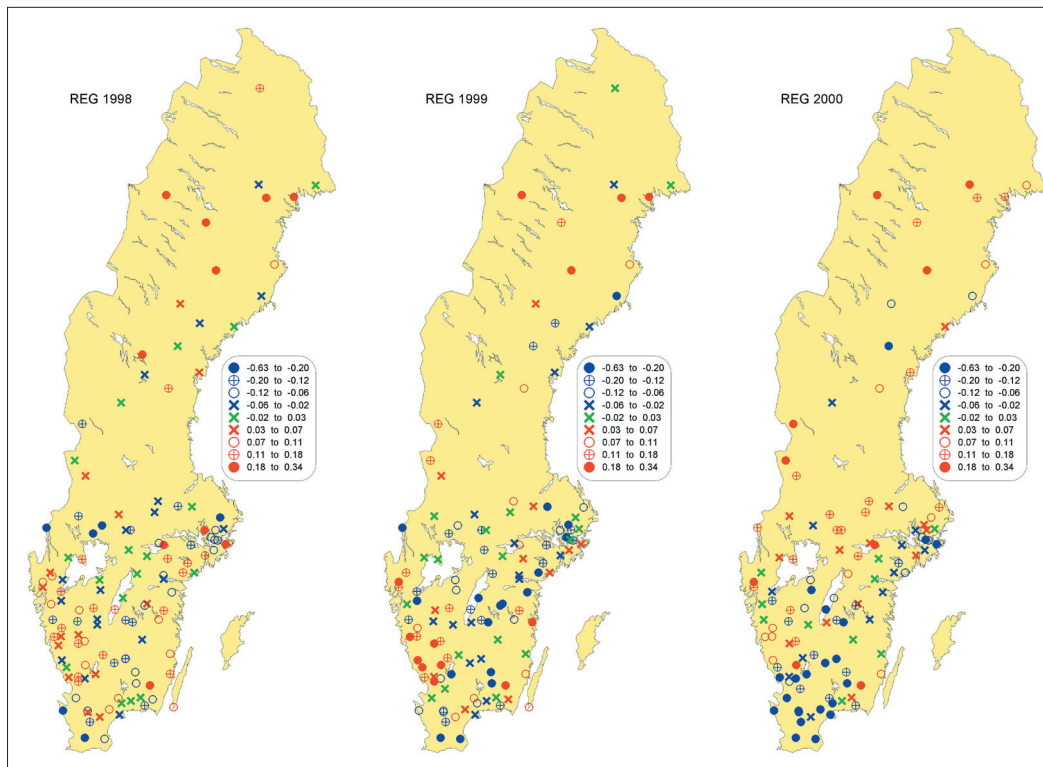




Kvaliteten i uppmätta nederbördsmängder inom svenska nederbördskemiska stationsnät

Kvaliteten i uppmätta nederbördsmängder inom svenska nederbördskemiska stationsnät

Christer Persson, Mikael Magnusson

Uppdragsgivare

**Naturvårdsverket Nationell Miljöövervakning
Delprogram Luft**

**Länsstyrelsernas regionala miljöövervakning
som IVL leder på uppdrag av länsstyrelser,
luftvårdsförbund och kommuner**

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	4
SUMMARY	4
1 BAKGRUND	6
2 SYFTE	6
3 METEOROLOGISKA OCH NEDERBÖRDSKEMISKA STATIONER	6
3.1 SMHIs nederbördsstationer	6
3.2 Det svenska nederbördskemiska EMEP-nätet	7
3.3 Det svenska nederbördskemiska PMK-nätet (LoN-nätet)	8
3.4 Regionala nederbördskemiska stationsnät i flertalet län	8
4 OBJEKTIV ANALYS AV NEDERBÖRDSMÄNGDER ÖVER SVERIGE	9
5 JÄMFÖRELSE MELLAN UPPMÄTT NEDERBÖRD OCH OBJEKTIVA NEDERBÖRDSANALYSER	10
5.1 Metodik	10
5.2 Resultat för de olika stationsnäten 1998-2000	11
5.2.1 SMHIs stationsnät	11
5.2.2 Det svenska nederbördskemiska EMEP-nätet	14
5.2.3 Det nationella nederbördskemiska PMK-nätet (LoN-nätet) 1998-2000	16
5.2.4 Regionala nederbördskemiska stationsnät på länsnivå 1998-2000	19
5.3 Resultatdiskussion	22
5.3.1 Förklarad varians	22
5.3.2 Normaliserad differens	24
5.4 Jämförelse mellan två REG-mätare vid samma station	25
6 RESULTATENS BETYDELSE FÖR KARTLÄGGNING AV FÖRORENINGSDEPOSITIONEN ÖVER SVERIGE	27
7 SLUTSATSER	27
8 REFERENSER	28

SAMMANFATTNING

För att uppmätta föroreningshalter i vecko- eller månadsprover från de svenska nederbörds-kemiska stationsnäten EMEP, PMK (svenska Luft- och Nederbörds-kemiska nätet) och REG (regionala nederbörds-kemiska stationsnät, som drivs av IVL i flertalet län, här sammanförda till ett nät) ska vara riktiga krävs att den uppmätta nederbördsmängden vid varje station och nederbördstillfälle är representativ för den nederbördsmängd som verkligen fallit. Korrekt bestämda föroreningshalter i nederbörden är i sin tur en förutsättning för att den beräknade våtdepositionen ska bli korrekt. Detta gäller oavsett om våtdepositionsberäkningarna baseras enbart på nederbörds-kemiska mätdata eller om MATCH-Sverige modellen, som inkluderar förenklad dataassimilation av föroreningshalter, utnyttjas. Det är emellertid svårt att mäta upp korrekta nederbördsmängder, flera felkällor finns.

I denna studie har en utvärdering gjorts av kvaliteten i uppmätta nederbördsmängder inom de svenska nederbörds-kemiska stationsnäten. Detta har gjorts med hjälp av objektivt analyserade nederbördsfält över Sverige, baserade på SMHIs samtliga nederbördsstationer samt fjärranalysdata. Resultaten visar att det under vissa perioder under 1998-2001 finns brister i kvaliteten för uppmätta nederbördsmängder vid de svenska EMEP-stationerna Aspvreten och Vavihill och att nederbörds-mätningarna inom PMK- och REG-näten visar bristande kvalitet under vinterhalvåret. Det finns dessutom systematiska skillnader i uppsamlingseffektivitet mellan sommar- och vinterhalvår vid dessa båda stationsnät.

För EMEP-stationerna är de största avvikelserna i uppmätt nederbördsmängd troligen orsakade av tekniska fel på locksamlarna, som påverkar den automatiska öppningen av locken i samband med nederbörd.

En möjlig orsak till kvalitetsbristerna i uppmätt nederbördsmängd under vintern vid PMK- och REG-näten är utnyttjandet av de s.k. snösäckarna som används under vinterhalvåret oavsett väderförhållanden. Praktiska studier och CFD-beräkningar (strömningsmodell) vid SMHI visar att detaljutformningen av nederbördsmätarna kan ha avsevärd betydelse för uppsamlingseffektiviteten av nederbörd. Snösäckarna kan innebära en betydande påverkan på de aerodynamiska förhållandena runt provtagarna, och därmed kan uppmätt nederbördsmängd under vinterhalvåret variera beroende på såväl vindhastighet, vindriktning, storleken på regndroppar/snöflingor, om det är regn eller snö samt på den lokala placeringen av provtagaren. Det kan dessutom finnas systematiska skillnader mellan PMK- och REG-näten, eftersom principerna för hur provtagarna placeras skiljer sig något åt mellan de båda stationsnäten.

Såväl snösäckar som locksamlare har utnyttjats under många år och de variationer i uppsamlingseffektivitet för nederbörd som dessa orsakar kan vara bidragande orsaker till de skillnader i beräknad deposition, som har erhållits beroende på vilket stationsnät och vilka beräkningsmetoder som utnyttjats.

SUMMARY

High quality measurements of precipitation amounts in precipitation chemistry networks are of large importance in order to obtain correct information concerning concentrations in precipitation as well as wet deposition of air pollutants.

In this study the quality of measured precipitation amounts at each of three different Swedish precipitation chemistry networks has been investigated. For shorter periods during 1998-2001 quality deficiencies were found at two Swedish EMEP stations. The reason to that seems to be technical problems with the lid samplers used at that network.

For the Swedish air and precipitation chemistry network (PMK) and the regional network (REG) deficiencies in precipitation measurements were found for the winter seasons. Very large scatter in precipitation amounts was obtained when comparisons were made with objective interpolated precipitation fields based on all SMHI observations. The reason to this disagreement is assumed to be the use of “snow-sacks” on the samplers during the winter half-year regardless of weather condition. These “snow-sacks” are assumed to influence the aerodynamic conditions around the samplers and thus also influence the efficiency in sampling raindrops and snowflakes.

Keywords: Precipitation chemistry network, PMK, regional network, EMEP, precipitation sampler, wet deposition

1 BAKGRUND

Beräkningar av våtdepositionen av föroreningar över Sverige görs idag dels genom direkt utnyttjande av uppmätta nederbördshalter och nederbördsmängder vid olika nederbördskemiska stationsnät, dels genom att MATCH-Sverige modellen (Persson m.fl., 1995) utnyttjas för kartläggning av både våt- och torrdeposition. Dessutom finns en tredje möjlighet, att med hjälp av EMEP- eller MATCH-modellen på Europaskala rent teoretiskt beräkna våt- och torrdepositionens fördelning över Sverige. Sådana europaskaliga modellberäkningar baseras enbart på emissionsdata samt detaljerade meteorologiska 3-D data för Europa, dvs utan att atmosfärkemiska mätdata utnyttjas.

Vid såväl direkt utnyttjande av nederbördskemiska mätdata för kartläggning av våtdepositionen, som vid utnyttjande av MATCH-Sverige modellen där en förenklad dataassimilation av både luft- och nederbördskemiska mätdata ingår, är det av avgörande betydelse att den uppmätta nederbördsmängden vid varje nederbördskemisk station är representativ för den nederbördsmängd som verkligen fallit. Om inte de uppmätta nederbördsmängderna vid de nederbördskemiska stationerna är representativa blir inte heller den beräknade våtdepositionen korrekt, se t.ex. (Persson 2002).

2 SYFTE

I den inom svensk miljöövervakning utnyttjade MATCH-Sverige modellen ingår en enkel form av dataassimilation av nederbördskemiska mätdata. En översiktlig studie (Persson, 2002) av hur kvaliteten på dessa nederbördskemiska mätdata kan påverka MATCH-Sverige modellens resultat visade att det kan förekomma problem med uppmätta nederbördsmängder vid de nederbördskemiska stationerna, och att dessa problem i sin tur kan leda till fel i uppmätta föroreningshalter i nederbörden och i beräknad våtdeposition. Även Ugglå m.fl. (2003) berör dessa problem. Syftet med denna studie är att i större detalj än i de båda ovanstående studierna undersöka kvaliteten vad gäller uppmätta nederbördsmängder vid de tre viktigaste svenska nederbördskemiska stationsnäten. Samma tidsperiod (1998-2001) som undersöktes i den tidigare studien (Persson, 2002) redovisas i denna rapport.

3 METEOROLOGISKA OCH NEDERBÖRDSKEMISKA STATIONER

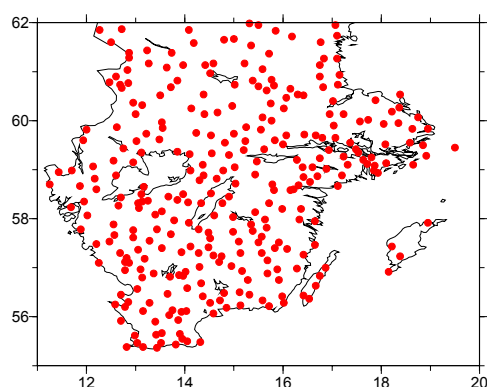
Det är svårt att mäta upp korrekta nederbördsmängder, flera felkällor finns. Betydande fel kan uppstå p.g.a. vindförluster vid kraftig vind – speciellt i samband med snönedbörd. SMHI har sedan många år utnyttjat olika typer av vindskydd för att minska vindförlusterna.

3.1 SMHIs nederbördsstationer

SMHI arbetar f.n. med två olika stationsnät för nederbördsmätningar, dels ett äldre manuellt nät, dels ett nät med automatstationer. Dessa två nät har olika typer av mätare med olika utformade vindskydd. I (Persson, 2002) redovisas en jämförelse mellan närbelägna SMHI-stationer baserad på (Alexandersson, 2000), där det framgår att för stationer på mindre än 100 m avstånd är den förklarade variansen (R^2 -

värdet) minst 96% (även för en så blåsig station som Landsort). Det finns dock en systematisk skillnad i månadsmedelvärden mellan manuella och automatiska stationer, med något mindre nederbörds mängder vid de automatiska stationerna. Detta förklaras - åtminstone delvis - av att automatstationerna systematiskt (av andra skäl) har placerats på mera öppna platser och ofta på någon liten kulle.

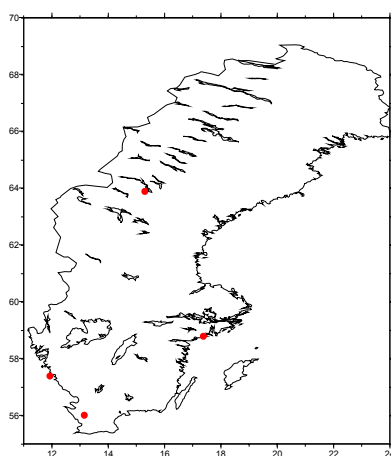
Vi utnyttjar i denna studie data från SMHIs väl undersökta stationsnät för nederbörds mätningar och jämförelser görs med mätresultat från de tre viktigaste svenska nederbörds kemiska stationsnäten. Det är välkänt att representativiteten för nederbörds mängdsmätningar är betydligt sämre i kuperade och blåsiga miljöer med mycket snönederbörd. Det gäller även SMHIs stationsnät. Vi koncentrerar därför jämförelserna på den del av Sverige som ligger syd 62° N där SMHIs stationsnät är tätast, inga fjällområden ingår och mätningarna håller högst kvalitet. Placeringen av de SMHI-stationer som ingår i studien, ca 400 stationer, framgår av kartan i figur 1.



Figur 1. Geografisk placering av SMHIs ca 400 nederbördsstationer som har använts i studien.

