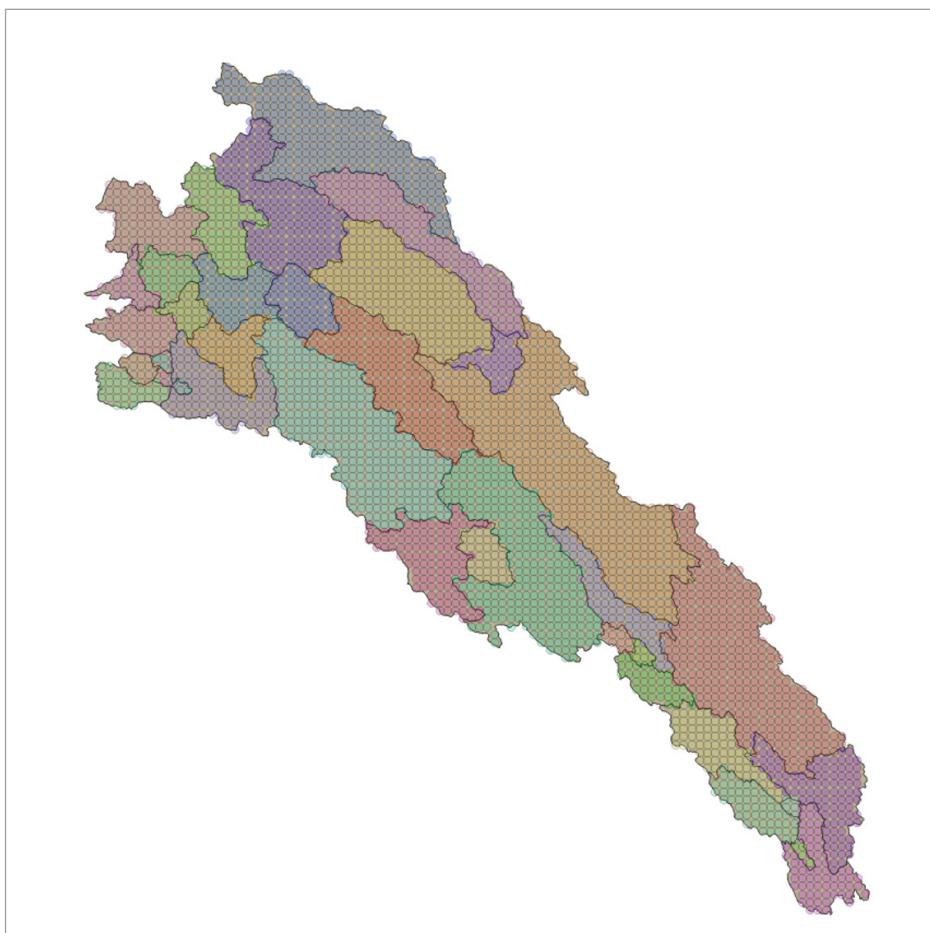


METODUTVECKLING FÖR HÄMTNING AV KORTTIDSPROGNOSER TILL HBV-MODELLER

RAPPORT 2022:864



Metodutveckling för hämtning av korttidsprognoser till HBV-modeller

Tillrinningsberäkning för vattenkraft

LINNÉA GIMBERGSON

ISBN 978-91-7673-864- © Energiforsk maj 2022

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Inom Energiforsks program Hydrologiskt utvecklingsarbete har frågeställningar som leder till förbättring av de hydrologiska prognoserna alltid varit viktiga fokusområden. Den hydrologiska modell som i dag körs av SMHI, och som används operationellt av vattenkraftbolag, har under årtionden utvecklats i nära samarbete med branschen till vad den är i dag.

I detta projekt har man tittat närmare på hydrologiska korttidsprognosers precision vilka är starkt beroende av den meteorologiska prognos, nederbörd och temperatur för de kommande nio dygnen, som ingår i modellens indata.

Sedan 2016 har den meteorologiska korttidsprognosen som används i modellen årligen sparats och utvärderats av SMHI gentemot observationer på faktiskt utfall. De årliga utvärderingarna har visat på en underskattning av temperaturen framför allt på våren vilket i sin tur påverkar modellens förmåga att förutsäga startpunkten för avsmältning, alltså vårflodens start. I dagsläget hämtas temperaturdata till den hydrologiska modellen från den punkt i den meteorologiska prognosen som sammanfaller med ett delområdes mittpunkt. I detta projekt har man undersökt om prognoserna kan förbättras genom att i stället använda ett medelvärde utifrån alla tillgängliga temperaturdata från respektive delområdet.

Ansatsen resulterade inte till någon förbättring men kompletterande analyser som genomfördes i projektet har sått frön till nya utvecklingsinsatser rörande betydelsen av valet av meteorologisk prognos, tidsupplösning i prognos och modell, samt biaskorrigering för systematiska fel.

Detta projekt har genomförts av Linnéa Gimbergson, SMHI, och testområdet var Umeälven.

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Projektet har testat en ny metod att hämta meteorologiska prognoser för beräkning av tillrinning i HBV-modeller.

Syftet med projektet har varit att undersöka om representativiteten i korttidsprognoser på temperatur, vilka används vid tillrinningsberäkning i HBV, skulle öka med en ny metod att hämta data från den meteorologiska prognoskällan.

Huvuddelen i den nya metod som testats har varit att ta fram prognoser per delområde i HBV baserat på data från alla gridrutor i den meteorologiska prognoskällan/databasen som sammanfaller med respektive delområde. Den nya metoden är en utveckling av nuvarande metod, där prognoser som används i HBV baseras på data från en enskild gridruta.

Tester har i första hand gjorts med SMHI:s officiella meteorologiska prognos, PMP, under perioden mars till och med maj, då tidigare utvärderingar tytt på att korttidsprognoser som används för att beräkna tillrinning underskattat temperaturen på våren.

Resultaten från testerna i denna studie tyder inte på att underskattningen av temperatur på våren skulle minska enbart genom att hämta prognosdata från fler gridrutor i den meteorologiska databasen. Kompletterande tester med historiska prognoser från European Center for Medium Range Forecast (ECMWF), visar att den nya metoden att hämta data i kombination med biaskorrektion av temperatur skulle kunna ge en mer representativ temperaturprognos (än PMP) i delar av avrinningsområdet. Det behöver dock göras fler och utökade tester innan någon säker slutsats kan dras.

Nyckelord

HBV, Korttidsprognoser, PMP, Arome, ECMWF

Summary

This project has tested a new method to pre-process meteorological forecasts used as input to hydrological inflow forecast models.

The aim of the study was to test if a new method to (prepare/) pre-process short-term meteorological forecasts will give a better representation of temperature when forecasts are used as input to hydrological models.

Meteorological forecasts are linked to the hydrological (HBV) model on a sub basin level. In the current operational HBV models, each sub basin is assigned forecast data from one single meteorological forecast grid cell at the center of the sub basin. In the new method, forecasts per sub basin are given as a mean value based on data from all cells in the meteorological grid that lies within the sub basin.

The new method was tested and evaluated with an HBV model for river Umeälven and with historical forecasts from March, April, and May of 2016 – 2020 as input.

The study mainly focused on data from SMHI's official / "main" short-term meteorological forecast system, called PMP.

Results from the study did not indicate that HBV sub basin forecasts based on PMP would be improved only by increasing the number of meteorological grid cells that the forecasts are based on. Additional tests with historical forecasts from the European Center for Medium Range Forecast (ECMWF) as input, show that the new method to gather data in combination with initial bias correction, might give a more representative temperature forecast in some sub basins. However, further tests are needed to find the best combination.

