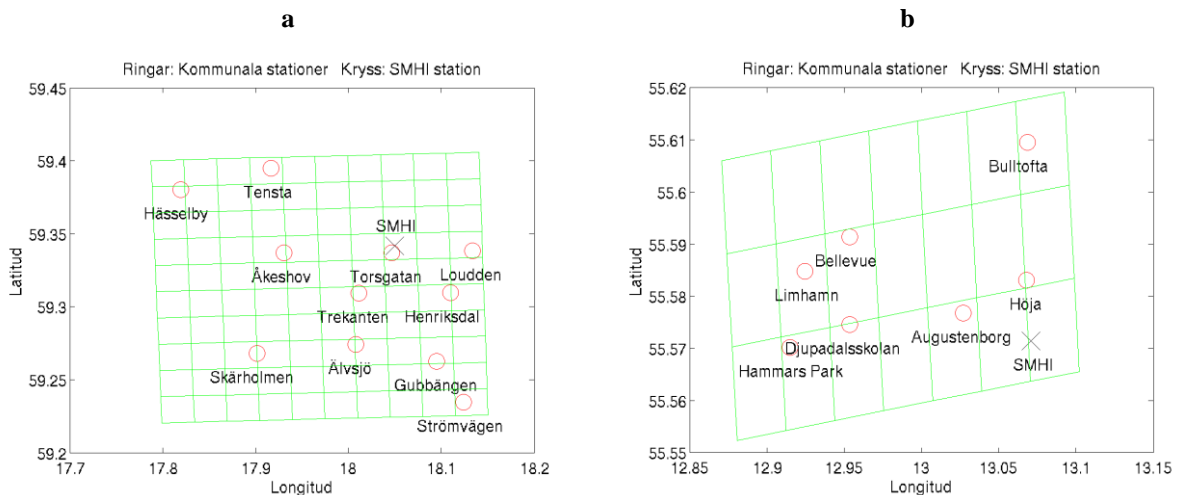
I denna bilaga redovisas först en detaljerad utvärdering av HIPRAD mot mätningar från lokala stationsnätverk i Stockholm och Skåne. Därefter beskrivs hur HIPRAD kan användas för analyser av skyfallens rumsliga egenskaper, specifikt hur medelintensiteten avtar med ökande area.

#### BILAGA IX.1 Utvärdering av HIPRAD mot lokala stationer i Stockholm och Malmö

Denna bilaga innehåller en kort redogörelse av en förstudie där nederbörd uppskattad av HIPRAD jämförs med mätningar av nederbörd som gjorts med vippmätare, (*tipping-bucket*). Här visas främst exempel från två serier av nederbördsobservationer från den station i Malmö respektive Stockholm som ligger närmast en av SMHIs stationer. Att ta fram metoder för att statistiskt utvärdera hur väl den uppmätta regnvolymen representeras av HIPRAD är en del av ett kommande forskningsprojekt vid SMHI.

#### Beskrivning av data

Då indatan till HIPRAD bland annat är observationer från SMHIs automatstationer så är dessa mindre lämpliga för att utvärdera hur bra HIPRAD detekterar skyfall. Här används oberoende nederbördsräkningar från stationer i Stockholm och Malmö som mottagits från Stockholm Vatten respektive VA-Syd. I figur 1 visas dessa stationer som cirklar tillsammans med gridrutorna från HIPRAD, bland dessa finns också en av SMHIs mätstationer som markerats med ett kryss. Notera de olika skalorna på axlarna som visar att stationerna i Malmö ligger inom ett betydligt mindre område särskilt i nord-sydlig riktning.



Figur 1: Stationerna i Stockholm (a) och Malmö (b) i relation till gridrutorna i HIPRAD.

De kommunala mätningarna är av typen vippmätare med en mängd nederbörd och ett klockslag när den mäts upp. För att göra om dem till nederbörd per kvart som kan jämföras med HIPRAD summeras helt enkelt alla mängder som har uppmätts under en kvart. Det ger förstås ett fel eftersom t.ex. en observation några sekunder efter 07:00 då tas med i nederbörden 07:00-07:15 fast den

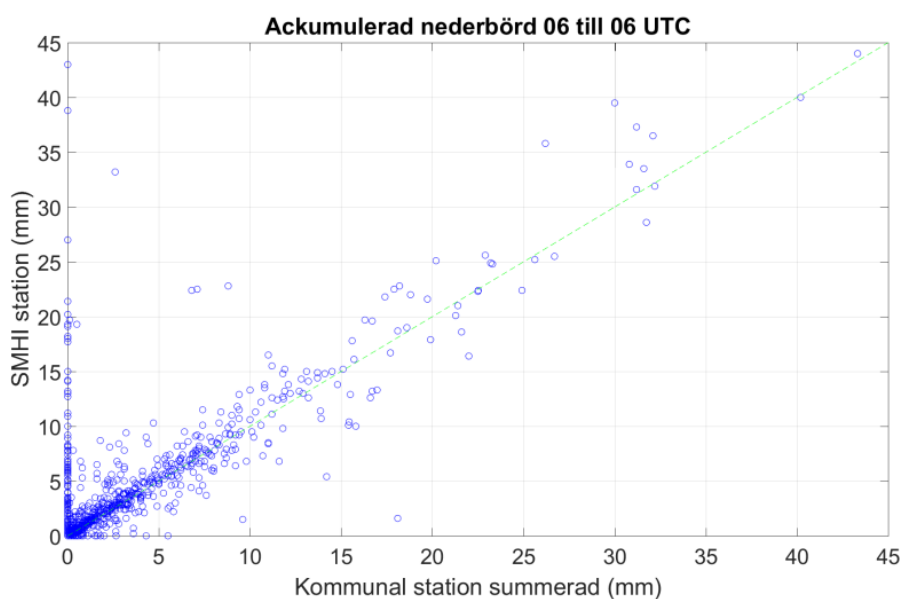
realistiskt kom under kvarten före. Då vi mest är intresserade av kraftigare regn och de typiska mängderna i en vippning är några få tiondels mm antas det inte ha någon praktisk betydelse här.

Däremot kan det finnas konstigt stora värden och om de ger en medelintensitet av över 5 mm/minut togs de inte med i summeringen. Det förekom också långa luckor utan mätningar och om den var över 30 dagar så används inte de dagarna i jämförelsen med HIPRAD.