3.2 Det svenska nederbörds kemiska EMEP-nätet

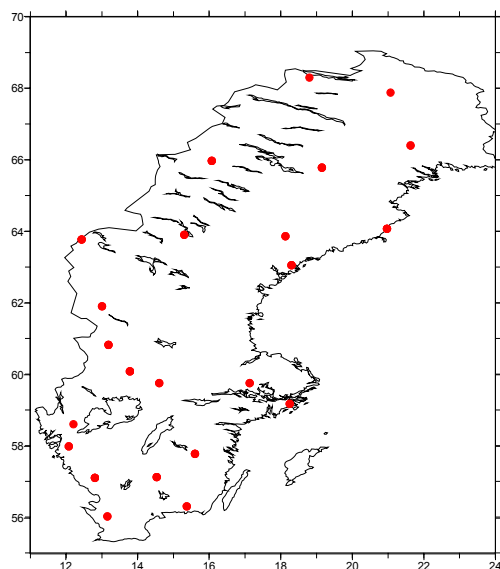
Det svenska nederbörds kemiska EMEP-nätet bestod under den studerade perioden som mest av fyra stationer, se karta i figur 2. Dessa är Bredkålen, nordost om Östersund, Aspvreten på Sörmlandskusten, Rörvik söder om Göteborg samt Vavihill i centrala Skåne. Rörvik hade under perioden dygnsprovtagning, medan de tre övriga hade veckoprovtagning samt ett kompletterande prov för att kunna bilda månadsvärde. EMEP-stationen Aspvreten lades ner under slutet av perioden.



Figur 2. De svenska EMEP stationernas geografiska placering

3.3 Det svenska nederbördskemiska PMK-nätet (LoN-nätet)

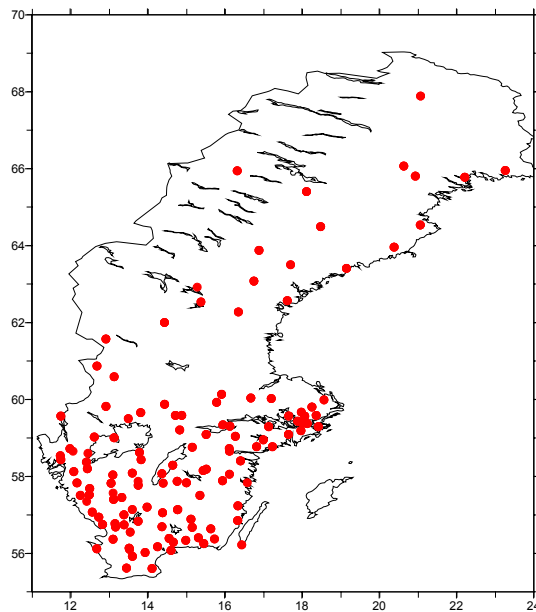
Det svenska Luft och Nederbördskemiska (LoN) stationsnätet, ofta benämnt PMK-nätet som är det äldre namnet på samma stationsnät, består av ca 30 stationer. Stationernas placering framgår av kartan i figur 3. Samtliga stationer tar månadsprover. Det bör observeras att under en stor del av vinterhalvåret är dessa stationer utrustade med en s.k. snösäck, som syftar till att förbättra insamlingseffektiviteten vid snönederbörd. Denna typ av snösäck har utnyttjats inom PMK-nätet sedan 1970-talet.



Figur 3. Lokaliseringen av PMK-stationerna som har använts i studien.

3.4 Regionala nederbördskemiska stationsnät i flertalet län

De regionala nederbördskemiska stationsnäten, som drivs av IVL i flertalet län, har här sammanförts till ett regionalt nät som här betecknas REG. Totalt ingår ca 130 stationer under den tidsperiod som denna studie omfattar, med placeringar som framgår av figur 4. Samtliga stationer tar månadsprover och är utrustade på samma sätt som PMK-nätet. Det innebär alltså att även REG-nätet utnyttjar de s.k. snösäckarna.



Figur 4. Regionala stationer som har använts i studien.

4 OBJEKTIV ANALYS AV NEDERBÖRDSMÄNGDER ÖVER SVERIGE

För att strikt kunna undersöka eventuella skillnader i uppmätta nederbördsmängder mellan de olika nederbördschemiska stationsnäten och SMHIs nederbördsnät krävs att samtliga stationsnät är lokaliserade till samma platser och att de olika mätkärlen är placerade på samma sätt. Så är emellertid inte alls fallet i verkligheten. Inte i något fall är en nederbördschemisk station samlokaliserad med en SMHI-station, varför vi vid jämförelserna i stället har utnyttjat geografiska analyser av den SMHI-uppmätta nederbörden över Sverige.

I SMHIs basproduktion ingår en rutinmässig objektiv analys av nederbördsmängder över Sverige baserad på all tillgänglig information i form av manuella och automatiska nederbördsmätningar vid SMHI, radardata, satellitdata, vindobservationer etc. Dessa analyser görs rutinmässigt för såväl 3h, 12h, dygn som månad och bygger på optimal interpolation (OI), eller som den också kallas, statistisk interpolation, se (Häggmark m.fl, 1997). De observerade nederbördsmängder som rutinmässigt utnyttjas som indata till OI-analyserna, är noggrant kvalitetskontrollerade. Dessutom görs en automatisk kvalitetskontroll av mätdata i samband med OI-analysen. Nederbördsmängderna på månadsbasis har därefter, inom ramen för miljöövervakningsarbetet med MATCH-Sverige, korrigerats något med interpolationsmetoder utvecklade av Alexandersson (2003) och lagrats i fältdataform (11x11 km rutnät) över Sverige. Vid denna interpolation görs även en modifiering av nederbördsmängderna med hänsyn till topografin. Det är viktigt att notera att de nederbördsmängder i fältdataform som utnyttjas i denna studie avser uppmätta nederbördsmängder som inte korrigerats p.g.a. vindförluster eller avdunsningsförluster. De fältanalyserade nederbördsmängderna är alltså i detta fall direkt jämförbara med uppmätta nederbördsmängder. Det bör dock observeras att optimal interpolation medför att en viss utjämning erhålles mellan närbelägna mätstationer, jämfört med vad mätvärdena visar.

5 JÄMFÖRELSE R MELLAN UPPMÄTT NEDERBÖRD OCH OBJEKTIVA NEDERBÖRDSANALYSER

5.1 Metodik

Den metodik som valts för jämförelser av uppmätta nederbördsmängder mellan de olika nederbördskemiska stationsnäten och SMHIs nederbördsnät bygger på att en objektiv analys av den SMHI-uppmätta nederbörden över Sverige utnyttjas som referens. Uppmätta nederbördsmängder vid samtliga nederbördskemiska stationsnät och SMHIs nederbördsnät jämförs med denna referens. Denna referens utgör dock inte någon "absolut sann" bild av de verkliga nederbördsmängderna över Sverige, men den torde vara av god kvalitet eftersom den bygger på data från SMHIs samtliga operationella nederbördsmätningar vilka kontinuerligt kvalitetskontrolleras.

För att illustrera hur väl objektivt fältanalyserade nederbördsmängder överensstämmer med uppmätta nederbördsmängder har jämförelser gjorts med mätdata från SMHIs mätstationer. Jämförelser har gjorts dels mellan den kompletta nederbördsanalysen och samtliga SMHI-mätstationers data (som då är statistiskt beroende data), dels genom en s.k. korsvalidering då jämförelser görs med oberoende data från SMHI-stationer. Den kompletta nederbördsanalysen kan antas ligga närmast den sanna nederbördsfördelningen över landet, eftersom den baseras på SMHIs samtliga mätstationer. Någon verklig verifiering av denna kan dock inte göras, eftersom oberoende mätdata av hög kvalitet saknas. En jämförelse mellan den objektivt analyserade nederbörden och mätdata från SMHIs samtliga nederbördsstationer (som alltså är statistiskt beroende data), interpolerade till stationspunkten, ger endast information om hur stor betydelse den utjämnande effekten har i de statistiska nederbördsanalyserna. Uppmätta nederbördsmängder och objektivt fältanalyserad nederbörd ger aldrig exakt samma värde, bl.a. beroende på att data från fältanalysen representerar ett medelvärde i varje beräkningsruta. I denna studie utnyttjas fält med en rutstorlek på 11x11 km.

Vid korsvalideringen har tio stycken nya statistiska interpolationer gjorts av nederbördsfördelningen över Sverige för perioden 1998-2000 där vid varje tillfälle endast mätdata från ca 97% av samtliga SMHI-stationer utnyttjats. Resterande – tolv stycken slumpmässigt utvalda stationer, en station från var och en av tolv regioner söder om 62°N – har vid varje tillfälle använts som oberoende mätdata för en validering av den aktuella interpolationen. Dessa tolv regioner har valts så att stationstätheten för de objektivt analyserade nederbördsfälten vid valideringen ungefär överensstämmer med motsvarar stationstäthet då jämförelser görs med PMK- och REG-stationerna. Genom att upprepa detta förfarande tio gånger har totalt 120 stationer, dvs. ca 30% av SMHIs samtliga stationer söder om 62°N, utnyttjats som oberoende mätdata i korsvalideringen.

Nederbördsdata från de nederbördskemiska stationsnäten (som givetvis utgör oberoende data) har också jämförts mot den kompletta objektiva nederbördsanalysen. Det fältanalyserade värdet kan då sägas representera ett uppskattat värdet för vad en SMHI-mätning skulle ha gett om SMHI-mätaren hade varit placerad på samma plats som den nederbördskemiska mätstationen. I studien har en uppdelning gjorts mellan hela datamängden och de data som avser nederbördsstationer söder om 62°N. Orsaken till att vi valt att endast studera data från stationer söder om 62°N är att vi vill undvika att inkludera data från t.ex. fjällområdena där osäkerheterna i uppmätta nederbördsmängder är betydligt större än i övriga Sverige. Stationstätheten i SMHIs nät är dessutom

betydligt större i den södra delen av landet, vilket innebär att de objektiva analyserna av nederbördsfält endast i ringa utsträckning är beroende av en enstaka station.

För EMEP stationerna har ingen specialstudie gjorts för de sydliga stationerna, eftersom antalet stationer är få och ingen station är fjällokaliserad.

Jämförelser mellan uppmätt och objektivet fältanalyserad nederbördsmängd har genomförts för några olika medelvärdestider och statistiska mått.

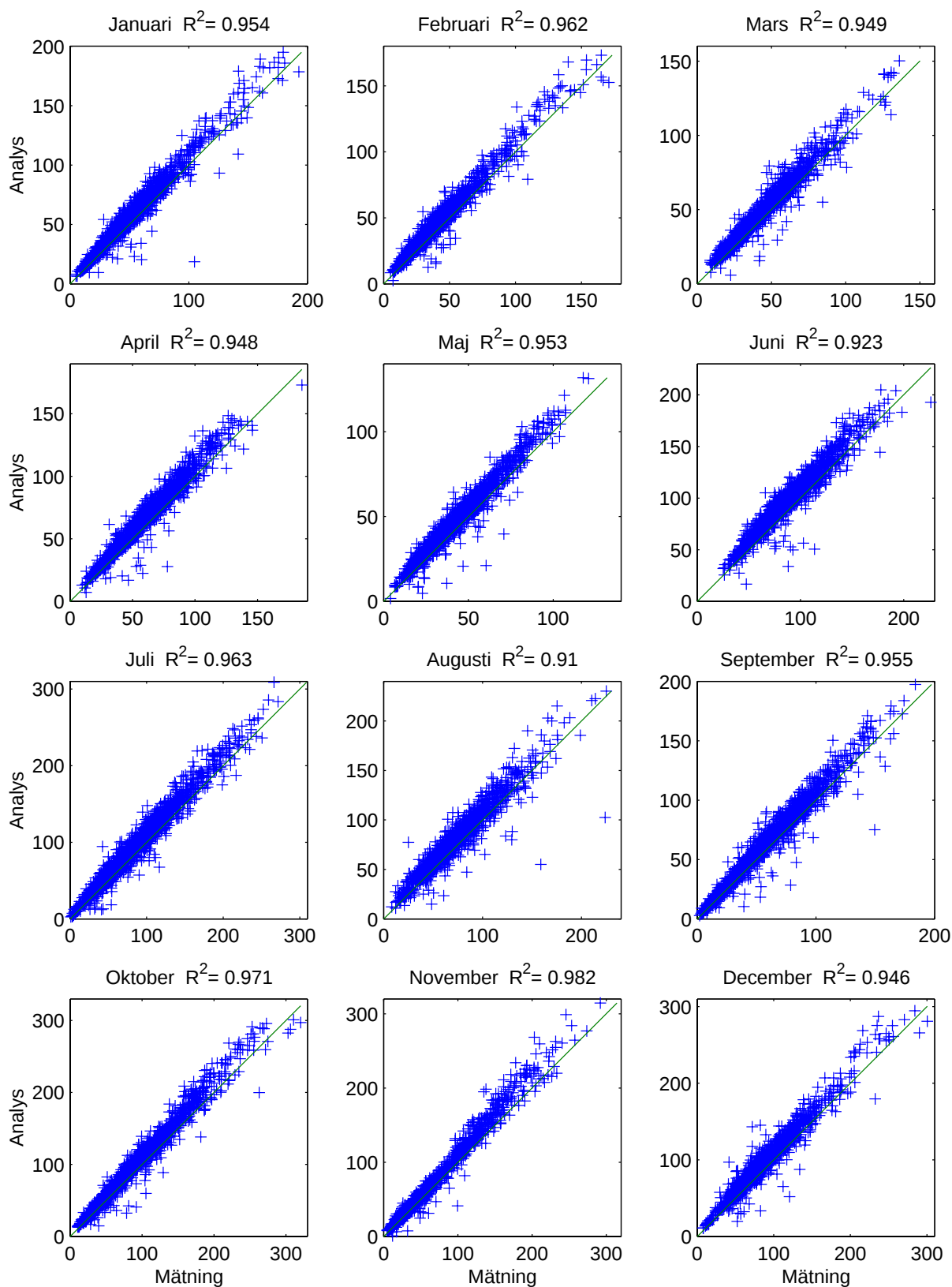
- 1) Nederbördsmängderna har studerats för ackumuleringsstid år, kvartal och månad. Flertalet resultatpresentationer avser månad, som ger den bästa beskrivningen av variationer över året. De längre ackumuleringsstiderna har främst inkluderats för att reducera betydelsen av att PMK- och REG-stationerna ibland kan ha en provtagningsdag som avviker något från den 1:a i varje månad.
- 2) Regressionsanalys mellan uppmätt och fältanalyserat värde har använts för att ta fram förklarad varians (R^2 -värde). Förklarad varians är kvadraten på korrelationskoefficienten. Ju närmare värdet ett, desto mer samvarierande är data.
- 3) Normaliserad differens avser skillnaden mellan uppmätt och fältanalyserad nederbördsmängd dividerat med analysvärdet. Genom att använda normaliserad differens som mått på avvikelse får man bort beroendet av mängd nederbörd. Ju närmare värdet noll desto mer lika är de mätta och de fältanalyserade värdena.
- 4) Skillnaden mellan 90 percentil och 10 percentil av normaliserade differensen har studerats för att få ett mått på spridningen i data.