Innehåll

1	Underskattning av vårtemperaturer i korttidsprognoser	7
2	Metod	8
2.1	Område för studien	8
2.2	Hydrologiska modellberäkningar	8
2.2.1	HBV	8
2.2.2	Prognosmodell Umeälven	8
2.3	Meteorologiska prognoser	11
2.3.1	PMP	11
2.3.2	Anpassning PMP-prognoser till HBV	11
2.3.3	Övriga prognoskällor – Arome och ECMWF	14
2.3.4	Prognosscenarier PMP till HBV	14
2.3.5	Prognosscenarier Arome och ECMWF till HBV	15
3	Resultat	16
3.1	Pmp	16
3.2	Arome	29
3.3	ECMWF deterministisk	38
4	Diskussion och slutsatser	47
4.1	Ett första steg i behov av fortsatta tester	47
5	Referenslista	49
Bilaga A:	Resultattabeller PMP	50
Bilaga B:	Resultattabeller Arome	55
Bilaga C:	Resultattabeller ECMWF deterministisk	57

1 Underskattning av vårtemperatur i korttidsprognoser

SMHI har på uppdrag av vattenregleringsföretag och vattenkraftsproducenter satt upp hydrologiska HBV-modeller för att ta fram prognoser på tillrinning till regleringsmagasin. Modellerna körs operationellt och producerar nya kort- och långtidsprognoser tre till fyra gånger per dag. Indata till korttidsprognosen på tillrinning är, bland annat, niodygnsprognoser på nederbörd- och temperatur från olika meteorologiska datakällor. Prognoserna hämtas och läses in separat till varje delområde i HBV-modellerna inför varje modellkörning.

Utvärderingar som gjorts på korttidsprognoser från HBV-modellerna under åren 2016 – 2021, har tytt på att de meteorologiska prognoserna för delområdena underskattar temperaturen på våren. Samma tendens till underskattning har noterats för alla vattenkraftsdistrikt, från Luleälven i norr till Ljungan i söder.

I den metod som idag används för att hämta prognoser till de operationella körningarna, tilldelas varje delområde i HBV-modellen en prognos från den punkt (gridruta) i den meteorologiska datakällan som sammanfaller med mittpunkten för respektive delområde. Den rumsliga upplösningen på de meteorologiska prognoskällorna är i många fall betydligt högre än upplösningen på delområdena i HBV-modellerna, omkring $2.5 \times 2.5 \text{ km}^2$ till $9 \times 9 \text{ km}^2$ för de meteorologiska prognoserna att jämföra med delområden på i vissa fall över tusen km^2 , vilket innebär att information från flera delar av delområdena missas med nuvarande metod att hämta prognoser.

Huvudsyftet med detta projektet har varit att undersöka om underskattningen i temperaturprognosen på våren skulle kunna minskas genom att ta hänsyn till prognosvärden i den meteorologiska datakällan från hela delområdet, istället för att endast hämta värdet vid mittpunkten.

Huvudscenariot av korttidsprognoserna på tillrinning utgår från SMHI:s officiella (meteorologiska) prognos, PMP. Den nya metoden att hämta prognoser till HBV-modellerna som har testats i det här projektet har därför i första hand fokuserat på prognoshämtning från PMP.

2 Metod

2.1 OMRÅDE FÖR STUDIEN

Jämförelserna av olika metoder att hämta prognosdata till HBV har gjorts för Umeälvens distrikt. Hydrologiska modellberäkningar har gjort med en kopia av den operationella prognosmodellen för Umeälven. Meteorologisk prognoskälla har i första hand varit historiska PMP-prognoser. Ett fåtal testkörningar i HBV har även gjorts med prognoser från SMHI:s modell Arome och ECMWF:s (European Center for Medium Range Forecast) deterministiska modell. Tidsperioden som studerats är mars, april och maj år 2016 till och med 2020.

2.2 HYDROLOGISKA MODELLBERÄKNINGAR

2.2.1 HBV

HBV är en deterministisk hydrologisk modell som sätts upp och kalibreras för ett avgränsat avrinningsområde. Avrinningsområdet delas upp i mindre delområden där varje delområde ges en uppsättning area-höjd-zoner och en fördelning mellan öppen mark och skog.

Sjöar och magasin beskrivs med hjälp av magasintabeller vilka ger förhållandet mellan vattennivå och sjön/magasinet area eller volym, samt avbördningskurvor för sambandet mellan vattennivå och utflöde från sjön/magasinet.

Flödet av vatten genom avrinningsområdet beräknas med hjälp av ett antal ekvationer och modellparametrar vilka översiktligt kan delas in i tre huvudgrupper; en grupp som styr lagring och avsmältning av snö i området, en grupp som reglerar markfuktighet och avdunstning och en tredje grupp som hanterar flödet av vatten genom vattendrag, sjöar och magasin.

Modellparametrarna bestäms iterativt genom kalibrering där modellberäknad tillrinning jämförs med observerad tillrinning vid utloppen av delområdena.

När modellen är färdigkalibrerad behövs indata i form av (daglig) nederbörd och temperatur för att kunna köra modellen och beräkna tillrinning. Om det finns observationer på vattenstånd och/eller tappning från magasin kan det användas för att uppdatera modellen och för att räkna fram observerad tillrinning bakåt i tid. Det finns även möjlighet att läsa in avdunstning som indata men det används som regel inte i HBV-modeller uppsatta för dagliga prognoskörningar.

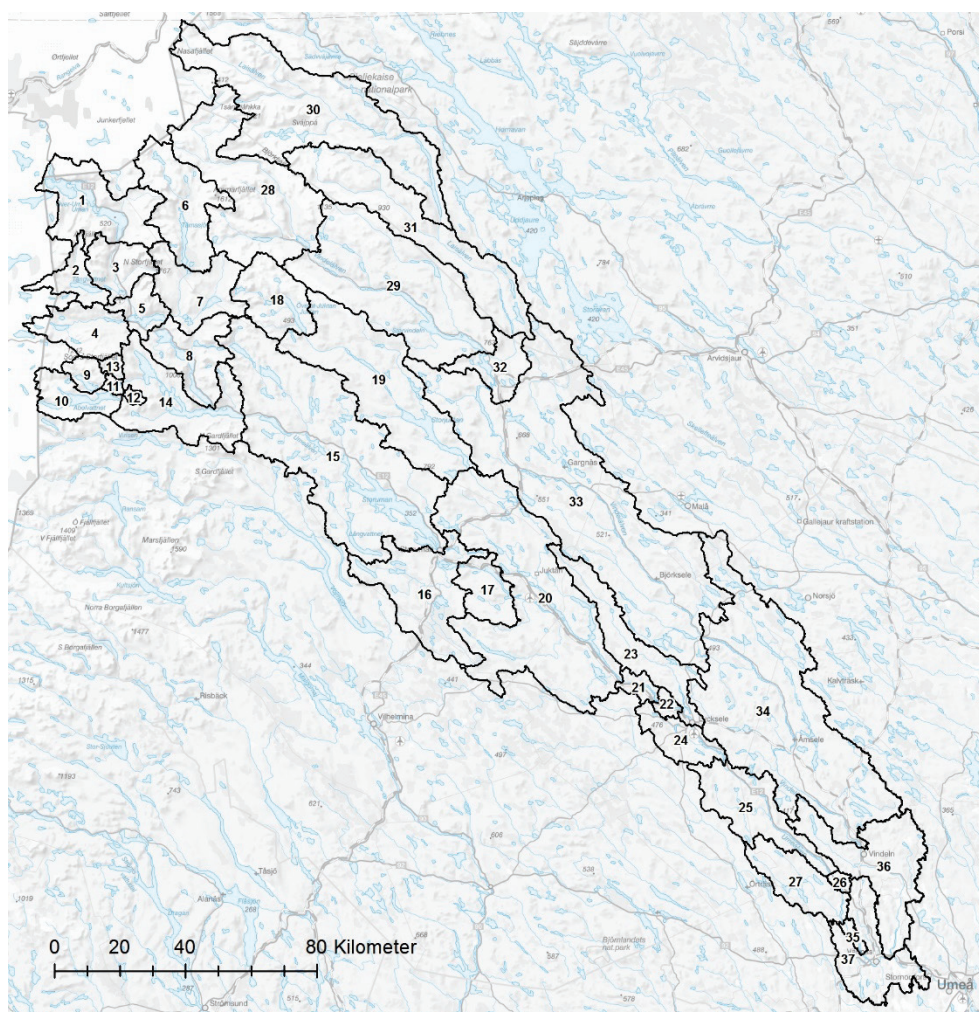
2.2.2 Prognosmodell Umeälven

Den första versionen av prognosmodellen för Umeälven sattes upp under slutet av nittonhundratalet. Därefter har enskilda delområden kalibrerats om i samband med större modellgenomgångar år 2013/2014 och 2016. Mindre justeringar i modelluppsättningen (ej kalibrering) har gjorts löpande vid behov. Ingen ny kalibrering eller modellöversyn har ingått i detta projekt.