Då vippmätare kan vara mindre pålitliga på vintern och de flesta skyfall inträffar på sommaren jämförs i det följande bara perioden maj-september varje år.

### Jämförelse mellan kommunal station och SMHIs värden

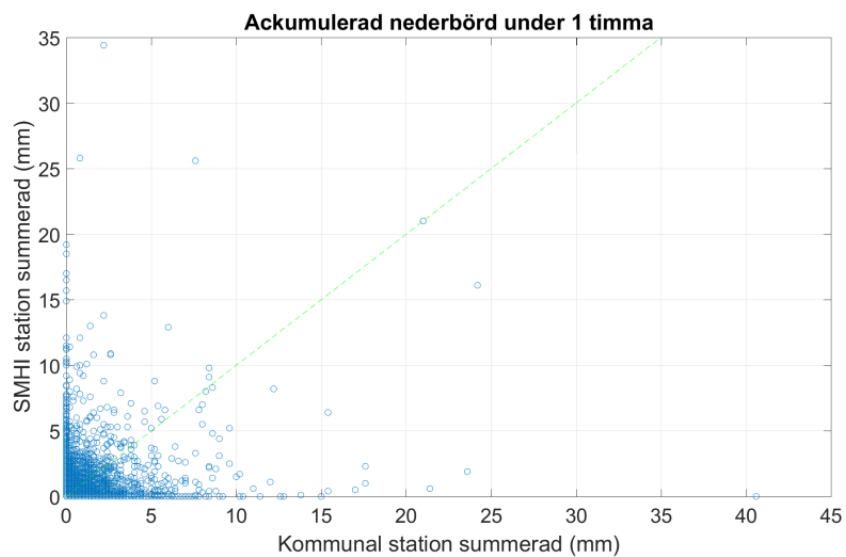
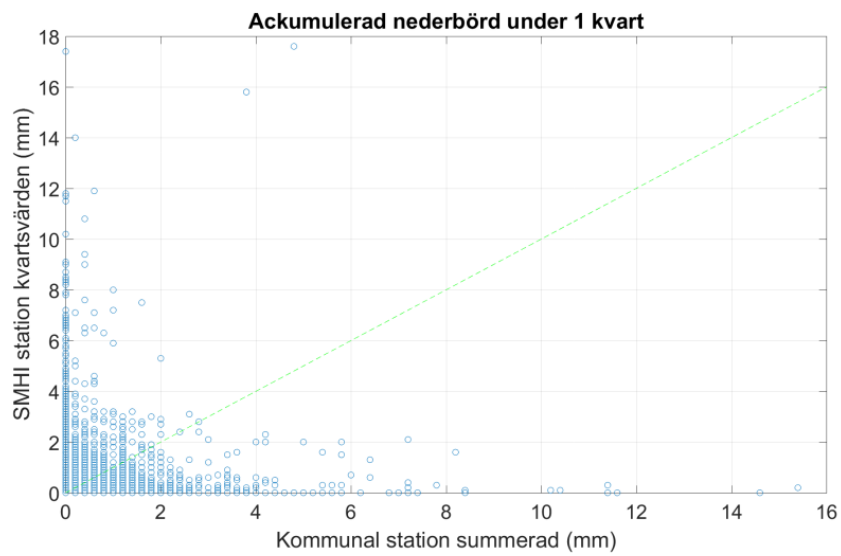
Ett första steg är att se om de kommunala mätningarna skiljer sig systematiskt från värdena i SMHIs stationer som används av HIPRAD. I Stockholm är det enligt figur 1 stationen på Torsgatan som ligger närmast SMHI stationen, avståndet är cirka 700 meter. Figur 2 visar Torsgatans värden summerade till samma klockslag som dygnsvärdena i SMHIs station (den har bara nederbörd summerad från klockan 06 UTC och 24 timmar framåt). De ligger bra samlade kring en linje med lutning 1 med en svag antydning att SMHIs station mäter något högre värden än vippmätaren. Det finns däremot några punkter på x-axeln där SMHIs station har mycket nederbörd men den kommunala stationen ingen så även efter att uppehåll längre än en månad sorterats bort finns det några regnhändelser som inte fångats av mätaren på Torsgatan.

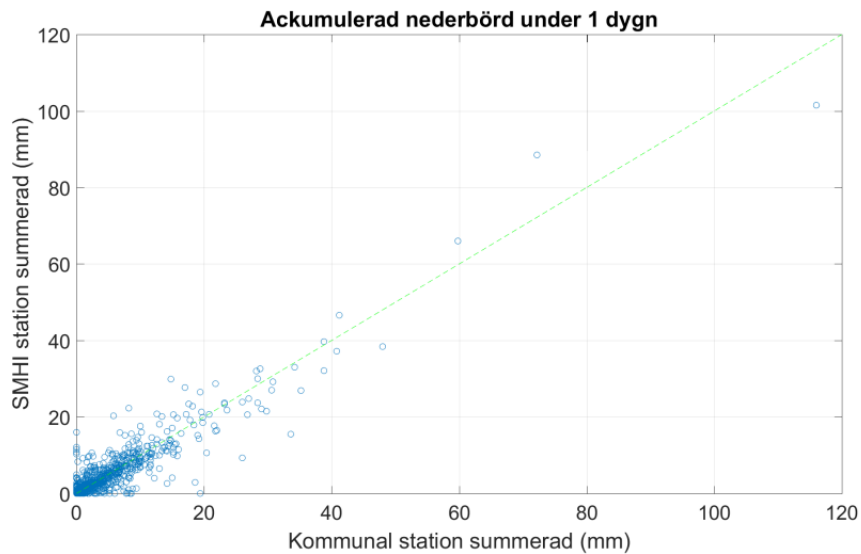


Figur 2: Dygnsvärden i Stockholm station jämfört med Torsgatan.

I Malmö finns däremot en SMHI station som levererar regn under varje kvart så där kan man jämföra de kommunala mätningarna i den närmaste stationen i Augustenborg på kvartsnivå såväl som summerat under ett dygn. Även nederbörden under varje klocktimme visas i figur 3. Här syns en del problematiska kvartar med låg eller ingen nederbörd i en mätare och kraftig nederbörd i den andra. Även på tidskala finns det problemet men det är mindre på dygnskalen och datan från Malmö verkar ha färre dagar där den kommunala mätaren är utan regn när SMHI stationen mäter nederbörd.