5.2 Resultat för de olika stationsnäten 1998-2000

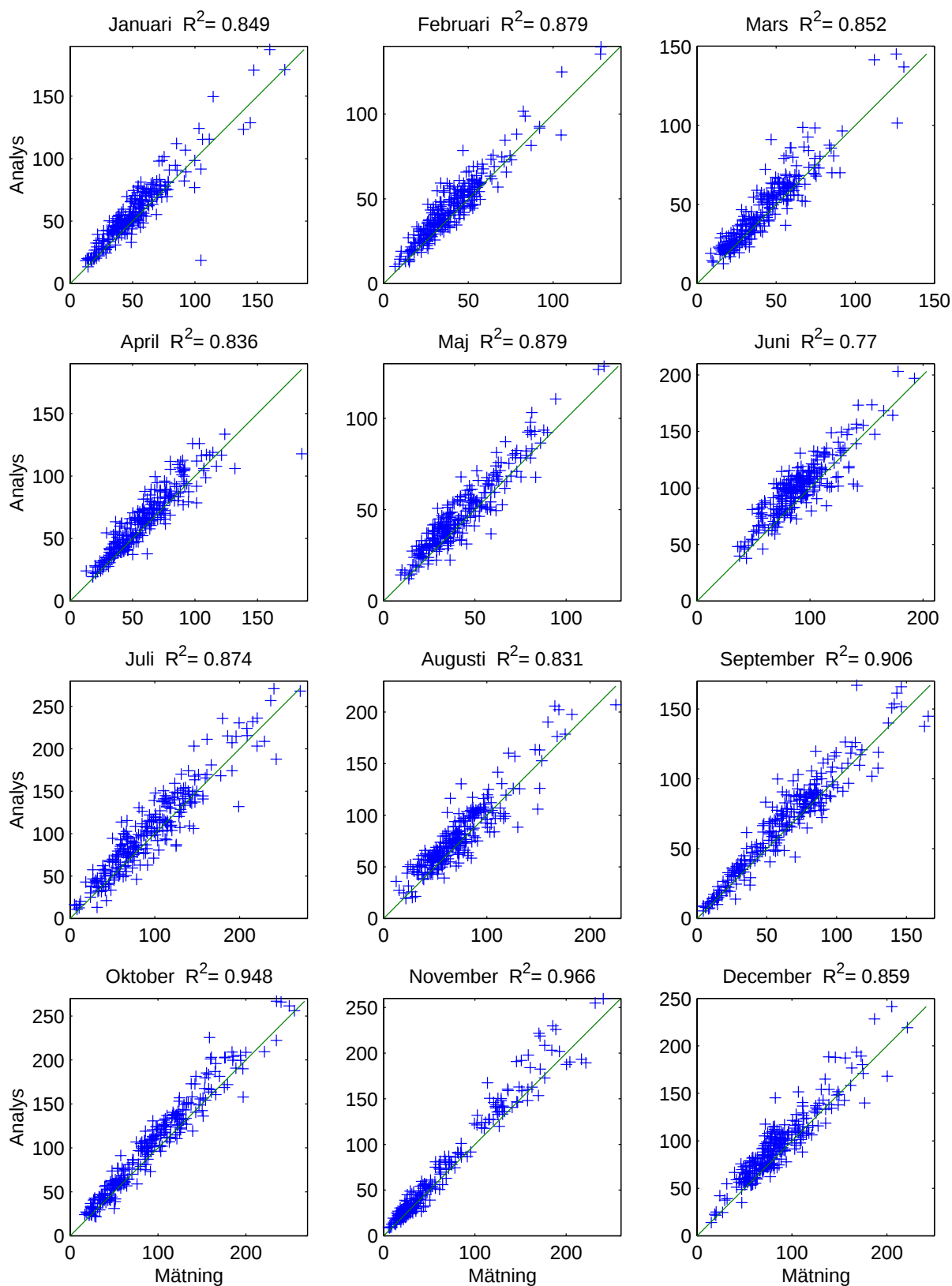
5.2.1 SMHIs stationsnät

Jämförelser månadsvis mellan beroende mätdata från SMHIs stationsnät och värden från de ordinarie fältanalyserade nederbördsfälten (baserade på SMHIs samtliga observationer) framgår av figur 5 i form av spridningsdiagram. De statistiskt interpolerade nederbördsfälten överensstämmer för de allra flesta stationerna och provtagningsstillfällena mycket väl med mätdata. De avvikelser som finns beror på att de statistiska interpolationsmetoderna medför en viss utjämning av mätdata, som blir speciellt märkbar för perioder då nederbörden i huvudsak varit konvektiv, dvs. då kraftiga, men lokala, regnskurar och åskväder svarat för huvuddelen av den uppmätta nederbörden. I sådana situationer är SMHIs samlade nederbördsobservationer otillräckliga för en verkligt noggrann kartläggning av nederbördsfördelningen över Sverige. Den förklarade variansen för månadssvärden är 0,91-0,98 med genomgående höga värdena under höst och vinter och det lägsta värdet för augusti, som är den tid under året då lokal skurnederbörd är vanligast.

Av figur 6 framgår motsvarande jämförelser baserade på den korsvalidering med oberoende mätdata som beskrivs i avsnitt 5.1. Det framgår att spridningen är större och den förklarade variansen lägre. Detta beror givetvis på att mätdata från SMHIs stationer i detta fall utgör oberoende data. Den datamängd som utnyttjas för korsvalideringen utgör dessutom endast knappt 30% av SMHIs samtliga stationer söder om 62°N. Den förklarade variansen för månadssvärden är 0,77-0,97 med de högsta värdena under höst och vinter och det lägsta värdet för juni månad.



Figur 5. Jämförelser månadsvis för åren 1998-2000 mellan objektivt fältanalyserade (Analys) och uppmätta (Mätning) nederbördsmängder vid SMHI:s stationer då mätningarna utgör beroende data.

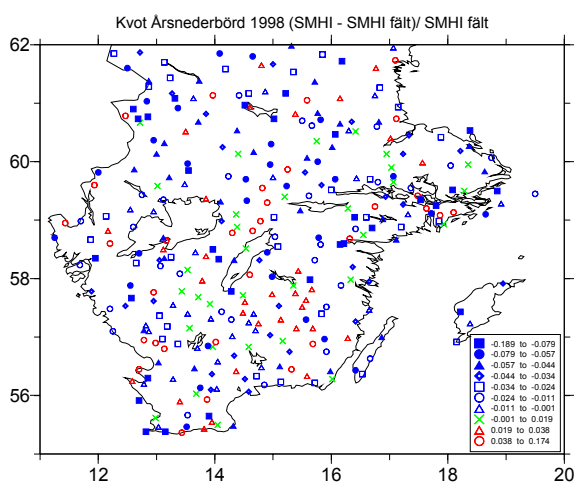


Figur 6. Jämförelser månadsvis för åren 1998-2000 mellan objektivt fältanalyserade (Analys) och uppmätta (Mätning) nederbördsmängder vid SMHI:s stationer då mätningarna utgör oberoende data.

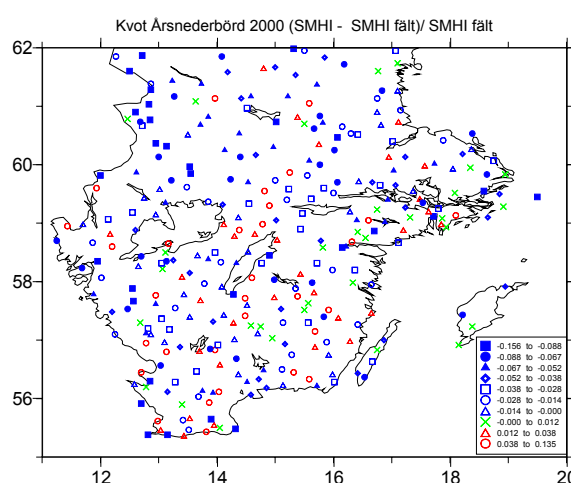
Det framgår av jämförelserna mellan SMHI-stationernas mätvärden och de objektivt analyserade nederbördsfälten i figur 5 och 6, för såväl beroende som oberoende data, att de analyserade nederbördsfälten i allmänhet ger något större nederbördsvärden än

mätningarna. Detta sammanhänger troligen med den metodik för korrektion för topografiska effekter som ingår i den objektiva analysen av nederbördsfält.

För att få en uppfattning om den geografiska fördelningen av hur de objektiva nederbördsanalyserna skiljer sig från de beroende mätvärdena återges ett par exempel på kartpresentationer över normaliserad differens för årsvärden i figurerna 7 och 8. Det finns inga tydliga storskaliga geografiska skillnader vad gäller den normaliserade differensen och 80% av alla mätdata ligger inom intervallet -8% till $+4\%$ för beroende årsdata. Däremot framgår det att vissa stationer systematiskt ligger lite lägre alternativt lite högre än vad de objektiva analyserna ger, vilket kan bero dels på om det är en manuell eller automatstation, dels på stationens lokala placering. Negativa värden innebär i denna presentation att de uppmätta nederbördsmängderna är mindre än de fältanalyserade.



Figur 7. Normaliserad differens (Mätning-Analys)/Analys avseende årsnederbörd 1998 för beroende data från SMHI stationer. Varje intervall omfattar 10% av stationerna.

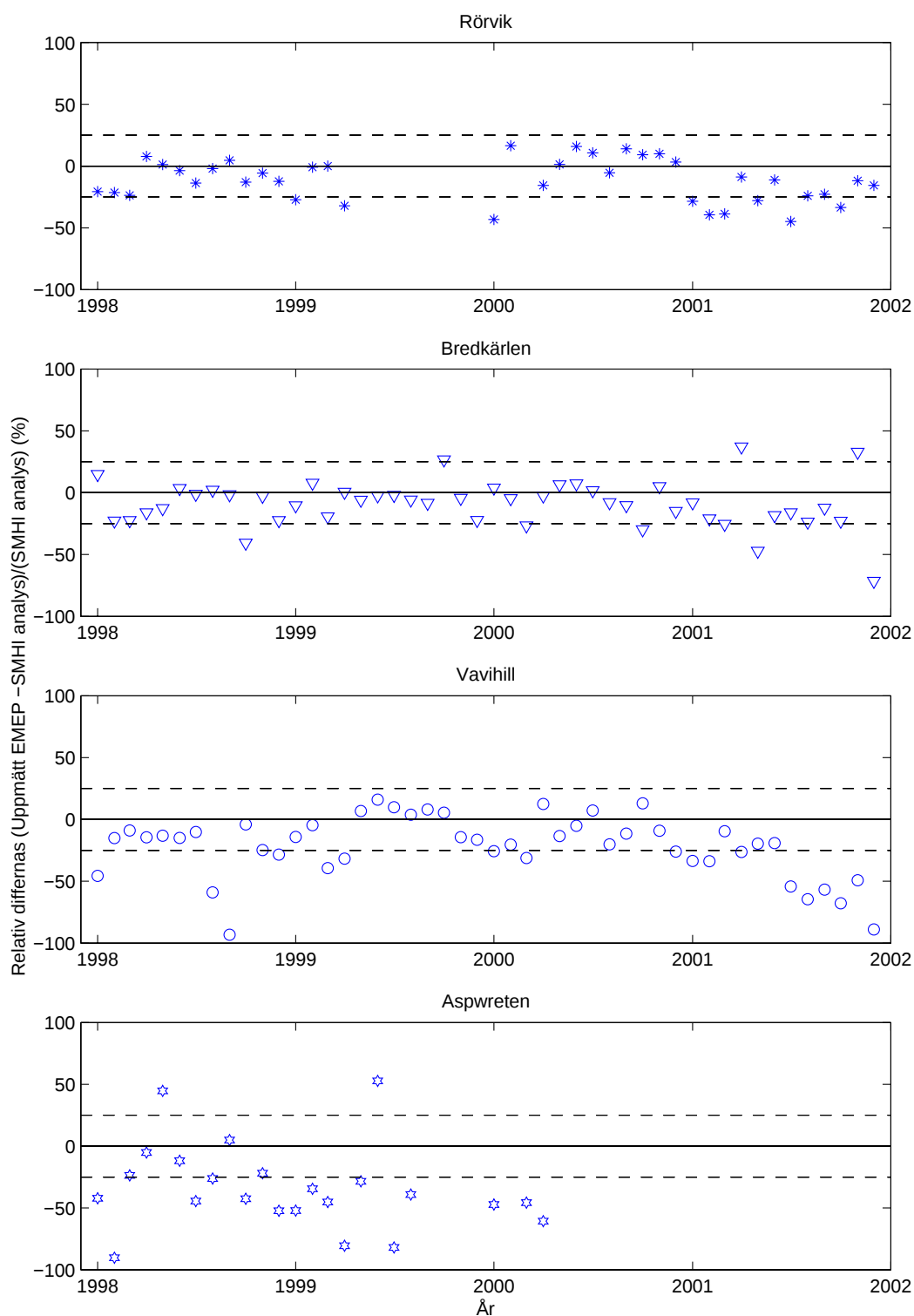


Figur 8. Samma som figur 7 men avseende år 2000.

5.2.2 Det svenska nederbördskemiska EMEP-nätet

För de fyra svenska EMEP-stationerna som var i drift under hela eller delar av perioden 1998-2001 har tidserier avseende normaliserad differens för de individuella stationerna tagits fram, se figur 9. Negativa värden anger att EMEP-stationens mätvärde är lägre än vad den objektiva nederbördsanalysen ger. Dessa stationer saknar det typ av vindskydd som utnyttjas vid SMHI:s stationer, varför det är rimligt att förvänta sig en något för liten uppmätt nederbördsmängd vid dessa stationer. Så är också fallet i genomsnitt för Rörvik och Bredkålen. Spridningen i data är dock något större än motsvarande jämförelse baserad på oberoende SMHI-stationer. För Rörvik ligger knappt 30% och för Bredkålen 20% av månaderna under perioden 1998-2001 utanför intervallet $\pm 25\%$ jämfört med de objektiva analyserade nederbördsfälten. Motsvarande siffra för oberoende SMHI-stationer är ca 15%.

För Aspvreten, som lades ner år 2000, är resultaten mycket otillfredsställande för perioden före nedläggningen. Flertalet månader under 1998-2000 hamnade kring -50% av den objektiva analyserade nederbördsmängden på platsen, samtidigt som några enstaka månader redovisade ca $+50\%$.