I modellen är Umeälvens avrinningsområde uppdelat i trettiosju delområden. Beräknade tillrinningar per delområde aggregeras inom nio större prognosområden, vilka avpassats för att ge prognoser på (total) tillrinning vid de viktigaste punkterna längs älven.

I operationellt läge används observerad nederbörd och temperatur från PTHBV som drivdata för att köra fram modellen inför prognoskörning. PTHBV är en databas med observerad nederbörd och temperatur interpolerat till ett rikstäckande grid med upplösning 4x4 km² (B. Johansson, 2000, B. Johansson & Chen, 2003). Sedan årsskiftet 2019/2020 används en automatiserad och delvis omskriven variant av den ursprungliga PTHBV-databasen som drivdata till operationella modellkörningar inom SMHI. Modellen uppdateras därtill med dagliga observationer av vattenstånd och tappningar som skickas in av regleringsföretagen till SMHI.

Delområden och prognosområden i Umeälvens prognosmodell i HBV visas i Figur 1 och Tabell 1.



Figur 1. Delområden i prognosmodellen för Umeälven i HBV.

Tabell 1. Delområden och prognosområden i prognosmodellen för Umeälven i HBV.

Namn	Id_HBV	Area	Prognosområde
Överuman	1	651	Överuman
Tängvattnet	2	194	
Ahasjön	3	278	
Nedre Jovattnet	4	356	
Laisan	5	187	
Tärnasjön	6	611	
Solberg	7	471	
Göuta-Ajaure	8	436	Göuta-Ajaure
Ropen	9	102	
Abelvattnet	10	256	
Bleriken	11	28	
Skurträskbäcken	12	24	
Skidträskbäcken	13	40	Bleriken
Gardiken	14	725	Gardiken
Storuman	15	2329	Storuman
Överstjuktan	18	418	
Storjuktan	19	1280	Storjuktan
Stensele	16	793	
Grundfors	17	275	
Rusfors	20	2018	
Bålforsen	21	81	Bålforsen
Betsele	22	51	
Hällforsen	23	531	
Tuggen	24	261	
Bjurfors_Ö	25	560	
Bjurfors_N	26	34	
Harrsele	27	390	Harrsele
Gauträsk	28	1261	
Karlsten	29	1638	
Laisvall	30	1771	
Granselet	31	1109	
Sorsele	32	270	
Ruskträsk	33	3264	
Vindeln	34	2525	
Pengfors	35	38	
Spöland	36	778	
Stornorrfors	37	514	Stornorrfors

2.3 METEOROLOGISKA PROGNOSER

2.3.1 PMP

Prognosen i PMP baseras på ett flertal olika meteorologiska modeller vilka sätts samman och editeras av meteorologer på SMHI.

Vilka modeller som väljs till PMP bestäms av vakthavande meteorolog efter bearbetning av ett stort datamaterial och jämförelse mellan flera olika tillgängliga vädermodeller. De allra första timmarna tas även hänsyn till observationer som extrapoleras framåt och blandas med modelldata. Kombinationen av modeller i PMP varierar därmed från dag till dag men vanligt är att de första prognosdygnen utgår från SMHI:s modell Arome. Från dygn tre används ofta data från ECMWF:s deterministiska modell och mot slutet, ofta kring prognosdygn sju till tio, men tidsspannet varierar med osäkerheten i väderläget, används data från ECMWF:s ensemblesystem.

Manuella editeringar av meteorologerna görs främst på de första prognosdygnen, baserat på erfarenhet och observationer i samma väderläge, och kan till exempel handla om att korrigera molnighet, höja/sänka temperatur samt ta bort/lägga till nederbörd.

Den färdiga PMP-prognosen har en rumslig upplösning på cirka 2.5*2.5 km². Prognosen uppdateras sex gånger per dygn och innehåller värden för tio dygn framåt med första prognosdygn på innevarande dygn.

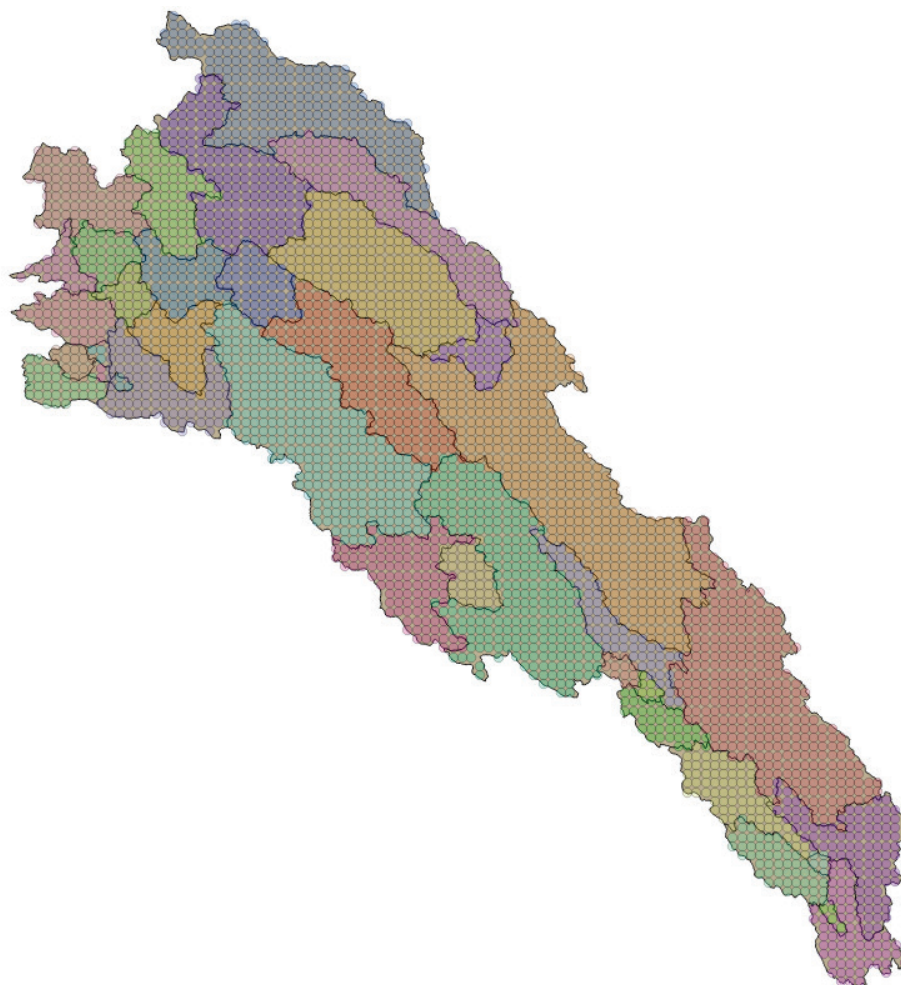
2.3.2 Anpassning PMP-prognoser till HBV

Meteorologisk prognos per delområde i HBV

Prognoser till delområden i HBV hämtades enligt två olika metoder, beskrivna nedan. Metod 1 motsvarar det sätt som prognoser hämtas till de dagliga (operationella) körningarna av regleringsföretagens HBV-modeller.