Jämfört med Torsgatan i figur 2 verkar också stationen i Augustenborg stämma ännu bättre överens med SMHI:s dygnsvärden trots att denna ligger något längre bort (avståndet mellan dem är cirka 2.8 km).





Figur 3: Regn ackumulerat under 15 minuter (överst), 1 timma (mitten) och 1 dygn i SMHI:s station och den kommunala mätaren i Augustenborg

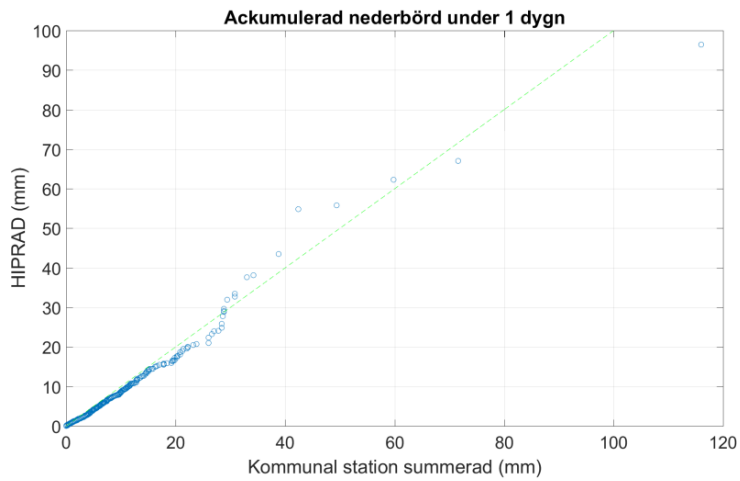
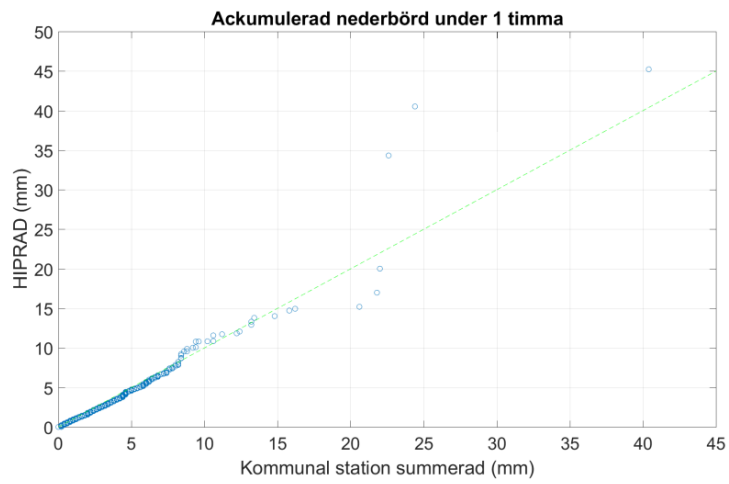
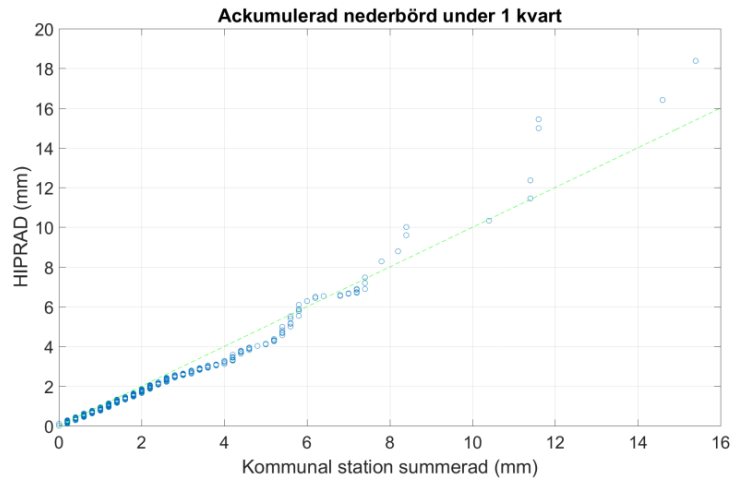
### Hur bra är HIPRAD för skyfallsstatistik?

Ett sätt att snabbt få en uppfattning om två olika mätare fångar liknande nederbördsmängder, men inte nödvändigtvis exakt samtidigt, är att sortera observationerna i storleksordning och rita dem mot varandra. I figur 4 visas dessa så kallade QQ-plottar för mätaren i Augustenborg i Malmö och nederbörden i den gridruta för HIPRAD där den ligger enligt figur 1. För några av de mest extrema regnen blir det på kvarts- och timskala högre värden enligt HIPRAD jämfört med mätaren, ett fenomen som inte syns på dygnskala. Där är det istället det extrema regnet i Malmö 31 juli 2014 som sticker ut genom att mätaren visar mera regn än HIPRAD.