Figur 9. Tidsserie för normaliserad differens av nederbörds mängd (Mätning-Analys)/Analys för de fyra svenska EMEP stationerna. Helledragen linje indikerar differensen noll, streckade linjer markerar normaliserad differens på $\pm 25\%$.

Vavihill visar under perioden 1998 till mitten av 2000 månadsnederbörds värden som i genomsnitt ligger relativt nära den objektivt analyserade nederbörds mängden. Det finns en liten tendens till att nederbörds mängderna underskattas under vinterperioderna och ibland överskattas något under sommaren. Tre månader under 1998 har dock mycket avvikande värden, -50% till nästan -100%. Från slutet av år 2000 visar Vavihill en trend mot allt mindre uppmätt mängd nederbörd. Under andra halvan av 2001 ligger

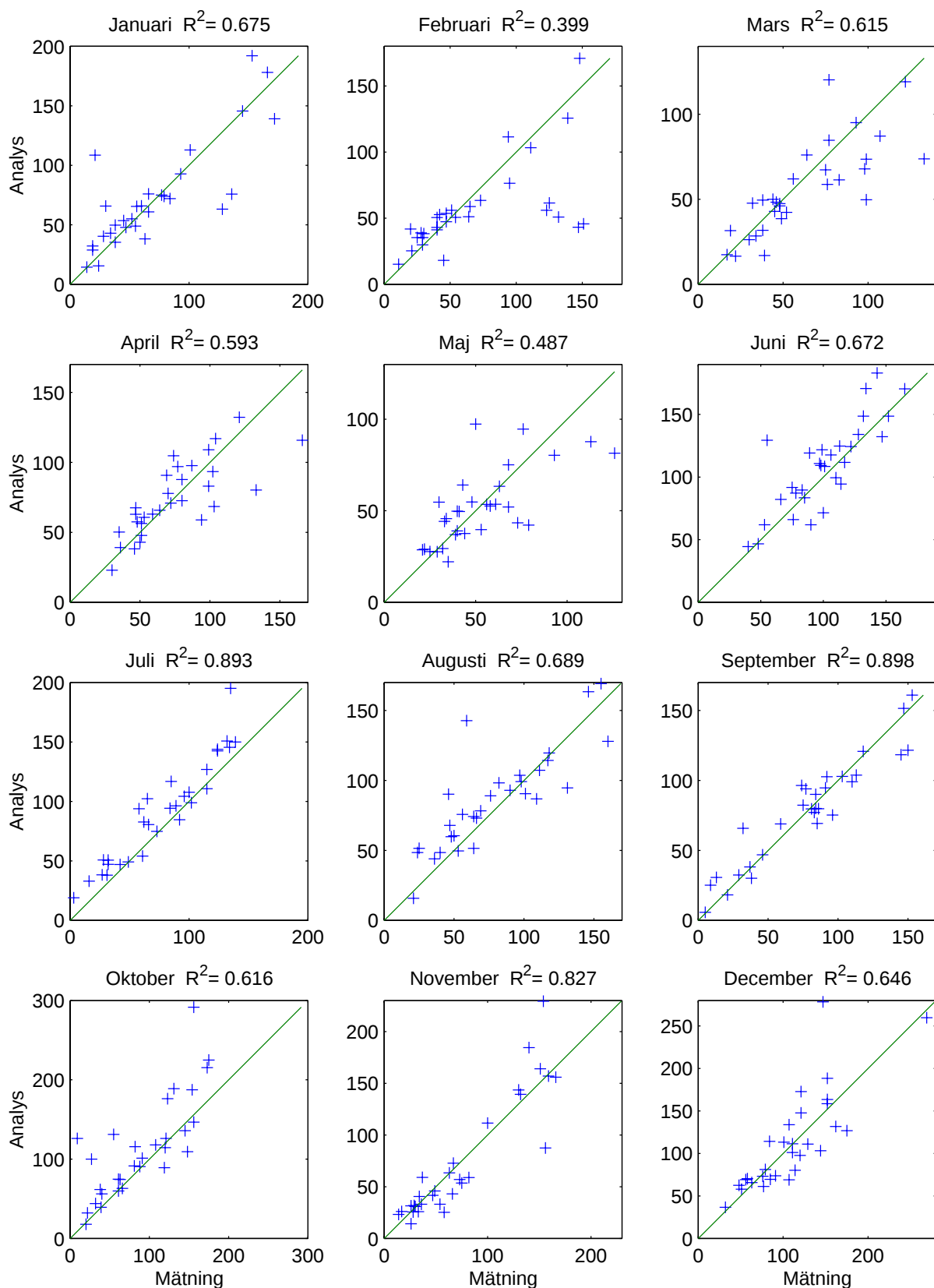
månadsvärdena med en avvikelse på -50% till -90% av objektivt analyserad nederbördsmängd på platsen. Detta är givetvis en mycket anmärkningsvärd skillnad, som också ingående diskuteras i (Persson, 2002), och som har mycket stor betydelse vid beräkning av såväl föroreningshalter i nederbörd som föroreningsdepositioner.

Bristen på vindskydd till EMEP-stationernas provtagare kan endast förklara en liten del av den stora underskattning i nederbördsmängd som uppträder vid flera av EMEP-stationerna. En möjlig förklaring till de verkligt stora underskattningarna i EMEP-stationernas uppsamlade nederbördsmängd kan vara att locksamlarna, som används vid dessa stationer, inte öppnar korrekt i samband med nederbörd. De stationer som främst tycks vara drabbade av detta är Aspvreten för perioden 1998 fram till nedläggning samt Vavihill för andra halvan av år 2001 samt ett par månader under 1998. För station Bredkålen finns en månad i slutet av 2001 med eventuellt samma problem.

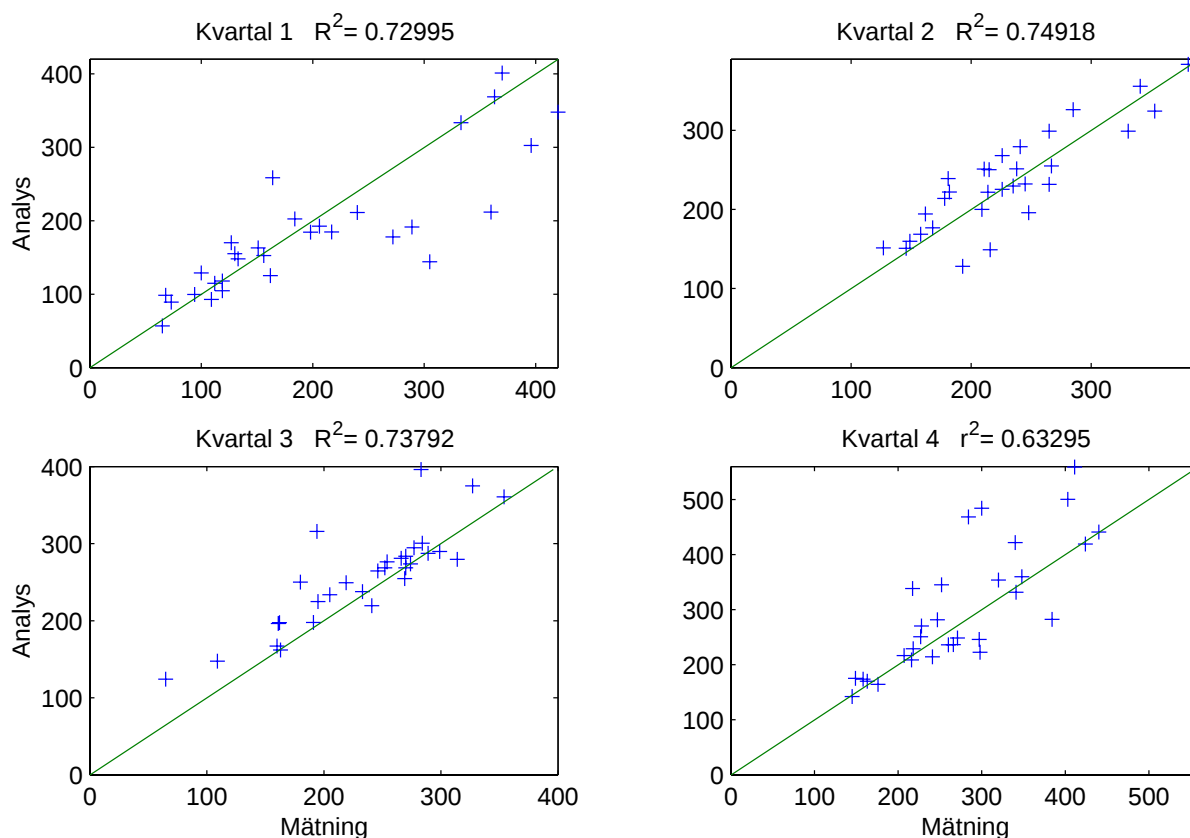
5.2.3 Det nationella nederbörds-kemiska PMK-nätet (LoN-nätet) 1998-2000

Av spridningsdiagrammen i figur 10 framgår att det för de enskilda sommar- och höstmånaderna och motsvarande presentationer för kvartalen 2, 3 och 4 i figur 11 inte finns några systematiska avvikelser mellan uppmätta nederbördsmängder vid PMK-stationerna och objektiva nederbördsanalyser. Den förklarade variansen (R^2 -värdet) för månadsvärden är dock något mindre än motsvarande värden för oberoende SMHI-stationer. För PMK-stationerna varierar R^2 -värdet under sommar- och höstmånaderna mellan 0,49 till 0,90. Dessa jämförelser avser, på samma sätt som för SMHI-stationerna, alla stationer syd 62° N. För vintermånaderna i kvartal 1 finns däremot en tendens till att PMK-mätarna systematiskt överskattar nederbördsmängderna. Även andra månader under vinterhalvåret har en större spridning i data. En möjlig förklaring till den systematiska avvikelsen och till den större spridningen i data kan vara att PMK-stationerna under en stor del av vinterhalvåret är utrustade med s.k. snösäckar. Mätarna är utrustade med snösäck oavsett om det snöar eller ej. En sådan snösäck är relativt stor och kan säkerligen ha en betydande inverkan på aerodynamiken runt mätaren i samband med kraftig vind.

Tömningen av PMK-provtagarna kan i vissa fall ha gjorts med upp till ett par dagars förskjutning i förhållande till månadsskiftena. En eventuell sådan avvikelse i tömningstid har mindre betydelse på kvartals- och årsbasis. Det är dock svårt att från resultaten i figurerna 10-11 kunna urskilja någon effekt av detta.

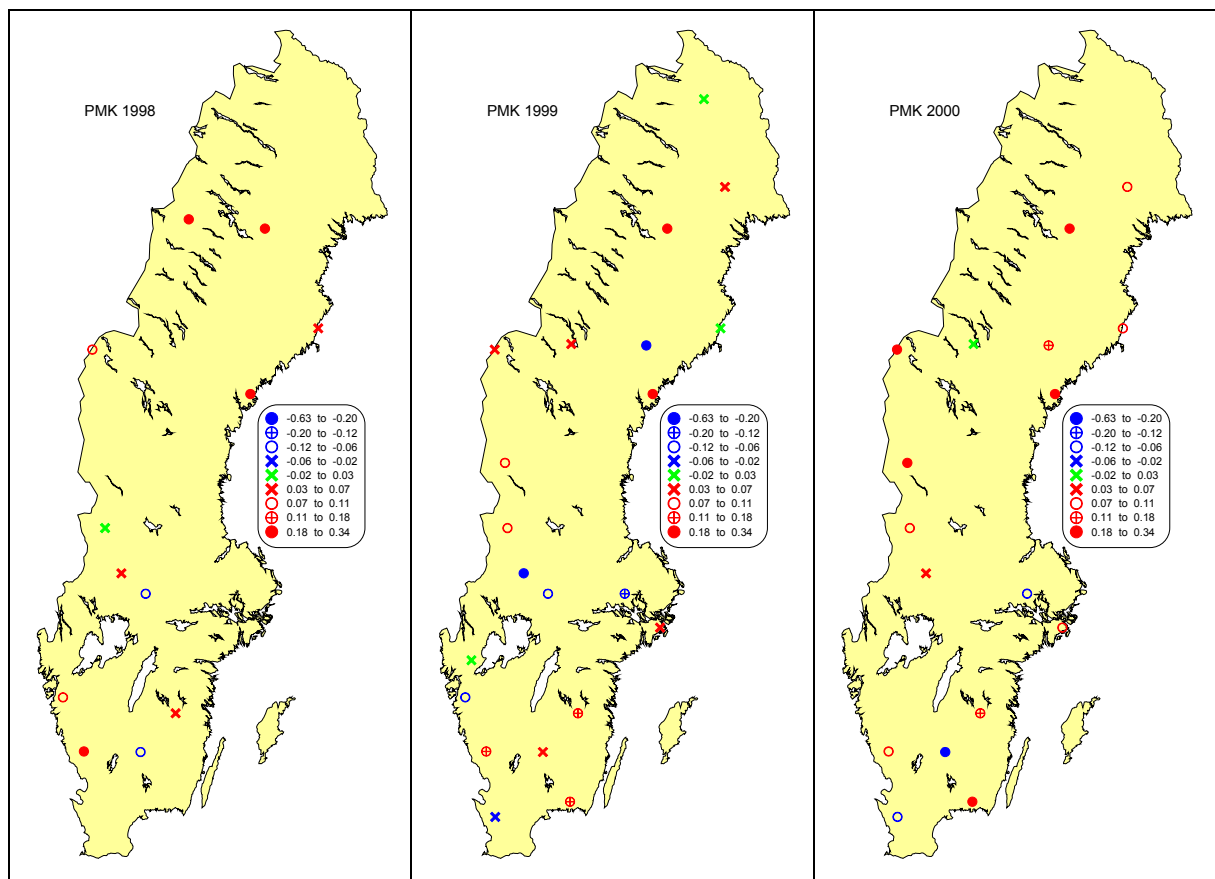


Figur 10. Jämförelser månadsvis för åren 1998-2000 mellan objektivt fältanalyserade (Analys) och uppmätta nederbördsmängder (Mätning) vid PMK-stationer syd 62° N. Linjen 1:1 är markerad.



Figur 11. Jämförelser kvartalsvis för åren 1998-2000 mellan objektivt fältanalyserade (Analys) och uppmätta nederbörds mängder (Mätning) vid PMK-stationer syd 62° N. Linjen 1:1 är markerad.