Koppling av PMP-prognos till delområde i HBV

1. Nederbörd- och temperaturprognos till delområde i HBV hämtas från gridruta (i PMP) i mitten av delområdet.
2. Nederbörd- och temperaturprognos per delområde i HBV hämtas som ett medelvärde av prognoserna i alla gridrutor som faller inom delområdet.



Figur 2. PMP-grid fördelat över delområden i HBV-modellen.

I metod 1 byggde kopplingen mellan gridruta i PMP och delområde i HBV på en tabell med mittpunktskoordinater för vardera delområde. I metod 2 användes en shapefil med delområdespolygoner för att välja ut aktuella gridrutor i PMP (Figur 2) och koppla till rätt delområde i HBV-modellen.

Aggregering till dygn

Tidsupplösningen (antal värden per tidssteg), i de meteorologiska prognoserna varierar ofta mellan olika prognosdygn i perioden och är i vissa fall, exempelvis för PMP, även beroende på när på dygnet prognosen uppdaterades.

Värdena kan därtill vara fördelat med ojämnt intervall, exempelvis kan det finnas värden för timme 0, 3, 6, 9, 12 och 18 utc. Tätheten/upplösningen är som regel högst i början av prognosperioden för att sedan glesas ut.

Eftersom regleringsföretagens HBV-modeller körs med dygnupplösning behöver nederbörd- och temperaturprognoserna aggregeras till ett värde per dygn, innan de kan läsas in i HBV som underlag för tillrinningsprognoser.

Dygnsnederbörd beräknas som regel genom att integrera nederbördsvärden mellan tillgängliga timmar för summering till total nederbörd per dygn.

Dygnsmedeltemperatur kan beräknas på olika sätt. I det här projektet har två metoder använts; jämn viktning och anpassad viktning, beskrivna nedan som metod 1 respektive metod 2.

1. Jämn viktning: medelvärde av alla värden med lika stor vikt på alla timmar. I exempel med värden fördelat på timme 0, 3, 6, 9, 12 och 18 utc räknas medel enligt: $(v_0*3 + v_3*3 + v_6*3 + v_9*3 + v_{12}*6 + v_{18}*6) / 24$.
Där v_0 är värdet för timme 0, v_3 värdet för timme 3 osv.
2. Anpassad viktning: medelvärde av ett urval av värden från timmar med jämnt intervall. I exempel med värden fördelat på timme 0, 3, 6, 9, 12 och 18 utc räknas medel enligt: $(v_0*6 + v_6*6 + v_{12}*6 + v_{18}*6) / 24$.
Där v_0 är värdet för timme 0, v_6 värdet för timme 6 osv.

Metod 1 motsvarar det sätt som prognoser hämtas till HBV vid dagliga/operationella körningar. I perioder då temperaturen varierar mycket under dygnet riskerar denna metod att ge en för hög dygnsmedeltemperatur på grund av att värdet mitt på dagen får (för) stort genomslag. Metod 2 antas ge en mer korrekt dygnsmedeltemperatur och inkluderas i testkörningarna för att uppskatta hur stor effekt en förändrad viktning av temperatur skulle få om det genomfördes i operationellt läge.

Variabler nederbörd

Från PMP har tre olika nederbördsvariabler testats som indata till HBV; P medel, P median och TP, beskrivna nedan.

- P medel = nederbörd i varje tidssteg är medel av nederbörd i aktuell timme, föregående timme och nästkommande timme, i gridrutor inom en radie av 25 km²
- P median = nederbörd varje tidssteg är median av nederbörd i aktuell timme, föregående timme och nästkommande timme, i gridrutor inom en radie av 25 km²
- TP = samma som P median men där P median har nederbörd > 0 mm, används P medel. TP är den nederbördsvariabel som visas på smhi.se

Höjjustering av nederbörd- och temperaturprognoser i HBV

HBV läser in nederbörd- och temperaturprognos via en sammansatt prognosfil med värden uppdelade per delområde, dygn och variabel. För varje delområde ges även en höjd som prognosen antas gälla vid. HBV använder höjden till att justera prognosvärdena inom respektive delområde till delområdets höjd-zoner. Justeringen görs med faktorer för höjdkorrektion som finns i HBV-distriktet; $pcalt/pcaltup$ för P och $tcalt$ för T. $Tcalt$ har enhet grader C / 100 m och sätts som regel till 0,6. $Pcalt$ och $pcaltup$ med enhet 1/100 meter, kan vid behov justeras i samband med kalibreringen men ändras vanligtvis inte så mycket ($pcaltup$ används över given tröskelnivå). I Umeålväns prognosmodell är $tcalt$ 0,6, $pcalt$ är 0,07 i sjutton delområden och 0,1 i tjugo delområden. $Pcaltup$ är 0.

Prognoser hämtade till HBV i det här projektet har lästs in med samma höjder per delområde som används i de operationella prognoskörningarna för Umeälven, motsvarande medelhöjden per område.

2.3.3 Övriga prognoskällor – Arome och ECMWF

I tillägg till prognoskörningar i HBV med prognoser från PMP (2.3.1) har HBV körts med prognoser från SMHI:s modell Arome och från ECMWF:s (European Center for Medium Range Forecast) deterministiska modell.

Arome

Arome är SMHI:s mest högupplösta operationella meteorologiska modell. Det är en regional modell som täcker Sverige, Norge, Danmark, Finland och Baltikum och har rumslig upplösning 2.5x2.5 km². Arome uppdateras åtta gånger per dygn och ger prognoser för sextiosex timmar, med värden för varje timme. Randvillkor för Arome hämtas från ECMWF:s (globala) deterministiska modell.

ECMWF:s deterministiska modell

ECMWF:s deterministiska modell är en global modell med rumslig upplösning ca 9x9 km². Prognoserna uppdateras fyra gånger per dygn, timme 00, 06, 12, 18, och ger prognoser för tio dygn. Uppdateringar timme 12 och 18 görs för delar av perioden. De första nittio timmarna finns timvärden, därefter finns värden var tredje timme fram till dygn sex och därefter var sjätte timme fram till dygn tio.

Kalmanfiltrering

Prognoser från Arome och ECMWF:s har testats i två versioner; en oförändrad/originalversion och en version med kalmanfiltrerad temperatur. Kalmanfiltreringen ger en justering av prognosen med en faktor som baseras på skillnaden mellan prognostiserad och observerad temperatur. Justeringen har gjorts per HBV delområde och med temperaturdata från PTHBV (interpolerat per delområde i HBV) som observation.

2.3.4 Prognosscenarier PMP till HBV

Historiska PMP-prognoser hämtades för mars, april, maj från år 2016 till och med 2020. För varje dygn hämtades prognosen som uppdaterats på förmiddagen, efter meteorologernas förmiddagskonferens. Uppdateringstiden valdes för att överensstämma med den prognosuppdatering som används i "huvudkörningen" av de operationella HBV-modellerna.

Prognoserna anpassades till delområden enligt beskrivning i 2.3.2 och kombinerades till fem scenarier för prognoskörningar i HBV. Kombinationer ges i Tabell 2.

Tabell 2. Kombination av prognosscenarier till HBV. Kolumn 4 anger om prognoser till delområdena i HBV är värde från enskild gridruta (mittpunkt) eller medel av värden från gridrutor i hela delområdet.

Prognosscenario	T dygnsmedel	P variabel	Mittpunkt/medelvärde
1	jämn viktning	medel	mittpunkt
2	jämn viktning	medel	medel
3	anpassad viktning	medel	medel
4	anpassad viktning	median	medel
5	anpassad viktning	tp	medel

Scenario 1 är närmast överensstämmande med den metod som används för att hämta prognoser till operationella körningar av regleringsföretagens HBV-modeller.