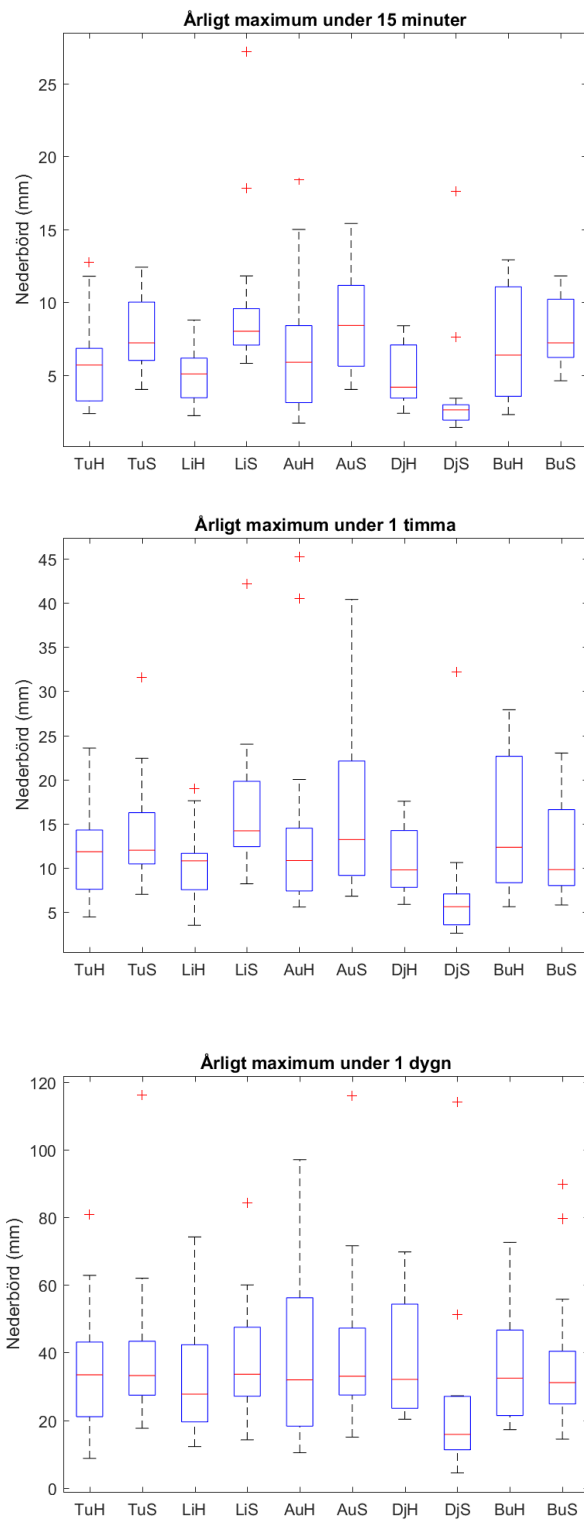
De flesta av punkterna med störst mängd svarar mot det tillfälle under ett år då det kom mest nederbörd. För de stationer i Malmö som hade observationer för mer än 10 år under perioden 2000-2014 visas ett låddiagram av den högsta årliga nederbörden i figur 5. Lådorna visar gränserna för kvartilerna och det röda strecket är medianen. De röda kryssen anses vara outliers och de högsta värdena härrör från det extremt kraftiga regnet den 31 juli 2014. Lådorna blir mera lika varandra ju längre ackumulationstiden är men stationen i Limhamn har fortfarande högre median än HIPRAD och stationen i Djupadalsskolan lägre median än HIPRAD även på dygnskala.

Figur 6 visar en QQ-plot av nederbörden enligt stationen på Torsgatan och serien från gridrutan i HIPRAD enligt figur 2 där den ligger. Ett liknande mönster som i mätaren i Augustenborg i figur 4 visar sig där HIPRAD ger ett något större utslag på tim- och kvartsnivå för de intensivaste regntillfällena.

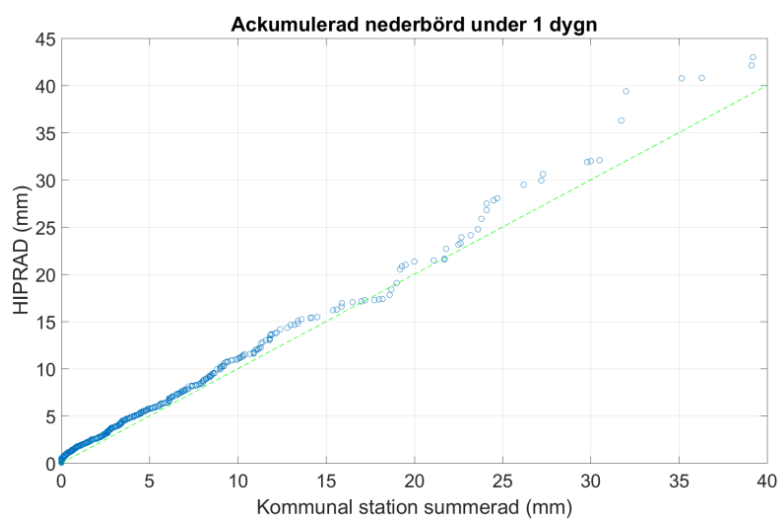
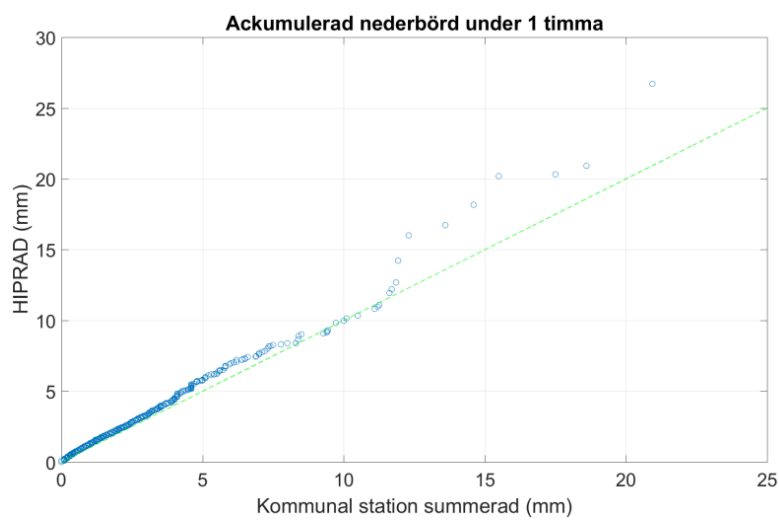
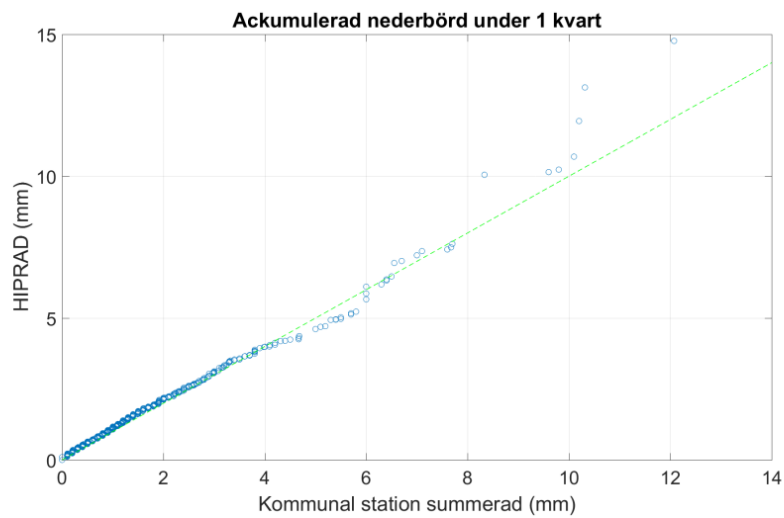
Låddiagrammen i figur 7 över maximal nederbörd under ett år motsvarar figur 5 över stationerna i Malmö där man behöver ackumulera nederbörden under ett dygn för att få någorlunda lika fördelningar av årsmaxen. Några av de största outliers kan vara misstänkta felvisningar så en något strängare regel för att underkänna en mätning än den extremt höga intensiteten av 5 mm/minut är troligen motiverad här.