I figur 12 framgår kartor med normaliserad nederbördsdifferens, i detta fall angiven som $(Analys - Mätning) / Analys$, för PMK-stationerna. Årsnederbörds mängden för vart och ett av åren 1998-2000 vid varje PMK-station har jämförts med de objektivt analyserade nederbörds mängderna för samma plats och samma år. Blåmarkerade symboler, med en uppdelning i fyra intervall, anger stationer där de uppmätta årsnederbörds mängderna är större än motsvarande objektiva analyser för det aktuella året. Rödmarkerade symboler anger att mätvärdena är lägre än analyserna och grön symbol anger nära överensstämmelse. Det finns en tendens till att vissa PMK-stationer i norra Sverige har systematiskt något mindre uppmätta årsnederbörds mängder jämfört med analyserna, men i övrigt är det svårt att se något tydligt mönster. Bristen på mönster beror troligen på att flera olika effekter, som t.ex. vindförhållanden kring provtagaren, regn eller snö, provtagare med eller utan snösäck samt avdunstning påverkar de uppsamlade nederbörds mängderna vid PMK-stationerna åt olika håll och att denna påverkan kan variera från år till år. Den sammantagna påverkan från dessa olika effekter kan säkerligen variera en hel del från år till år.



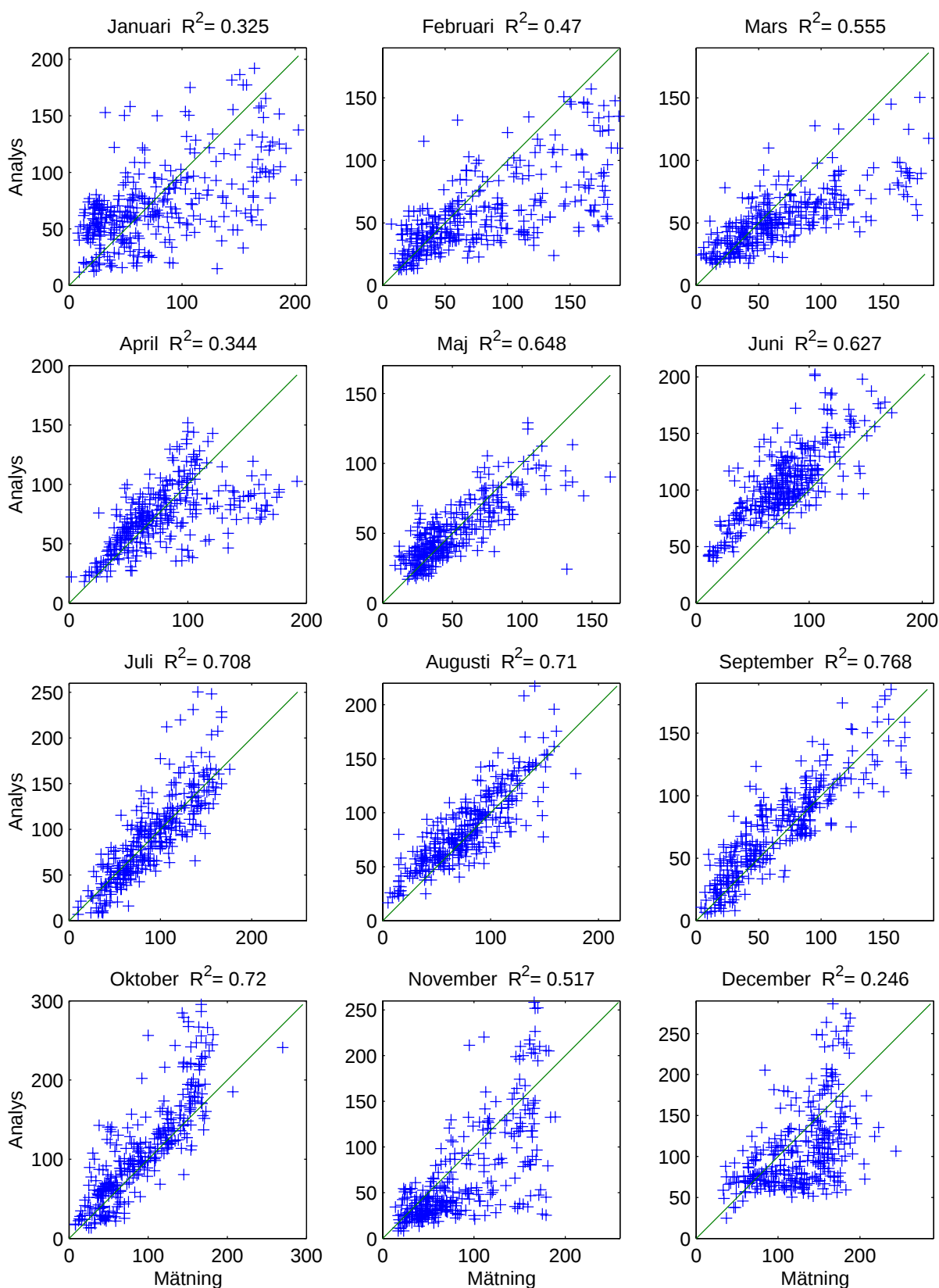
Figur 12. Normaliserad nederbördsdifferens, (Analys-Mätning)/Analys, för årsnederbördsmängden för vart och ett av åren 1998-2000 vid varje PMK-station. Blåmarkerade stationer anger att uppmätt nederbördsmängd är större än den objektivt analyserade, röda att den är mindre.

5.2.4 Regionala nederbördskemiska stationsnät på länsnivå 1998-2000

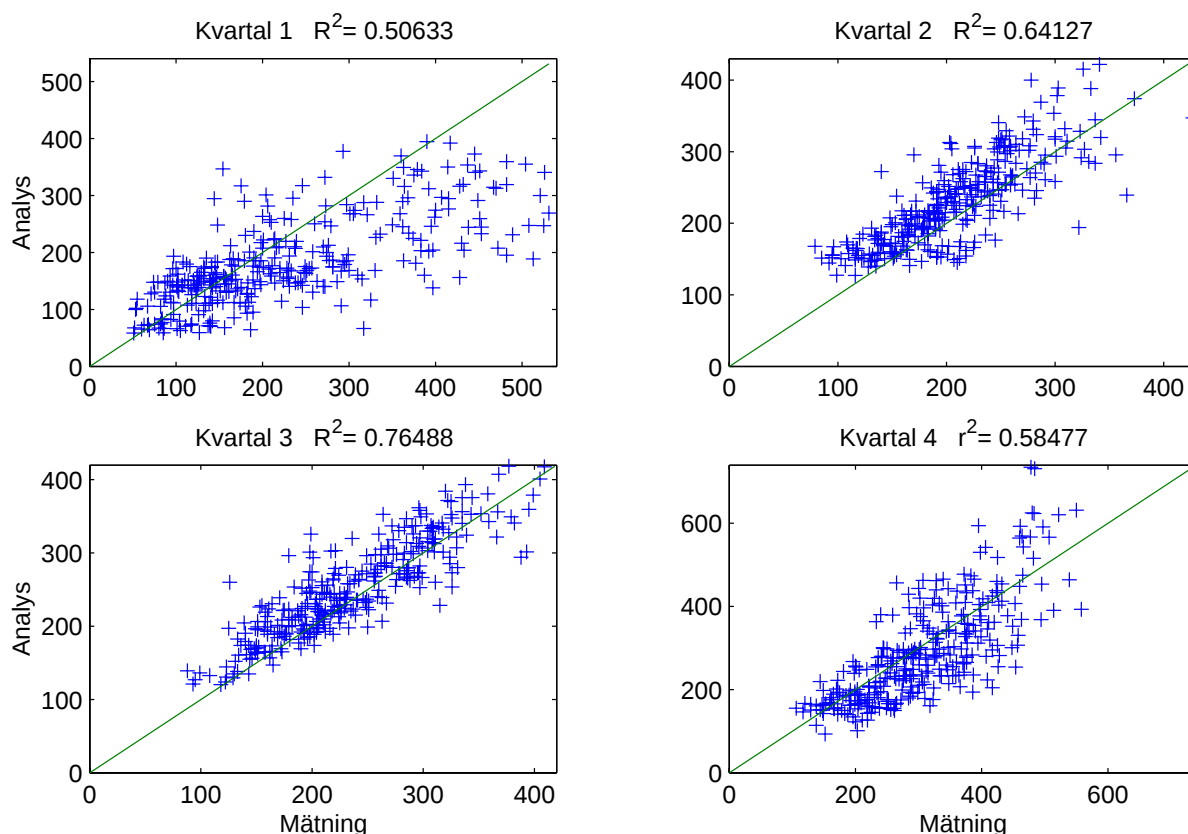
Det framgår av spridningsdiagrammen i figurerna 13-14, som visar skillnaderna mellan uppmätta nederbördsmängder vid REG-stationerna syd 62° N och motsvarande objektivt analyserade nederbördsmängder, att det finns avsevärda och systematiska skillnader mellan vinter- och sommarförhållanden. Under vinterhalvåret - månaderna november-april - överstiger ofta de uppmätta nederbördsmängderna i REG-nätet kraftigt de objektivt analyserade nederbördsmängderna. Samma mönster återfinns också mycket tydligt i sammanställningen för kvartal 1, då överskattningen jämfört med nederbördsanalysen kan vara så stor som en faktor två. Den förklarade variansen för månadsvärden är mycket låg (0,25-0,55) under vinterhalvåret. En möjlig förklaring till dessa stora avvikelser i nederbördsmängder under vinterhalvåret kan vara att REG-stationerna, liksom PMK-stationerna, under vintern är utrustade med s.k. snösäckar oavsett om det snöar eller ej. En sådan snösäck är relativt stor och kan säkerligen ha en betydande inverkan på aerodynamiken runt mätaren i samband med kraftig vind.

En annan iakttagelse är att REG-nätets uppmätta månadsvärden endast undantagsvis tycks kunna överskrida ca 180 mm per månad trots att de objektiva analyserna i vissa fall anger betydligt större nederbördsmängder. Detta gäller oberoende av årstid. Om detta mönster har något att göra med utformning av provtagaren eller utnyttjade rutiner kan vi inte bedöma. Möjligen kan det sammankopplas med att tömningen av REG-provtagarna i vissa fall kan ha gjorts med några dagars förskjutning i förhållande till månadsskiftena, eftersom sådana avvikelser inte är alls lika tydliga i kvartalsredovisningen. För kvartal 4 är överensstämmelsen mellan Mätning och Analys av nederbördsmängd bättre än för de enskilda månaderna oktober-december. För kvartal

1 är däremot de systematiska skillnaderna mellan Mätning och Analys lika tydliga i kvartalsredovisningen som för de enskilda månaderna.



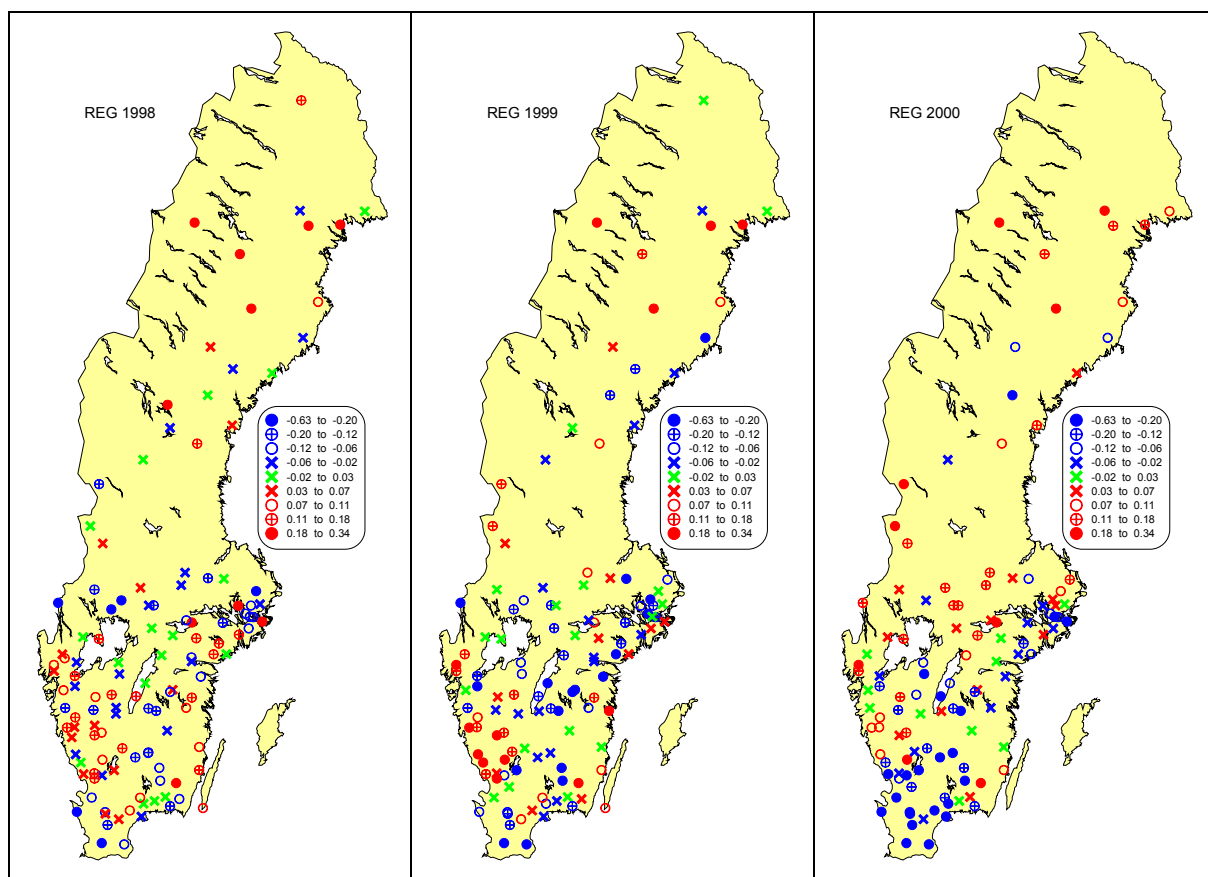
Figur 13. Jämförelser månadsvis för åren 1998-2000 mellan objektivt fältanalyserade (Analys) och uppmätta nederbördsmängder (Mätning) vid REG-stationer syd 62° N. Linjen 1:1 är markerad.



Figur 14. Jämförelser kvartalsvis för åren 1998-2000 mellan objektivt fältanalyserade (Analys) och uppmätta nederbörds mängder (Mätning) vid REG-stationer syd 62° N. Linjen 1:1 är markerad.

För sommarmånaderna och redovisningarna för kvartalen 2-3 syns inte i övrigt några systematiska avvikelser, men spridningen är något större och R^2 -värdena något lägre än för motsvarande jämförelser med oberoende SMHI-stationer.