Prognoskörningar sattes upp med framkörning från 1 oktober 2015 till startdatum för aktuell (arkiverad) prognos. Framkörningar gjordes utan manuell eller automatisk korrektion av indata. Drivdata i Umeålvens prognosmodell uppdaterades för åren 2015 till och med 2020 med nederbörd och temperatur från nya versionen av PTHBV.

2.3.5 Prognosscenarier Arome och ECMWF till HBV

Historiska prognoser från Arome och ECMWF hämtades för samma period som PMP-prognoser; mars, april, maj för åren 2016 t.o.m. 2020.

Prognoserna hämtades som medelvärde av gridrutor inom respektive delområde i HBV och med anpassad viktning av dygnsmedeltemperatur, enligt beskrivningar i 2.3.2.

Prognoserna kombinerades till fyra scenarier för körningar i HBV. Kombinationer beskrivna i Tabell 3.

Tabell 3. Kombination av prognosscenarier till HBV. Kolumn 4 anger om prognoser till delområdena i HBV är värde från enskild gridruta (mittpunkt) eller medel av värden från gridrutor i hela delområdet.

Prognoskälla	Kalmanfilter temperatur	T dygnsmedel	Mittpunkt/medelvärde	Prognoslängd (dygn)
EC deterministisk		anpassad viktning	medel	9
EC deterministisk	X	anpassad viktning	medel	9
Arome		anpassad viktning	medel	2
Arome	X	anpassad viktning	medel	2

Prognoskörningar sattes upp med framkörning från 1 oktober 2015 till startdatum för aktuell (arkiverad) prognos. Framkörningar gjordes utan manuell eller automatisk korrektion av indata.

3 Resultat

Modellkörningar i HBV med prognosscenarier från PMP (2.3.4) har utvärderats för nederbörd, temperatur och tillrinning och sammanställts separat för varje prognosområde (Figur 1 och Tabell 1). Nederbörd och temperatur har utvärderats mot interpolerade observationer från PTHBV. Tillrinning har utvärderats mot observerad beräknad tillrinning. De kriterier som använts är korrelation och bias. Kriterierna har beräknats separat för prognosdygn 1 och 2 och som medelvärde för dygn 3–5 respektive 6–9.

Prognosscenarier från Arome och ECMWF (2.3.5) har utvärderats för nederbörd och temperatur. I övrigt enligt ovanstående beskrivning för PMP, med undantaget att kriterier för Arome endast beräknats för prognosdygn 1 och 2.

Bias motsvarar differensen mellan observation och prognos och är ett mått på det systematiska felet där positivt värde indikerar överskattning och negativt värde indikerar underskattning. Bias lika med noll betyder att prognosen i genomsnitt ger samma värde som observation under månaderna mars, april, maj från 2016 t.o.m. 2020.

Korrelationen beräknas enligt formeln nedan och ges som mått på hur väl prognosen samvarierar med observation. Korrelationen varierar mellan -1 och 1 där höga positiva värden tyder stor samvariation (1 = perfekt korrelation).

$$\text{Korrelation} = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}$$

För alla variabler och kriterier redovisas medel, min och max för perioden 2016 till och med 2020.

3.1 PMP

Bias och korrelation för temperatur, nederbörd och tillrinning från HBV kört med PMP prognosscenarier i Tabell 2, visas i Figur 3 t.o.m. Figur 14.

I genomsnitt för perioden 2016 t.o.m. 2020 ger PMP beräknad som medelvärde av gridrutor per delområde (scenario 2) lägre temperatur på våren i prognosområdena än PMP från enskild gridruta i mitten av delområdet (scenario 1) (Figur 3 och Figur 4). Enda undantaget är Stornorrfor, där PMP hämtad som medelvärde ger prognos med marginellt högre temperatur för dygn 6 – 9 än PMP från mittpunkt. Skillnaden mellan de två scenarierna är störst i västra delen av avrinningsområdet, vilket kan förklaras av att höjdskillnaderna är större i fjällområden i väster än i skogsområden närmare kusten.

Olika viktning av dygnsmedeltemperatur (scenario 2 och 3) har i de här testerna haft mycket liten effekt både på bias och korrelation. De skillnader som syns är tydligast för dygn 3–5 och dygn 6–9 vilket stämmer överens med att tidsupplösningen (antal värden / dygn) i PMP förändras dygn 3 och 7.

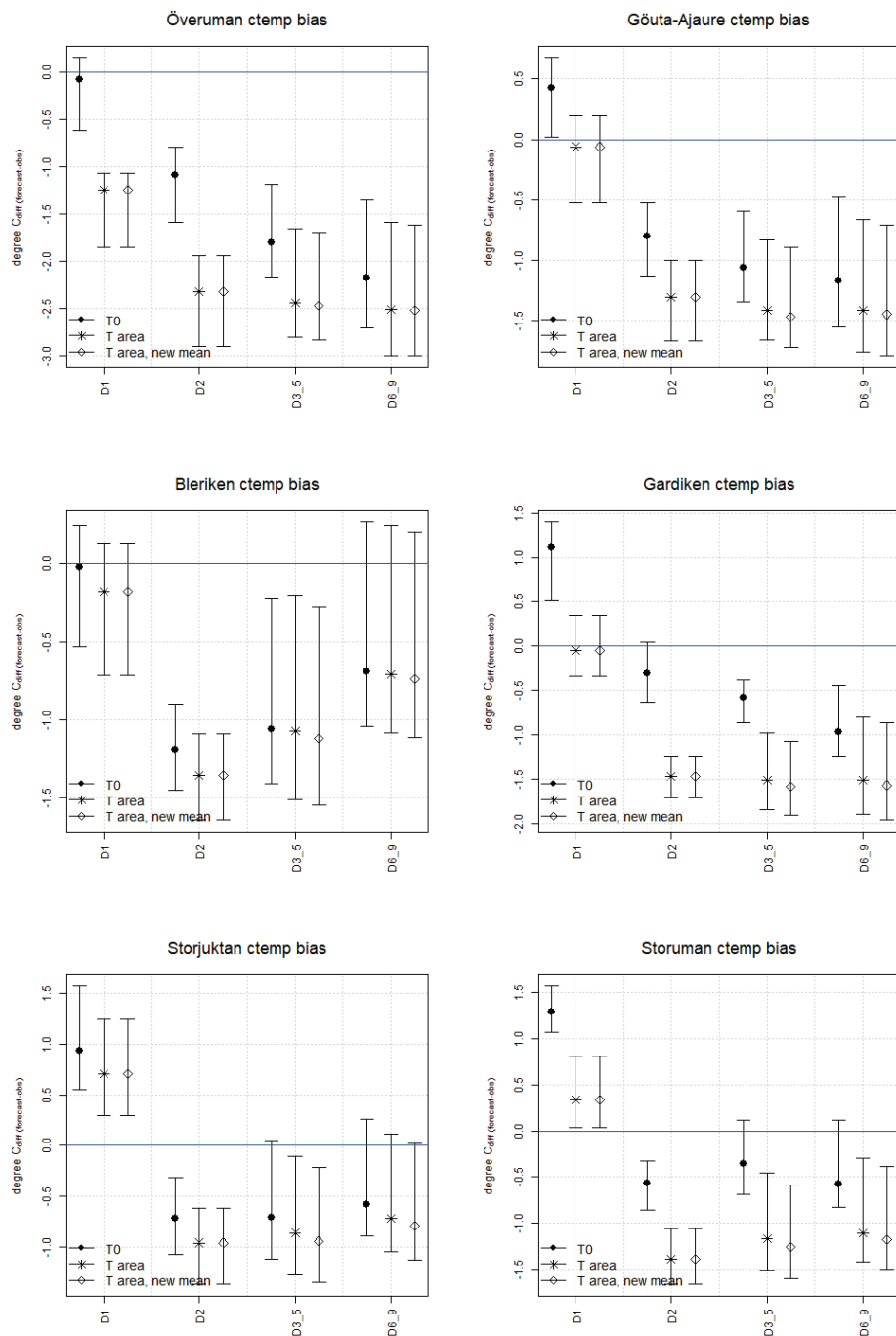
I förhållande till observation (PTHBV), ger alla temperaturscenarier i genomsnitt en underskattning av temperaturen från prognosdygn två och framåt. För scenario

1, PMP från mittpunkt, överensstämmer underskattningen dygn 2 – 9 med resultat från utvärderingar av operationella prognoser (avsnitt 1). Överskattningen av temperatur i scenario 1 på första prognosdygnet, vilket ses i sju av nio områden, skiljer sig däremot från årliga utvärderingarna och är troligtvis en följd av att PMP-prognoser i detta projekt, till skillnad från prognoshämtning operationellt, inte inkluderar timmarna under natten från det första prognosdygnet.