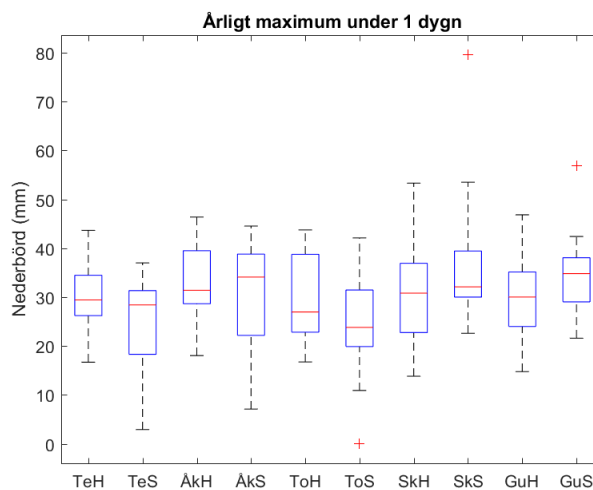
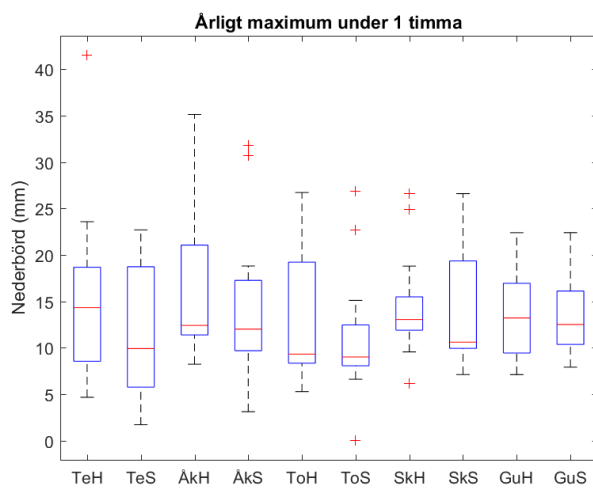
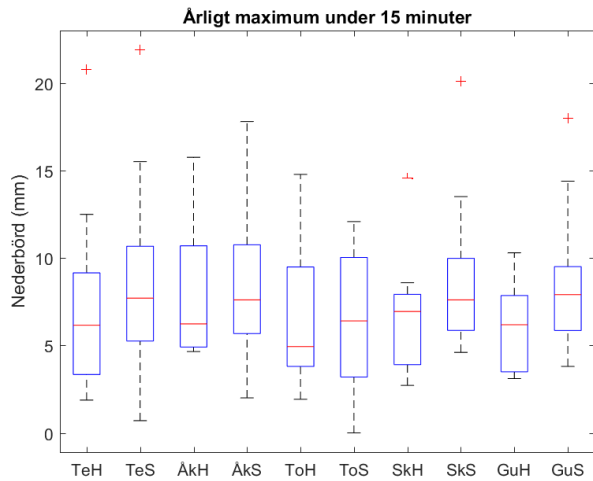
Figur 4: QQ-plottar av regn ackumulerat under en kvart (överst), en timme (mitten) och ett dygn (underst) för den kommunala mätaren i Augustenborg och motsvarande HIPRAD-ruta.



Figur 5: Låddiagram över maximal nederbörd under ett år under en kvart, en timma och ett dygn i Malmö. Stationerna är Tu(rbinen), Li(mhamn), Au(gustenborg), Dj(upadalsskolan) och Bu(lltofta). S står för mätningar av stationen och H är uppskattad nederbörd av HIPRAD i motsvarande gridruta.



Figur 6: QQ-plottar av regn ackumulerat under en kvart (överst), en timme (mitten) och ett dygn (underst) för den kommunala mätaren på Torsgatan och motsvarande HIPRAD-ruta.