I figur 15 framgår kartor med normaliserad nederbördsdifferens, i detta fall angiven som $(Analys - Mätning) / Analys$, för REG-stationerna. Årsnederbörds mängden för vart och ett av åren 1998-2000 vid varje REG-station har jämförts med de objektivt analyserade nederbörds mängderna för samma plats och samma år. Blåmarkerade symboler, med en uppdelning i fyra intervall, anger stationer där de uppmätta årsnederbörds mängderna är större än motsvarande objektiva analyser för det aktuella året. Rödmarkerade symboler anger att mätvärdena är lägre än analyserna och grön symbol anger nära överensstämmelse. Liksom för PMK-stationerna finns det en tendens till att vissa PMK-stationer i norra Sverige har systematiskt något mindre uppmätta årsnederbörds mängder jämfört med analyserna. I Skåne, nordöstra Götaland och östra Svealand finns en tendens till motsatsen, dvs att den uppmätta årsnederbörden är större än den analyserade. Flera olika effekter, som t.ex. vindförhållanden kring provtagaren, regn eller snö, provtagare med eller utan snösäck samt avdunstning påverkar de uppsamlade nederbörds mängderna vid REG-stationerna åt olika håll. Den sammantagna påverkan under året från dessa olika effekter kan säkerligen variera en hel del från år till år.



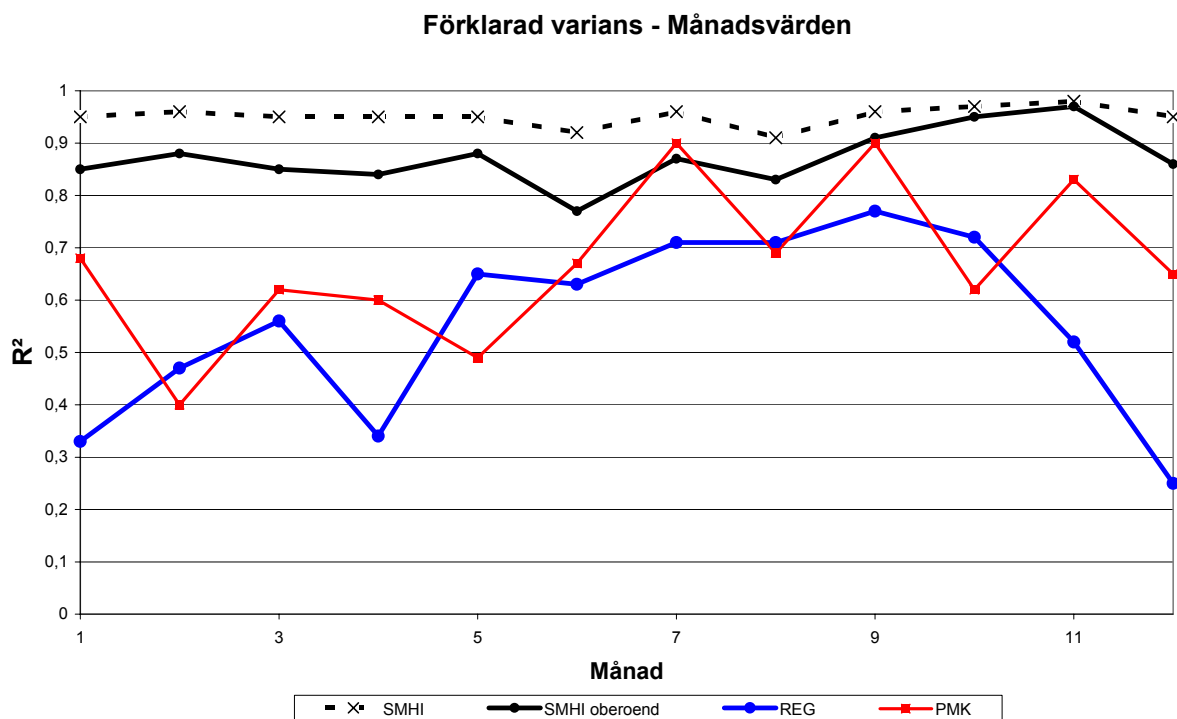
Figur 15. Normaliserad nederbördsdifferens, (Analys-Mätning)/Analys, för årsnederbörds mängden för vart och ett av åren 1998-2000 vid varje REG-station. Blåmarkerade stationer anger att uppmätt nederbörds mängd är större än den objektivt analyserade, röda att den är mindre.

5.3 Resultatdiskussion

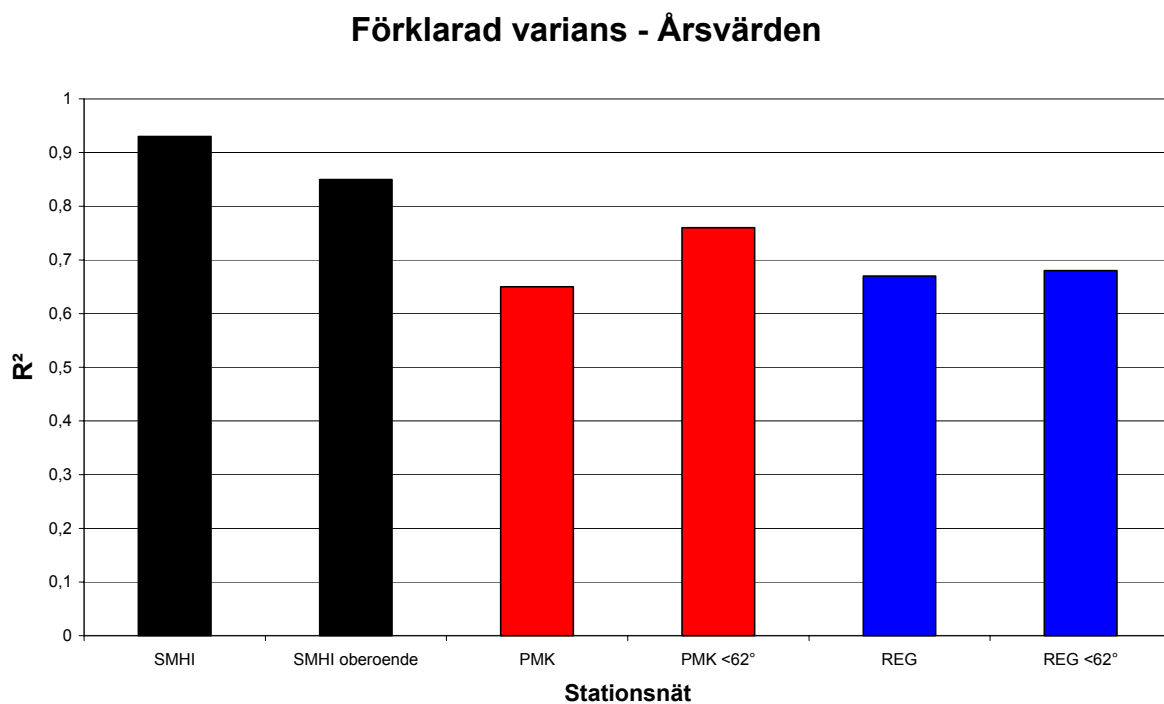
I detta avsnitt sammanfattas jämförelserna mellan mätdata från de olika stationsnäten och de objektivt analyserade nederbördsfälten för perioden 1998-2000 i form av ett par statistiska mått. Redovisningen görs i diagramform. Det svenska EMEP-nätet ingår dock inte i denna jämförelse eftersom stationsantalet är alltför litet. Jämförelserna mellan de olika stationsnäten fokuseras på stationer lokaliserade söder om 62°N, eftersom de objektivt analyserade nederbördsfälten där håller högst kvalitet. Som en allmän information anges dock i vissa fall även värden baserade på de totala PMK- och REG-näten.

5.3.1 Förklarad varians

Den förklarade variansen (R^2 -värden) för de olika stationsnäten, baserade på månadsdata, redovisas i figur 16. Månadsdata ger en god uppfattning om hur samvariationen mellan objektivt analyserade nederbördsfält och uppmätta nederbörds mängder varierar under året. Vid PMK- och REG-stationerna kan dock tömning av nederbördsprovtagarna i vissa fall ha skett upp till ett par dagar före eller efter månadsskiftet, vilket kan försvåra en sådan jämförelse. Därför redovisas i figur 17 även motsvarande information baserad på årsdata, som nästan inte alls påverkas av någon enstaka dags förskjutning i tömning.



Figur 16. Förklarad varians (R^2 -värde) vid jämförelser mellan objektivt fältanalyserade och uppmätta nederbördsmängder månadsvis för åren 1998-2000. De redovisade kurvorna avser SMHI:s stationsnät (beroende mätdata), SMHI oberoende (korsvalidering med oberoende data), REG-nätet och PMK-nätet. Samtliga redovisade data avser stationer syd 62° N.



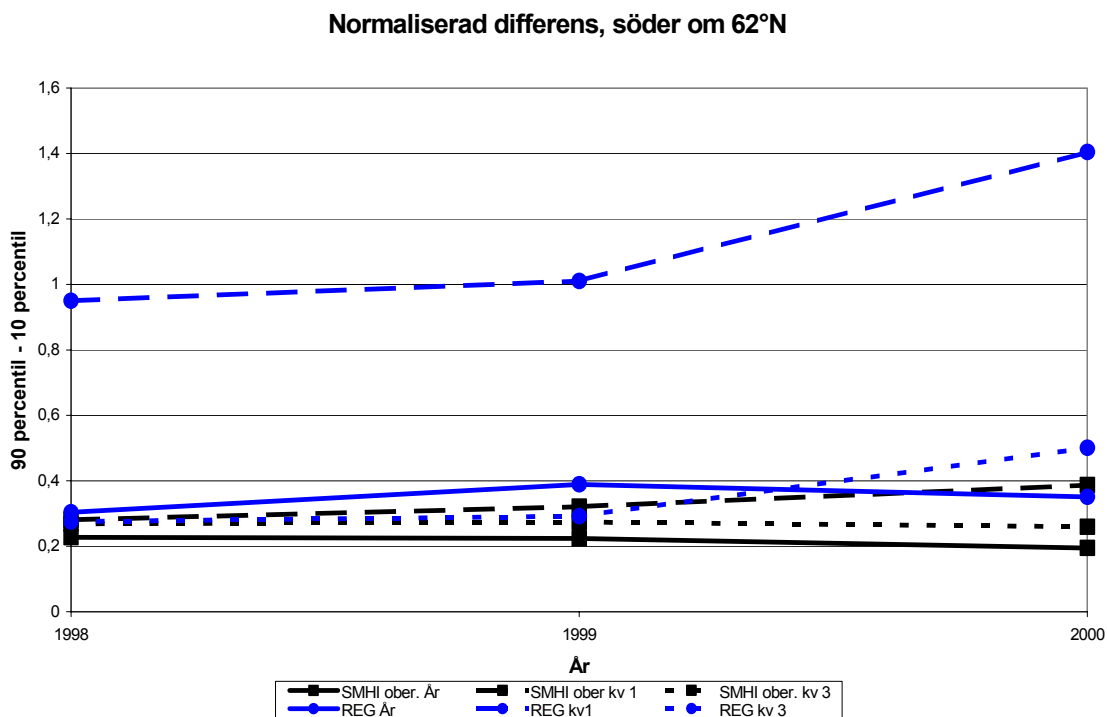
Figur 17. Förklarad varians (R^2 -värde) vid jämförelser mellan årsvärden för åren 1998-2000 för objektivt fältanalyserade och uppmätta nederbördsmängder. De redovisade värdena avser SMHI:s stationsnät (beroende mätdata), SMHI oberoende (korsvalidering med oberoende data), PMK-nätet och REG-nätet. SMHI-stationernas redovisade data avser enbart stationer syd 62° N, medan övriga stationsnät redovisas dels för syd 62° N, dels för hela landet.

Av figur 16 framgår att då SMHI-stationerna utgör beroende data ligger R^2 -värdena på ca 0,95 för samtliga månader under året utan någon årstidsvariation. Den utjämnning i nederbördsvärden som erhålles vid de objektiva statistiska nederbördsanalyserna, samt medelvärdesberäkningen till 11x11 km rutor, är orsak till att värdet ligger under 1,0 som innebär fullständig överensstämmelse. När SMHI-stationerna genom ett korsvalideringsförfarande utgör oberoende data sjunker motsvarande R^2 -värden till ca 0,85 i genomsnitt, med de lägsta värdena under sommaren då lokal skurnederbörd är ofta förekommande, och de högsta värdena under oktober-november då geografiskt utjämnad frontnederbörd dominerar. En jämförelse med motsvarande värden för PMK- och REG-näten syd 62°N visar att R^2 -värdena för dessa nät under sommarhalvåret ligger något lägre än för oberoende SMHI-stationer, men att skillnaderna mellan 'SMHI oberoende' och PMK/REG-näten är relativt små. Däremot är skillnaderna mycket stora under vinterhalvåret med ett genomsnittligt R^2 -värde för PMK/REG-näten på ca 0,5 samtidigt som oberoende SMHI-stationer har ett maximum på nästan 0,90. Även för årsvärden, se figur 17, ligger PMK-nätet (0,75) och REG-nätet (0,68) lägre än oberoende SMHI-stationer (0,85), varför skillnaderna inte kan förklaras av att tömningen av PMK/REG-nätens uppsamlare ibland kan ske några enstaka dagar före eller efter månadsskiftet.

Rent meteorologiskt är den geografiska variationen i nederbördsmängder mindre under vinterhalvåret, vilket bör medföra högre R^2 -värden, än under sommaren. Det är därför uppenbart att PMK/REG-nätens nederbördsuppsamling har betydligt sämre kvalitet under vintern jämfört med sommarhalvåret. En möjlig orsak till detta är utnyttjandet av de s.k. snösäckarna.

5.3.2 Normaliserad differens

Den normaliserade differensen, här uttryckt som $(Analys-Mätning)/Analys$, mellan uppmätta värden och vad som erhålls från den objektiva nederbördsanalysen har studerats för de olika stationsnäten. I figur 18 redovisas skillnaden mellan 90-percentilen och 10-percentilen av den normaliserade differensen och några jämförelser görs mellan SMHI oberoende stationer och REG-nätet. Ju större skillnaden är mellan 10- och 90-percentilerna, ju större är spridningen i data. För årsdata ligger SMHI oberoende stationer på ca 0,2 och REG-nätet på ca 0,35 under samtliga år. Motsvarande siffror är ca 0,25 och 0,3 för kvartal 3, dvs SMHI oberoende stationer och REG-nätet är relativt likartade. För kvartal 1 avviker däremot REG-nätet mycket markant och uppvisar mycket stor spridning i nederbördsmängder. REG-nätet har för kvartal 1 en skillnad mellan 10- och 90-percentilerna som överstiger 1,0, dvs överstiger det analyserade nederbördsvärdet. För år 2000 är värdet hela 1,4. Även denna sammanställning talar för att det är de under vintern utnyttjade snösäckarna inom REG-nätet som leder till stora osäkerheter i uppmätta nederbördsmängder.