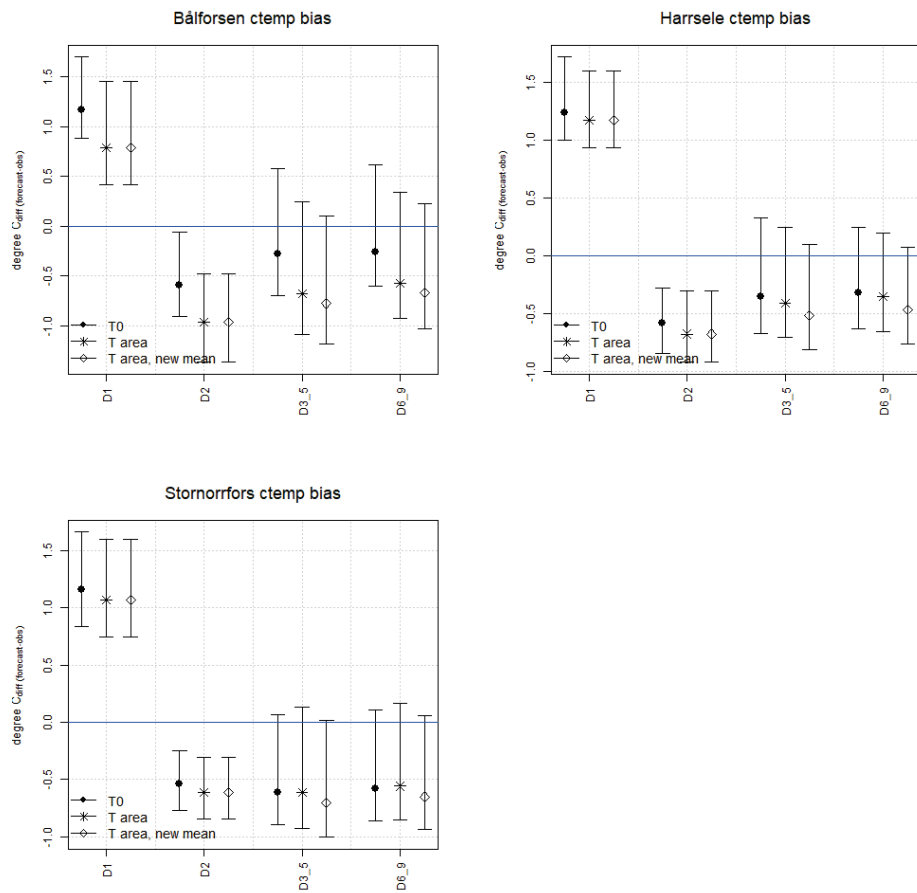
Med avseende på nederbörd, ger PMP hämtad från mittpunkt (scenario 1) och PMP hämtat som medelvärde (scenario 2) ungefär samma mängder; i genomsnitt för perioden 2016 t.o.m. 2020 är skillnaden mellan de två scenarierna på prognosområdesnivå +/- 0,1 mm (Figur 7 och Figur 8). Jämfört med observation ger scenario 1, 2 (3) och 5 i genomsnitt för lite nederbörd första prognosdygnet och för mycket nederbörd i prognosdygn två. Scenario 4, baserat på PMP median, ger i alla prognosområden mindre nederbörd än PMP medel och PMP tp, i genomsnitt för perioden 2016 t.o.m. 2020.

Skillnaden i tillrinning med olika PMP-scenarier (Figur 11 t.o.m. Figur 14) är i de flesta delar av älven relativt liten, under 5 % av MQ för vårmånaderna 1964–2020. Undantagen är Överuman och Gardiken där prognoser från mittpunkt per delområde (scenario 1) ger upp till 20 % högre genomsnittlig tillrinning än övriga scenarier, med PMP som medel per delområde. Samma områden hade också de största temperaturskillnaderna (Figur 3 och Figur 4). Det torraste nederbördsscenariot, PMP median, i scenario 4, ger som väntat minst tillrinning i alla områden men överlag är skillnaden i tillrinning liten mellan prognosscenario 2 t.o.m. 5.

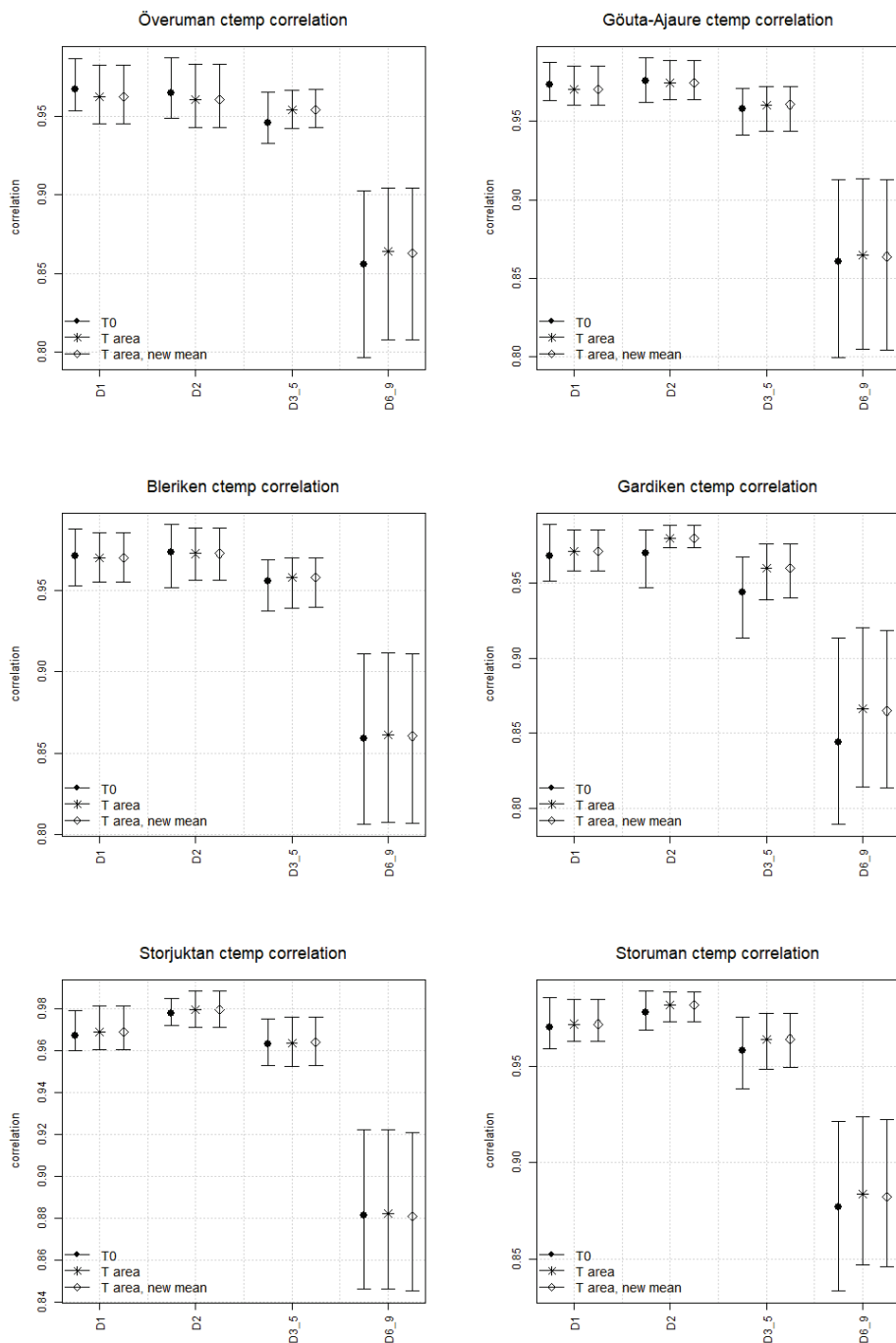
Även för korrelation, (Figur 5, Figur 6, Figur 9, Figur 10, Figur 13, Figur 14), är resultatet för de olika scenarierna ganska lika. För prognosdygn ett och två är den genomsnittliga skillnaden under 0,01 enheter för temperatur och tillrinning och under 0,03 enheter för nederbörd. Från prognosdygn tre och framåt är spridningen något större, 0,01 – 0,03 enheter, och där ger scenario 2 och 3 i alla prognosområden i genomsnitt lite högre korrelation för temperatur, jämfört med scenario 1. För nederbörd ger scenario 2 och 3 i genomsnitt lite högre korrelation de första två prognosdygnen i de flesta områden.