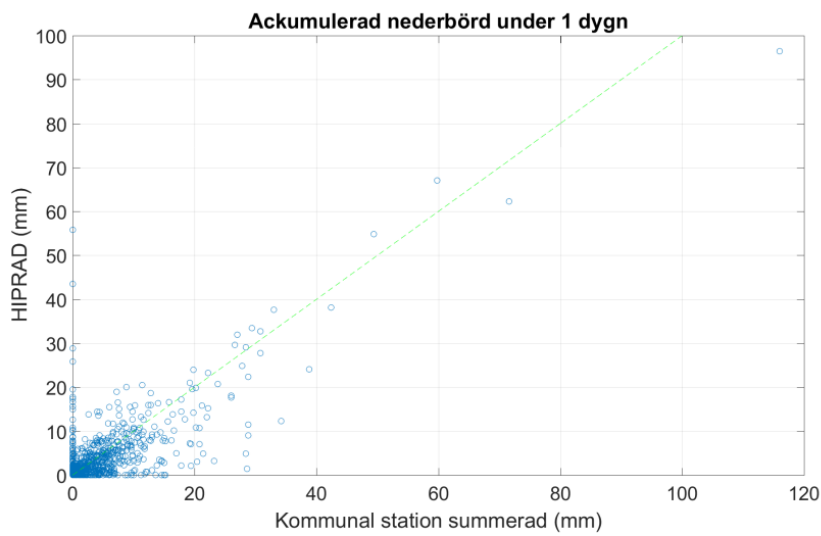
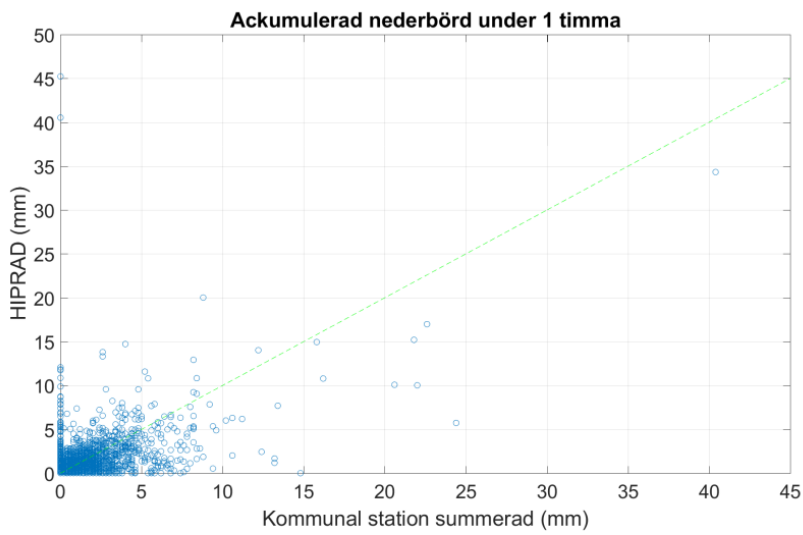
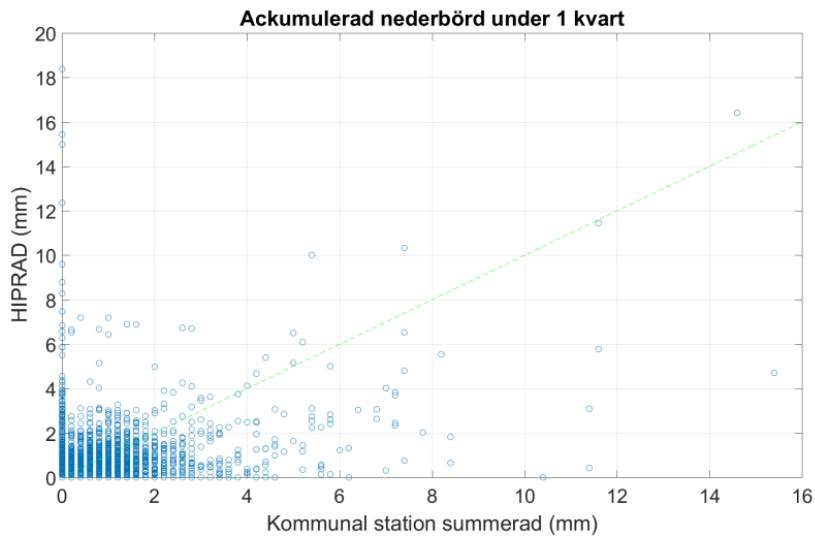
Figur 7: Låddiagram över maximal nederbörd under ett år under en kvart, en timma och ett dygn i Stockholm. Stationerna är Te(nsta), Åk(eshov), To(rsgatan), Sk(ärholmen) och Gu(bbängen). S står för mätningar av stationen och H är uppskattad nederbörd av HIPRAD i motsvarande gridruta.



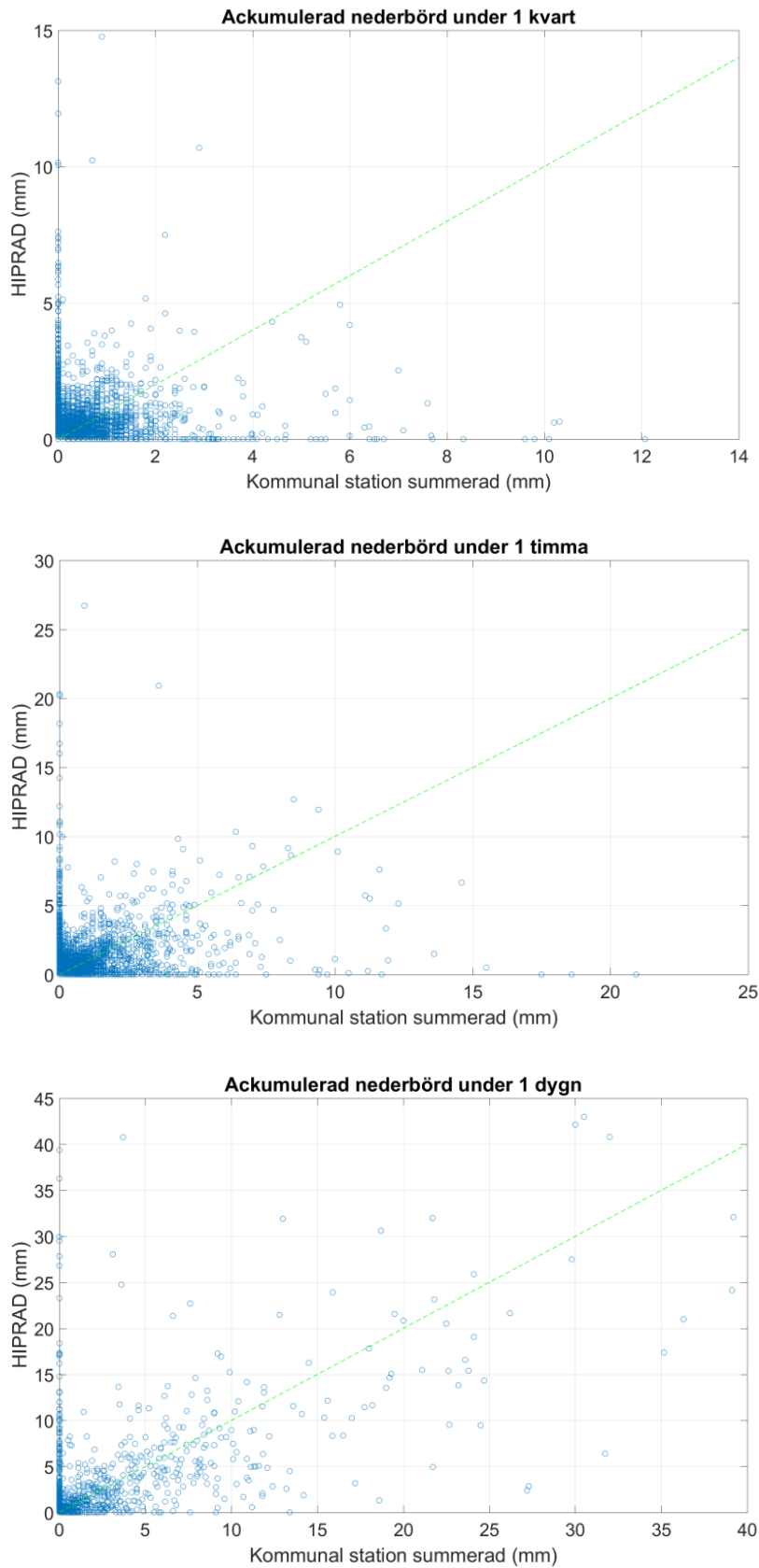
## Hur bra är HIPRAD för skyfall på samma tid och plats?