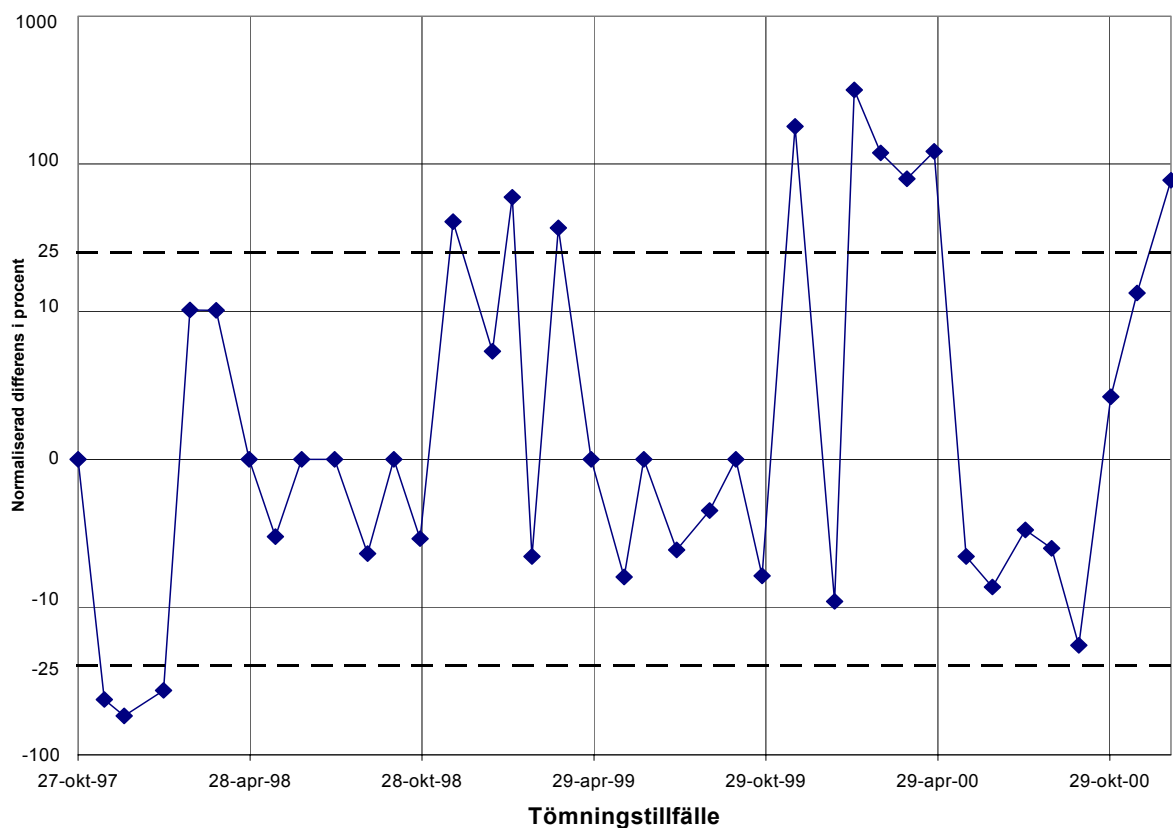


Figur 18. Skillnaden mellan 90- och 10-percentilen för den normaliserade differensen för nederbörds-mängd avseende år samt kvartal 1 och kvartal 3. SMHI oberoende stationer anges i svart, REG-nätet i blått.

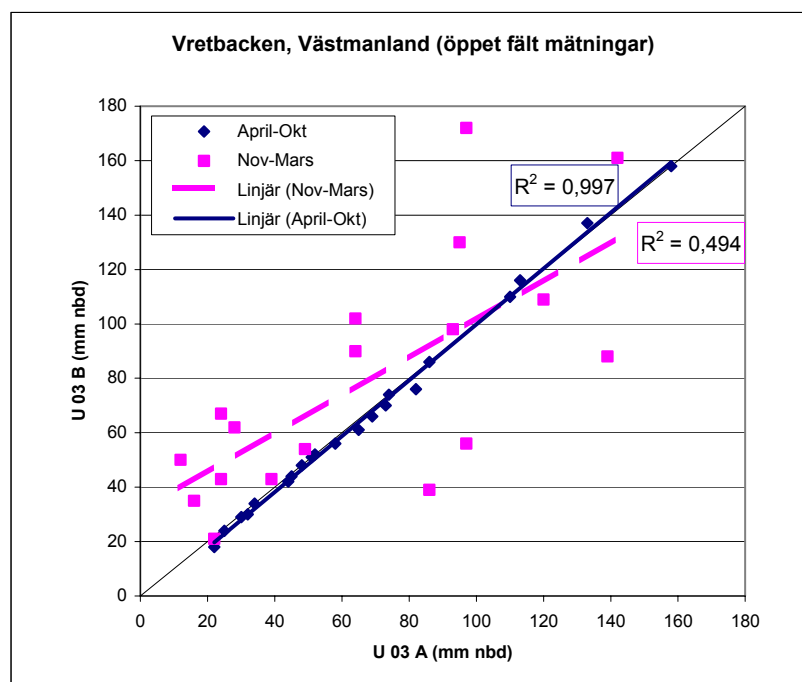
5.4 Jämförelse mellan två REG-mätare vid samma station

Vid en REG-station, Vretbacken i Västmanland koordinat (6614900,1525000 i RT90), har det gjorts parallella mätningar under den studerade perioden. Månadsvärden från dessa båda nederbördsräknare jämförs i figur 19. Här syns en tydlig årstidsvariation med mycket hög samstämmighet mellan dessa båda mätare under sommarhalvåret och stora avvikelser under vinterhalvåret, dvs. samma mönster som observeras vid jämförelser mellan de objektivt analyserade nederbördsfälten och uppmätta nederbördsmängder i REG-nätet. De extremt stora procentuella avvikelserna inträffar då man har uppmätt små nederbördsmängder i U03A-mätaren, vars mätvärde ingår i nämnaren. Det är värt att notera är att exponeringstiden för de båda mätarna har hela tiden varit lika, d.v.s. de båda mätarna har hela tiden placerats ut respektive tömts vid samma tillfällen.

I figur 20 presenteras data från de båda provtagarna i ett spridningsdiagram. Data har delats upp på sommar- och vinterhalvår och tydliga årstidsskillnader framträder. På sommaren är den förklarade variansen nästan ett, medan den under vintern inte ens når upp till 0,5. Det ligger nära till hands att även i detta fall misstänka att de s.k. snösäckar, som provtagarna i REG-nätet utrustas med under vinterhalvåret, kan ha orsakat dessa stora avvikelser i uppmätta nederbördsmängder.



Figur 19. Normaliserad differens, $(U03B-U03A)/U03A$, i procent mellan stationerna U03A och U03B i REG-nätet. Observera att y-axeln har logaritmisk skala. Heldragna linjer som markerar plus/minus 10, 100 och 1000 % samt streckade linjer för plus/minus 25 % är inlagda i figuren.



Figur 20. Månadsnederbörd uppmätt av de två REG-mätarna placerade vid station Vretbacken. Data har delats upp på sommar, april-oktober, respektive vinter, november-mars. Data från mätare U03A anges på x-axeln och data från mätare U03B på y-axeln. Förklarad varians redovisas för sommar resp. vinter.

6 RESULTATENS BETYDELSE FÖR KARTLÄGGNING AV FÖRORENINGSDEPOSITIONEN ÖVER SVERIGE

Korrekt bestämda föroreningshalter i nederbörden inom de svenska nederbörds-kemiska stationsnäten är en förutsättning för att på ett riktigt sätt kunna beräkna föroreningsdepositionen över landet. Detta gäller oavsett om kartläggningen av våtdepositionen görs enbart punktvis för de platser där de svenska nederbörds-kemiska stationerna finns eller genom en geografisk kartläggning av depositionen över landet med hjälp av MATCH-Sverige modellen. I MATCH-Sverige ingår en förenklad dataassimilation av uppmätta föroreningshalter i luft och nederbörd.

Om enbart data från de nederbörds-kemiska stationerna utnyttjas krävs även att uppmätta nederbördsmängder vid dessa stationer ska vara riktiga. Genom att utnyttja MATCH-Sverige modellen kan det - i princip - vara tillräckligt med riktiga mätvärden avseende nederbördens föroreningshalter, eftersom MATCH-Sverige modellen inkluderar objektivt analyserade nederbördsfält av god kvalitet och med relativt hög geografisk upplösning. För att uppmätta föroreningshalter i vecko- eller månadsprover från de atmosfärskemiska stationsnäten ska vara riktiga krävs emellertid att de uppmätta nederbördsmängderna vid varje nederbördstillfälle är representativa för den nederbördsmängd som verkligen fallit. Föroreningshalterna i nederbörd i Sverige varierar ofta med storleksordningen en faktor 3-5 (avser svavel- och kvävekomponenter) mellan högsta och lägsta halt under en månad. Om uppsamlingseffektiviteten för nederbörd vid en nederbörds-kemisk station varierar i tiden, samtidigt som föroreningshalten varierar i tiden, leder det till att nederbördens kemiska sammansättning i ett vecko- eller månadsprov inte blir korrekt. Det innebär alltså att även om den kemiska analysen av vecko- eller månadsproverna görs perfekt och ingen kontaminering av proverna sker, så kan de erhållna medelkoncentrationerna för vecka/månad vid de olika nederbörds-kemiska stationerna vara felaktiga. Om de uppmätta nederbördsmängderna vid varje nederbördstillfälle inte är representativa för den verkliga nederbördsmängd som fallit, blir alltså inte heller den beräknade våtdepositionen korrekt.

Utnyttjandet av mätdata från PMK- och REG-näten för bestämning av föroreningsdepositionen till Sverige försvåras något pga att tömningen vid dessa stationsnät kan vara utförd med några dagars förskjutning kring månadsskiftena och variera mellan olika stationer.

7 Slutsatser

Denna studie visar att det under vissa perioder under 1998-2001 finns brister i kvaliteten för uppmätta nederbördsmängder vid de svenska EMEP-stationerna Aspvreten och Vavihill och att nederbördsmätningarna inom PMK- och REG-näten visar bristande kvalitet under vinterperioderna. Det finns dessutom systematiska skillnader i uppsamlingseffektivitet mellan sommar- och vinterhalvår vid dessa båda stationsnät.

För två av EMEP-stationerna tycks tekniska problem med öppning av locksamlarna under vissa perioder vara orsak till stora bortfall i uppsamlad nederbörd. Dessutom kan troligen öppnings- och stängningsfunktionen hos locksamlarna vara beroende av nederbördens droppstorlek, om det är snö eller regn, ev. luftfuktighet, strålningsförhållanden etc. vilket visar sig i en skönjbar årstidsvariation i uppsamlingseffektivitet.

De s.k. snösäckarna, som används under vinterhalvåret vid PMK- och REG-näten, är en möjlig orsak till kvalitetsbristerna under vintern i uppmätt nederbördsmängd vid dessa

stationsnät. Såväl praktiska studier som CFD-beräkningar (strömningsmodell) vid SMHI visar (Wern, 2003) att utformningen av nederbördsmätarna kan ha avsevärd betydelse för uppsamlingseffektiviteten av nederbörd. Även betydligt mindre detaljer hos nederbördsmätarna än vad snösäckarna utgör kan ha avsevärd betydelse för de aerodynamiska förhållandena runt mätaren. Därmed kan uppmätt nederbördsmängd under vinterhalvåret variera beroende på såväl vindhastighet, vindriktning, storleken på regndroppar/snöflingor, om det är regn eller snö samt på den lokala placeringen av provtagaren. Det kan dessutom finnas systematiska skillnader mellan PMK- och REG-näten, eftersom principerna för hur provtagarna placeras skiljer sig något åt mellan de båda stationsnäten.

Såväl snösäckar som locksamlare har utnyttjats under många år och de variationer i uppsamlingseffektivitet för nederbörd som dessa orsakar kan vara bidragande orsaker till de skillnader i beräknad deposition, som har erhållits beroende på vilket stationsnät och vilka beräkningsmetoder som utnyttjats.

8 Referenser

Alexandersson (2003). Personlig kommunikation.

Alexandersson H. (2000). Manuell och automatisk nederbördsmätning. Väder och Vatten, oktober 2000, SMHI.

Häggmark L., Ivarsson K-I. och Olofsson P-O. (1997), MESAN Mesoskalig analys. SMHI RMK Nr 75.

Persson C. (2002). Kvaliteten hos nederbörds-kemiska mätdata som dataassimileras i MATCH-Sverige modellen. SMHI Meteorologi Nr 105.

Persson C., Langner J och Robertson L. (1995). Regional spridningsmodell för Sverige – Regional luftmiljöanalys för år 1991. Naturvårdsverket Rapport 4386.

Uggla E., Hallgren-Larsson E., Knulst J. och Westling O. (2003). Jämförelse mellan uppmätt och modellberäknad deposition av svavel och kväve i Sverige. IVL rapport B 1530.

Wern L. (2003). Strömning kring nederbördsmätare. Intern SMHI-rapport.