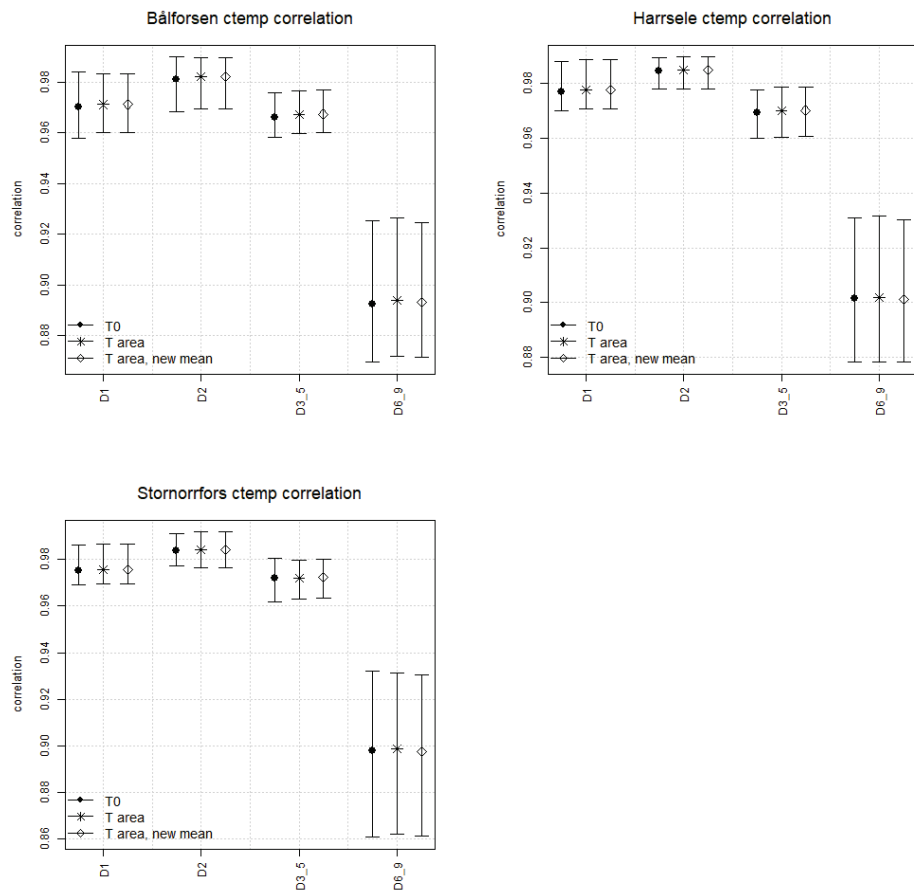
Figur 3. Bias temperatur från HBV prognoskörning med PMP-prognossценарier 1 – 3 (Tabell 2). "T0" = scenario 1, "T area" = scenario 2 och "T area, new mean" = scenario 3. Markeringar visar min, max och medel av avvikelser mars-maj för åren 2016–2020.



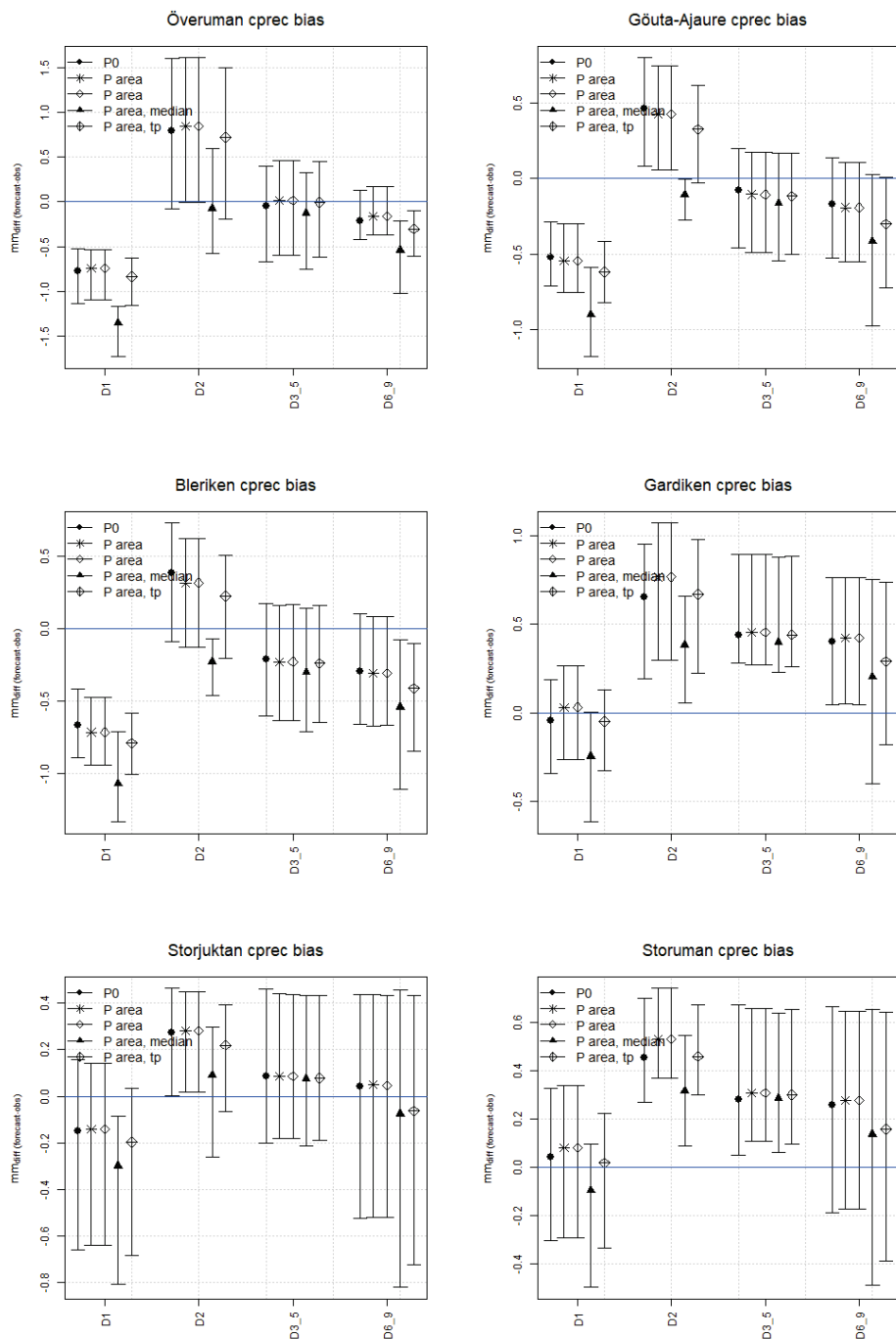
Figur 4. Bias temperatur från HBV prognoskörning med PMP-prognosscenarier 1 – 3 (Tabell 2). "T0" = scenario 1, "T area" = scenario 2 och "T area, new mean" = scenario 3. Markeringar visar min, max och medel av avvikelser mars-maj för åren 2016–2020.