Härnäst visas exempel på punktmoln av simultana observationer av nederbörd i en kommunal mätare i och motsvarande serie från HIPRAD gridrutan där den ligger. Figur 8 visar stationen i Augustenborg som liknar den motsvarande figur 3 med SMHIS station på y-axeln istället för HIPRAD. Med några undantag ligger punkterna väl samlade kring linjen  $y=x$ . En skillnad mot figur 3 är att HIPRAD, särskilt på dygnsnivå, har flera stora utslag än SMHIS station när vippmätaren inte visar någon nederbörd.

Figur 9 visar samma figurer för Torsgatan över serier med nederbörd under en kvart, en timma och ett dygn. Liknande figur 2, med SMHIS station som referens, så verkar det finnas flera dagar där den kommunala mätaren kan misstänkas vara ur funktion även efter att perioder med mer än 30 dagar utan nederbörd rensats bort. En skillnad mot föregående figur 8 från Augustenborg är att punkterna inte verkar ligga närmare linjen  $y=x$  ju längre tid nederbörden ackumuleras, här ser den undre plotten med dygnsvärden "risigare" ut än den mellersta med timvärden.



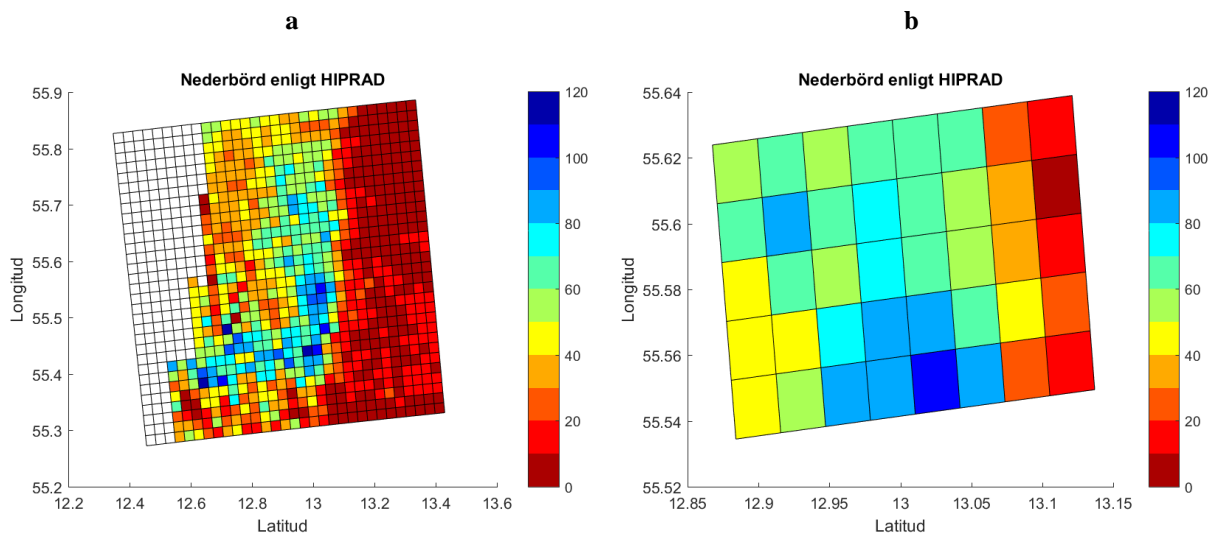
Figur 8: Regn ackumulerat under 15 minuter (överst), 1 timma (mitten) och 1 dygn i den kommunala mätaren i Augustenborg och i den gridruta för HIPRAD där den ligger.



Figur 9: Regn ackumulerat under 15 minuter (överst), 1 timma (mitten) och 1 dygn i den kommunala mätaren på Torsgatan och i den gridruta för HIPRAD där den ligger.

## En bild av skyfallet i Malmö 31 juli 2014

Då skyfall är av särskilt intresse i detta arbete väljer vi att visa hur HIPRAD representerade det häftigaste regnet som föll över något av de två områdena i figur 1 eller 2 under perioden 2000-2014 vilket skedde i Malmö den siste juli 2014. Det här regnet var mycket lokalt och visade till och med stora variationer i den totala uppmätta nederbörden mellan de kommunala stationerna. Figur 10 visar att HIPRAD har ett väldefinierat, sammanhängande område med kraftig nederbörd. Det mörkröda området till höger i figuren bekräftas av observationer från kommunala mätare och SMHIs station i Lund som alla mätte upp mindre än 10 millimeter totalt under skyfallet i Malmö. Den undre ”inzoomade” bilden på området där stationerna i Malmö ligger visar också den stora variationen som kan finnas mellan närliggande HIPRAD-gridrutor.



Figur 10: Total nederbörd enligt HIPRAD i och omkring Malmö (a). Vita punkter är över hav. Ett utsnitt av området där de kommunala stationerna i Malmö ligger (b).