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sex rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Rapport Meteorologi och Klimatologi)	1974
RH (Rapport Hydrologi)	1990
RO (Rapport Oceanografi)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985

I serien METEOROLOGI har tidigare utgivits:

1985

- | | |
|---|--|
| 1 Hagmarker, A. (1985)
Satellitmeteorologi. | 11 Laurin, S., Bringfelt, B. (1985)
Spridningsmodell för kväveoxider i
gatumiljö. |
| 2 Fredriksson, U., Persson, Ch., Laurin, S.
(1985)
Helsingborgsluft. | 12 Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar
för avfallsförbränningsanläggning i
Sofielund. |
| 3 Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar
för avfallsförbränningsanläggningar i
Sofielund och Högdalen. | 13 Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Spridnings- och depositionsberäkningar
för avfallsförbränningsanläggning i
Högdalen. |
| 4 Kindell, S. (1985)
Spridningsberäkningar för SUPRAs
anläggningar i Köping. | 14 Vedin, H., Andersson, C. (1985)
Extrema köldperioder i Stockholm. |
| 5 Andersson, C., Kvik, T. (1985)
Vindmätningar på tre platser på Gotland.
Utvärdering nr 1. | 15 Krieg, R., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos
planerade bilfabrik i Uddevalla. |
| 6 Kindell, S. (1985)
Spridningsberäkningar för Ericsson,
Ingelstafabriken. | 16 Kindell, S. Wern, L. (1985)
Luftvårdsstudie avseende
industrikombinatet i Nynäshamn
(koncentrations- och luktberäkningar). |
| 7 Fredriksson, U. (1985)
Spridningsberäkningar för olika plymlyft
vid avfallsvärmeverket Sävenäs. | 17 Laurin, S., Persson, Ch. (1985)
Beräknad formaldehydspridning och
deposition från SWEDSPANs
spånskivefabrik. |
| 8 Fredriksson, U., Persson, Ch. (1985)
NO _x - och NO ₂ -beräkningar vid
Vasaterminalen i Stockholm. | 18 Persson, Ch., Wern, L. (1985)
Luftvårdsstudie avseende industri-
kombinatet i Nynäshamn – depositions-
beräkningar av koldamm. |
| 9 Wern, L. (1985)
Spridningsberäkningar för ASEA
transformers i Ludvika. | |
| 10 Axelsson, G., Eklind, R. (1985)
Ovädret på Östersjön 23 juli 1985. | |

- 19 Fredriksson, U. (1985)
Luktberäkningar för Bofors Plast i Ljungby, II.
 - 20 Wern, L., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla - energicentralen.
 - 21 Krieg, R., Omstedt, G. (1985)
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla - kompletterande beräkningar för fabrikena.
 - 22 Karlsson, K.-G. (1985)
Information från Meteosat - forskningsrön och operationell tillämpning.
 - 23 Fredriksson, U. (1985)
Spridningsberäkningar för AB Åkerlund & Rausings fabrik i Lund.
 - 24 Färnlöf, S. (1985)
Radarmeteorologi.
 - 25 Ahlström, B., Salomonsson, G. (1985)
Resultat av 5-dygnsprognos till ledning för isbrytarverksamhet vintern 1984-85.
 - 26 Wern, L. (1985)
Avesta stadsmodell.
 - 27 Hultberg, H. (1985)
Statistisk prognos av ytemperatur.
- 1986
- 1 Krieg, R., Johansson, L., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master, kvartalsrapport 3/1985.
 - 2 Olsson, L.-E., Kindell, S. (1986)
Air pollution impact assessment for the SABAH timber, pulp and paper complex.
 - 3 Ivarsson, K.-I. (1986)
Resultat av byggväderprognoser - säsongen 1984/85.
 - 4 Persson, Ch., Robertson, L. (1986)
Spridnings- och depositionsberäkningar för en sopförbränningsanläggning i Skövde.
 - 5 Laurin, S. (1986)
Bilavgaser vid intagsplan - Eskilstuna.
 - 6 Robertson, L. (1986)
Koncentrations- och depositionsberäkningar för en sopförbränningsanläggning vid Ryaverken i Borås.
 - 7 Laurin, S. (1986)
Luften i Avesta - föroreningsbidrag från trafiken.
 - 8 Robertson, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för bromcyan.
 - 9 Wern, L. (1986)
Extrema byvindar i Orrefors.
 - 10 Robertson, L. (1986)
Koncentrations- och depositionsberäkningar för Halmstads avfallsförbränningsanläggning vid Kristinehed.
 - 11 Törnevik, H., Ugnell (1986)
Belastningsprognoser.
 - 12 Joelsson, R. (1986)
Något om användningen av numeriska prognoser på SMHI (i princip rapporten till ECMWF).
 - 13 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master, kvartalsrapport 4/1985.
 - 14 Dahlgren, L. (1986)
Solmätning vid SMHI.
 - 15 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för ett kraftvärmeverk i Sundbyberg.
 - 16 Kindell, S. (1986)
Spridningsberäkningar för Uddevallas fjärrvärmecentral i Hovhult.
 - 17 Häggkvist, K., Persson, Ch., Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp från ett antal källor inom SSAB Luleå-verken.
 - 18 Krieg, R., Wern, L. (1986)
En klimatstudie för Arlanda stad.
 - 19 Vedin, H. (1986)
Extrem arealnederbörd i Sverige.
 - 20 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för lösningsmedel i Tibro.
 - 21 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master - kvartalsrapport 1/1986.

- 22 Kvik, T. (1986)
Beräkning av vindenergitillgången på några platser i Halland och Bohuslän.
- 23 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Vindmätningar i höga master - kvartalsrapport 2/1986.
- 24 Persson, Ch. (SMHI), Rodhe, H. (MISU), De Geer, L.-E. (FOA) (1986)
Tjernobylylockan - En meteorologisk analys av hur radioaktivitet spreds till Sverige.
- 25 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för Spendrups bryggeri, Grängesberg.
- 26 Krieg, R. (1986)
Beräkningar av vindenergitillgången på några platser i Skåne.
- 27 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar, SSAB.
- 28 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för ny ugn, SSAB II.
- 29 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo Hallsbergverken.
- 30 Fredriksson, U. (1986)
SO₂-halter från Hammarbyverket kring ny arena vid Johanneshov.
- 31 Persson, Ch., Robertson, L., Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar, SSAB - Luleåverken.
- 32 Kindell, S., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för SAABs planerade bilfabrik i Malmö.
- 33 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för svavelsyrafabrik i Falun.
- 34 Wern, L., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för Västhamnsverket HKV1 i Helsingborg.
- 35 Persson, Ch., Wern, L. (1986)
Beräkningar av svaveldepositionen i Stockholmsområdet.
- 36 Joelsson, R. (1986)
USAs månadsprognoser.
- 37 Vakant nr.
- 38 Krieg, R., Andersson, C. (1986)
Utemiljön vid Kvarnberget, Lysekil.
- 39 Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar av freon 22 från Ropstens värmepumpverk.
- 40 Fredriksson, U. (1986)
Vindklassificering av en plats på Hemsön.
- 41 Nilsson, S. (1986)
Utvärdering av sommarens (1986) använda konvektionsprognoshjälpmedel.
- 42 Krieg, R., Kvik, T. (1986)
Vindmätningar i höga master.
- 43 Krieg, R., Fredriksson, U. (1986)
Vindarna över Sverige.
- 44 Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp vid ScanDust i Landskrona - bestämning av cyanvätehalter.
- 45 Kvik, T., Krieg, R., Robertson, L. (1986)
Vindförhållandena i Sveriges kust- och havsband, rapport nr 2.
- 46 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för en planerad panncentral vid Lindsdal utanför Kalmar.
- 47 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo BMs fabrik i Landskrona.
- 48 Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkningar för ELMO-CALFs fabrik i Svenljunga.
- 49 Häggkvist, K. (1986)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp från syrgas- och bensenupplag inom SSAB Luleåverken.
- 50 Wern, L., Fredriksson, U., Ring, S. (1986)
Spridningsberäkningar för lösningsmedel i Tidaholm.
- 51 Wern, L. (1986)
Spridningsberäkningar för Volvo BM ABs anläggning i Braås.

- 52 Ericson, K. (1986)
Meteorological measurements performed May 15, 1984, to June, 1984, by the SMHI.
- 53 Wern, L., Fredriksson, U. (1986)
Spridningsberäkning för Kockums Plåtteknik, Ronneby.
- 54 Eriksson, B. (1986)
Frekvensanalys av timvisa temperatur-observationer.
- 55 Wern, L., Kindell, S. (1986)
Luktberäkningar för AB ELMO i Flen.
- 56 Robertson, L. (1986)
Spridningsberäkningar rörande utsläpp av NO_x inom Fagersta kommun.
- 57 Kindell, S. (1987)
Luften i Nässjö.
- 58 Persson, Ch., Robertson, L. (1987)
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp vid ScanDust i Landskrona - bestämning av cyanväte.
- 59 Bringfelt, B. (1987)
Receptorbaserad partikelmodell för gatumiljömodell för en gata i Nyköping.
- 60 Robertson, L. (1987)
Spridningsberäkningar för Varbergs kommun. Bestämning av halter av SO₂, CO, NO_x samt några kolväten.
- 61 Vedin, H., Andersson, C. (1987)
E 66 - Linderödsåsen - klimatförhållanden.
- 62 Wern, L., Fredriksson, U. (1987)
Spridningsberäkningar för Kockums Plåtteknik, Ronneby. 2.
- 63 Taesler, R., Andersson, C., Wallentin, C., Krieg, R. (1987)
Klimatkorrigering för energiförbrukningen i ett eluppvärmt villaområde.
- 64 Fredriksson, U. (1987)
Spridningsberäkningar för AB Åetå-Trycks planerade anläggning vid Kungens Kurva.
- 65 Melgarejo, J. (1987)
Mesoskalig modellering vid SMHI.
- 66 Häggkvist, K. (1987)
Vindlaster på kordahus vid Alviks Strand - numeriska beräkningar.
- 67 Persson, Ch. (1987)
Beräkning av lukt och föroreningshalter i luft runt Neste Polyester i Nol.
- 68 Fredriksson, U., Krieg, R. (1987)
En överskalig klimatstudie för Tornby, Linköping.
- 69 Häggkvist, K. (1987)
En numerisk modell för beräkning av vertikal momentumtransport i områden med stora råhetsmoment. Tillämpning på ett energiskogsområde.
- 70 Lindström, Kjell (1987)
Weather and flying briefing aspects.
- 71 Häggkvist, K. (1987)
En numerisk modell för beräkning av vertikal momentumtransport i områden med stora råhetsmoment. En koefficientbestämning.
- 72 Liljas, E. (1988)
Förbättrad väderinformation i jordbruket - behov och möjligheter (PROFARM).
- 73 Andersson, Tage (1988)
Isbildning på flygplan.
- 74 Andersson, Tage (1988)
Aeronautic wind shear and turbulence. A review for forecasts.
- 75 Kållberg, P. (1988)
Parameterisering av diabatiska processer i numeriska prognosmodeller.
- 76 Vedin, H., Eriksson, B. (1988)
Extrem arealnederbörd i Sverige 1881 - 1988.
- 77 Eriksson, B., Carlsson, B., Dahlström, B. (1989)
Preliminär handledning för korrektion av nederbördsmängder.
- 78 Liljas, E. (1989)
Torv-väder. Behovsanalys med avseende på väderprognoser och produktion av bränsletorv.
- 79 Hagmarker, A. (1991)
Satellitmeteorologi.
- 80 Lövblad, G., Persson, Ch. (1991)
Background report on air pollution situation in the Baltic states - a prefeasibility study. IVL Publikation B 1038.

- 81 Alexandersson, H., Karlström, C., Larsson-McCann, S. (1991)
Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-90. Referensnormaler.
- 82 Vedin, H., Alexandersson, H., Persson, M. (1991)
Utnyttjande av persistens i temperatur och nederbörd för vårflödesprognoser.
- 83 Moberg, A. (1992)
Lufttemperaturen i Stockholm 1756 - 1990. Historik, inhomogeniteter och urbaniseringseffekt.
Naturgeografiska Institutionen, Stockholms Universitet.
- 84 Josefsson, W. (1993)
Normalvärden för perioden 1961-90 av globalstrålning och solskenstid i Sverige.
- 85 Laurin, S., Alexandersson, H. (1994)
Några huvuddrag i det svenska temperatur-klimatet 1961 - 1990.
- 86 Fredriksson, U. och Ståhl, S. (1994)
En jämförelse mellan automatiska och manuella fältmätningar av temperatur och nederbörd.
- 87 Alexandersson, H., Eggertsson Karlström, C. och Laurin S. (1997).
Några huvuddrag i det svenska nederbörds-klimatet 1961-1990.
- 88 Mattsson, J., Rummukainen, M. (1998)
Växthuseffekten och klimatet i Norden - en översikt.
- 89 Kindbom, K., Sjöberg, K., Munthe, J., Peterson, K. (IVL)
Persson, C. Roos, E., Bergström, R. (SMHI). (1998)
Nationell miljöövervakning av luft- och nederbörds-kemi 1996.
- 90 Foltescu, V.L., Häggmark, L (1998)
Jämförelse mellan observationer och fält med griddad klimatologisk information.
- 91 Hultgren, P., Dybbroe, A., Karlsson, K.-G. (1999)
SCANDIA – its accuracy in classifying LOW CLOUDS
- 92 Hyvarinen, O., Karlsson, K.-G., Dybbroe, A. (1999)
Investigations of NOAA AVHRR/3 1.6 μm imagery for snow, cloud and sunglint discrimination
(Nowcasting SAF)
- 93 Bennartz, R., Thoss, A., Dybbroe, A. and Michelson, D. B. (1999)
Precipitation Analysis from AMSU (Nowcasting SAF)
- 94 Appelqvist, Peter och Anders Karlsson (1999)
Nationell emissionsdatabas för utsläpp till luft - Förstudie.
- 95 Persson, Ch., Robertson L. (SMHI)
Thaning, L (LFOA). (2000)
Model for Simulation of Air and Ground Contamination Associated with Nuclear Weapons. An Emergency Preparedness Model.
- 96 Kindbom K., Svensson A., Sjöberg K., (IVL) Persson C., (SMHI) (2001)
Nationell miljöövervakning av luft- och nederbörds-kemi 1997, 1998 och 1999.
- 97 Diamandi, A., Dybbroe, A. (2001)
Nowcasting SAF
Validation of AVHRR cloud products.
- 98 Foltescu V. L., Persson Ch. (2001)
Beräkningar av moln- och dimdeposition i Sverigemodellen - Resultat för 1997 och 1998.
- 99 Alexandersson, H. och Eggertsson Karlström, C (2001)
Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-1990. Referensnormaler - utgåva 2.
- 100 Korpela, A., Dybbroe, A., Thoss, A. (2001)
Nowcasting SAF - Retrieving Cloud Top Temperature and Height in Semi-transparent and Fractional Cloudiness using AVHRR.
- 101 Josefsson, W. (1989)
Computed global radiation using interpolated, gridded cloudiness from the MESA-BETA analysis compared to measured global radiation.
- 102 Foltescu, V., Gidhagen, L., Omstedt, G. (2001)
Nomogram för uppskattning av halter av PM_{10} och NO_2
- 103 Omstedt, G., Gidhagen, L., Langner, J. (2002)
Spridning av förbränningsemissioner från småskalig biobränsleeldning – analys av $\text{PM}_{2.5}$ data från Lycksele med hjälp av två Gaussiska spridningsmodeller.

- 104 Alexandersson, H. (2002)
Temperatur och nederbörd i Sverige 1860
- 2001

- 105 Persson, Ch. (2002)
Kvaliteten hos nederbördskemiska mätdata
som utnyttjas för dataassimilation i
MATCH-Sverige modellen".

- 106 Mattsson, J., Karlsson, K-G. (2002)
CM-SAF cloud products feasibility study
in the inner Arctic region
Part I: Cloud mask studies during the 2001
Oden Arctic expedition

- 107 Kärner, O., Karlsson, K-G. (2003)
Climate Monitoring SAF - Cloud products
feasibility study in the inner Arctic region.
Part II: Evaluation of the variability in
radiation and cloud data



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping · Tel 011-495 8000 · Fax 011-495 8001
www.smhi.se