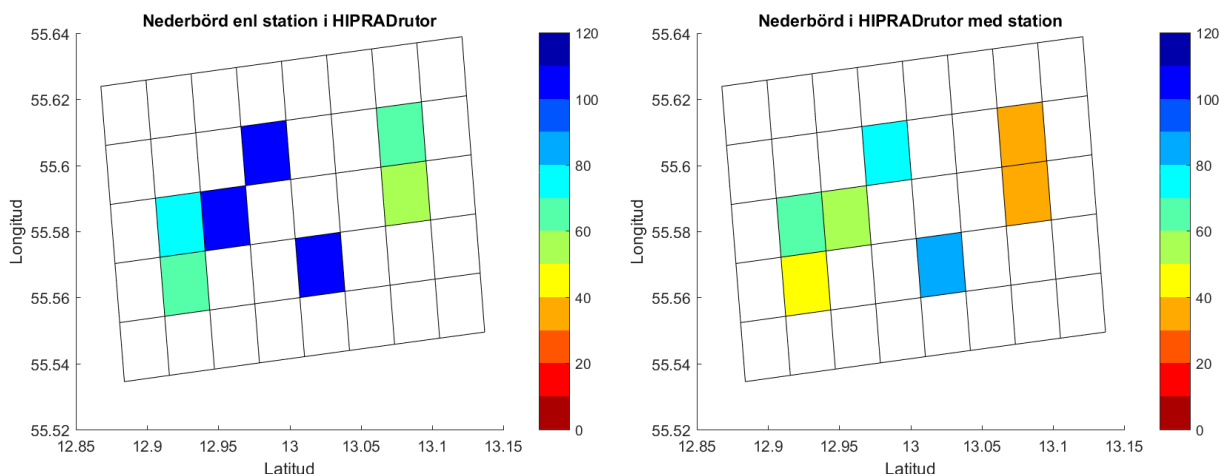
Figur 11 visar den totala nederbörden enligt de kommunala mätningarna i Malmö tillsammans med ett ytterligare utsnitt av HIPRAD till endast de gridrutor där det finns en station. Här ses att HIPRAD generellt underskattade den uppmätta nederbörden kraftigt men den visar liknande variation som de kommunala stationerna med betydligt lägre värden i de två östligaste rutorna där stationerna i Höja och Bulltofta ligger.

### Sammanfattning.

Med ett exempel vardera från Malmö (Augustenborg) och Stockholm (Torsgatan) har vi visat att det på ett tidssteg av en kvart kan vara svårt att få bra överensstämmelse mellan uppmätt nederbörd och serien i samma HIPRAD ruta. Stationerna och HIPRAD uppvisar en liknande fördelning av nederbörd men skillnaderna är som störst för de intensivaste regnen. Försök att hitta fall över en hög tröskel och kort varaktighet samtidigt i en kommunal mätare och omgivande HIPRAD-rutor har inte varit framgångsrikt. Ett ämne för vidare forskning är att försöka jämföra viktade medelvärden av nederbörd från flera stationer och HIPRAD över ett större område.

a

b



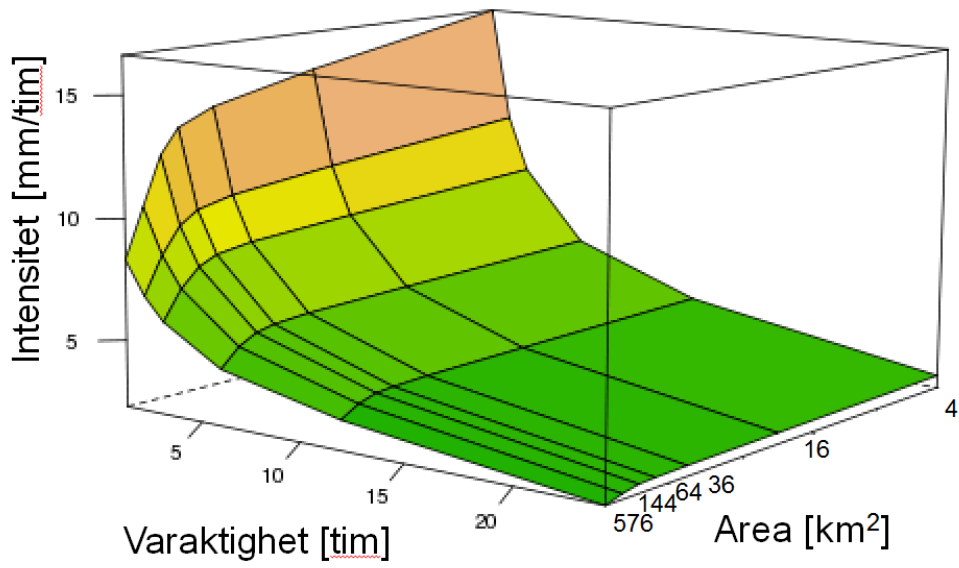
Figur 11: Sammanlagd nederbörd i Malmö mellan midnatt och 12.00 den 31 juli 2014 enligt kommunala mätningar (a) och HIPRAD i motsvarande gridruta (b)

## Bilaga IX.2 Möjligheter till rumsliga analyser med HIPRAD

HIPRADs rumsliga täckning möjliggör studier av skyfallens påverkan på olika rumsskalor, till exempel hur stor påverkan är över ett avrinningsområde, en stad eller dylikt. Här förenklar vi problemet genom att endast studera olika kvadratiska områden av olika areor. För en region i södra Sverige har ett område på  $48 \times 48$  gridpunkter valts ut, det vill säga  $96 \times 96$  km<sup>2</sup> med HIPRADs grundupplösning på  $2 \times 2$  km<sup>2</sup>. Området delas upp i mindre områden med sidan 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48 km. Efter en medelvärdesbildning av nederbördsintensiteten i varje område med en timmesdata beräknas återkomsttider med samma metod som i övriga analyser (se Bilaga II.6).

Figur 12 visar 10-års återkomstnivåer och den svarta linjen längst bak i figuren motsvarar alltså 10-års återkomsttid enligt resultaten som visats i huvudrapporten, men för en mindre region. Med ökad area minskar intensiteten som trivialt resultat av medelvärdesbildningen. Vid area omkring 34 till 64 km<sup>2</sup> sker en signifikant ändring i avtagandet i intensitet till en mycket snabbare takt. Detta indikerar storleken på de regnområden som är orsak till skyfallen och när medelvärdesbildningen sker över större ytor tas även gridpunkter utan regn med i medelvärdet vilket kraftigt minskar medelintensiteten.

Användningsområdet för ytor som i Figur 12, kan vara vid dimensionering enligt totala regnvolymer över ett avrinningsområde med en viss area  $A$ . Ett 10-årsregn skulle till exempel kunna ge totala vattenvolymer på cirka  $15[\text{mm/tim}] * A[\text{km}^2] = 15A$  m<sup>3</sup> under en timme. Diagrammet innehåller alltså även information om den rumsliga komponenten och sammanfattar extrema regn vid olika varaktigheter och areor.



Figur 12. Ett så kallat IDAF (Intensity-Duration-Area-Frequency) diagram för en region i Södra Sverige för 10 års återkomsttid.