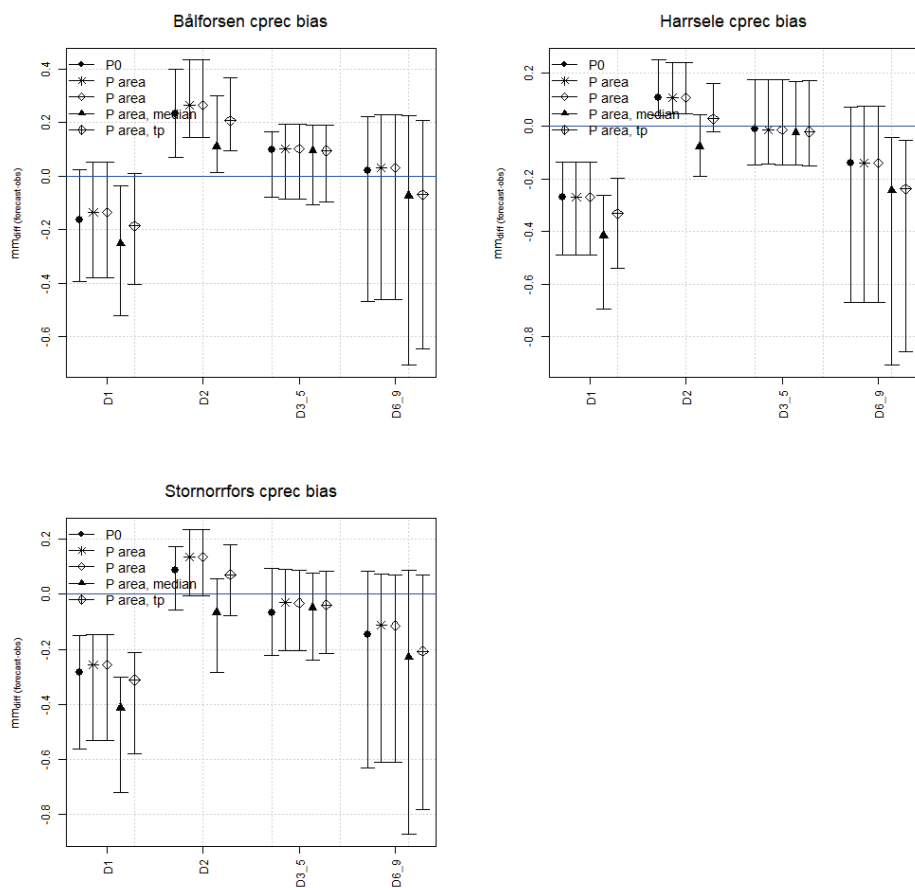
Figur 5. Korrelation temperatur från HBV prognoskörning med PMP-prognossценарier 1 – 3 (Tabell 2). "T0" = scenario 1, "T area" = scenario 2 och "T area, new mean" = scenario 3. Markeringar visar min, max och medel av avvikelser mars-maj för åren 2016–2020.



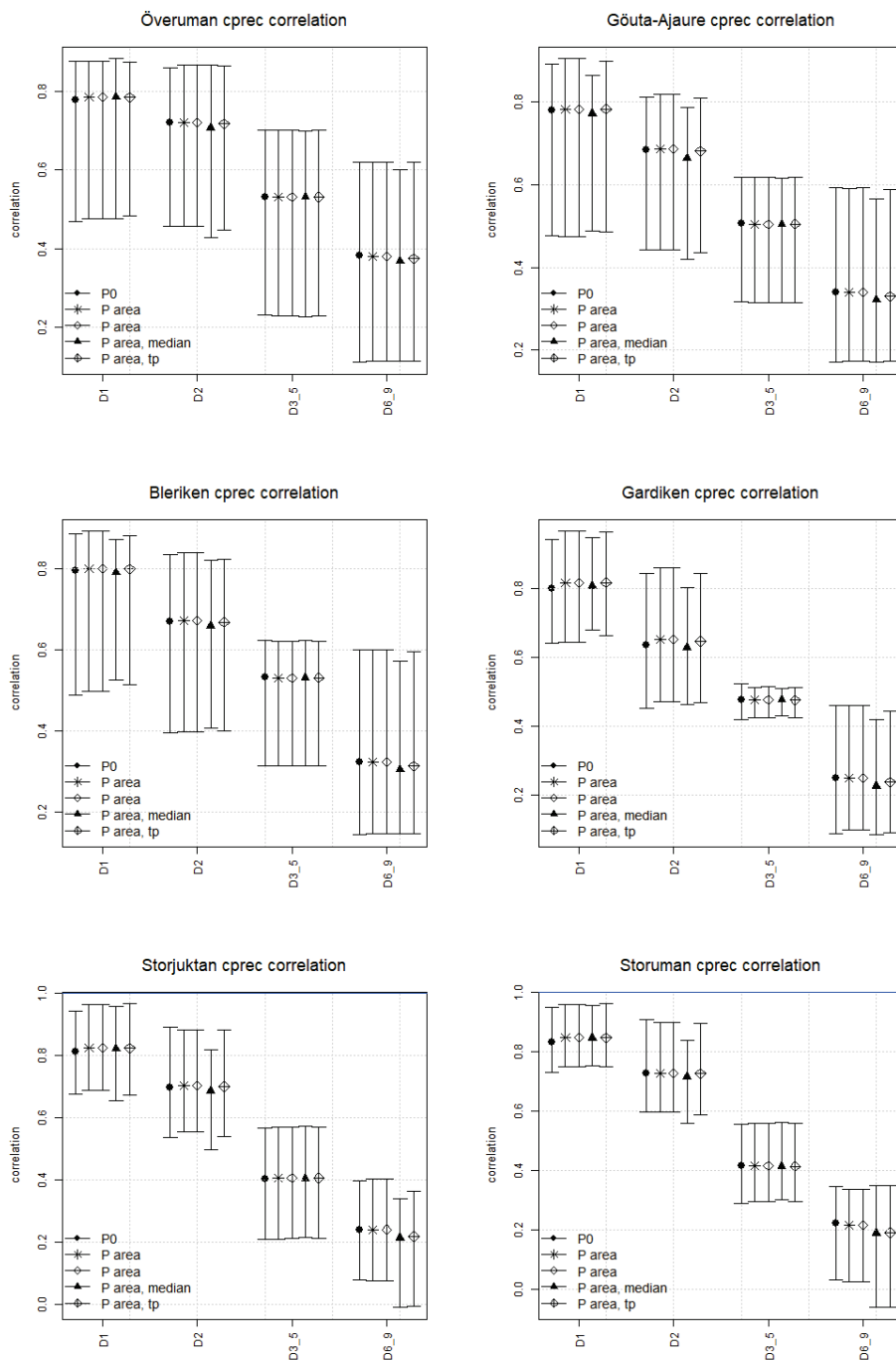
Figur 6. Korrelation temperatur från HBV prognoskörning med PMP-prognossscenarier 1 – 3 (Tabell 2). "T0" = scenario 1, "T area" = scenario 2 och "T area, new mean" = scenario 3. Markeringar visar min, max och medel av avvikelser mars-maj för åren 2016–2020.



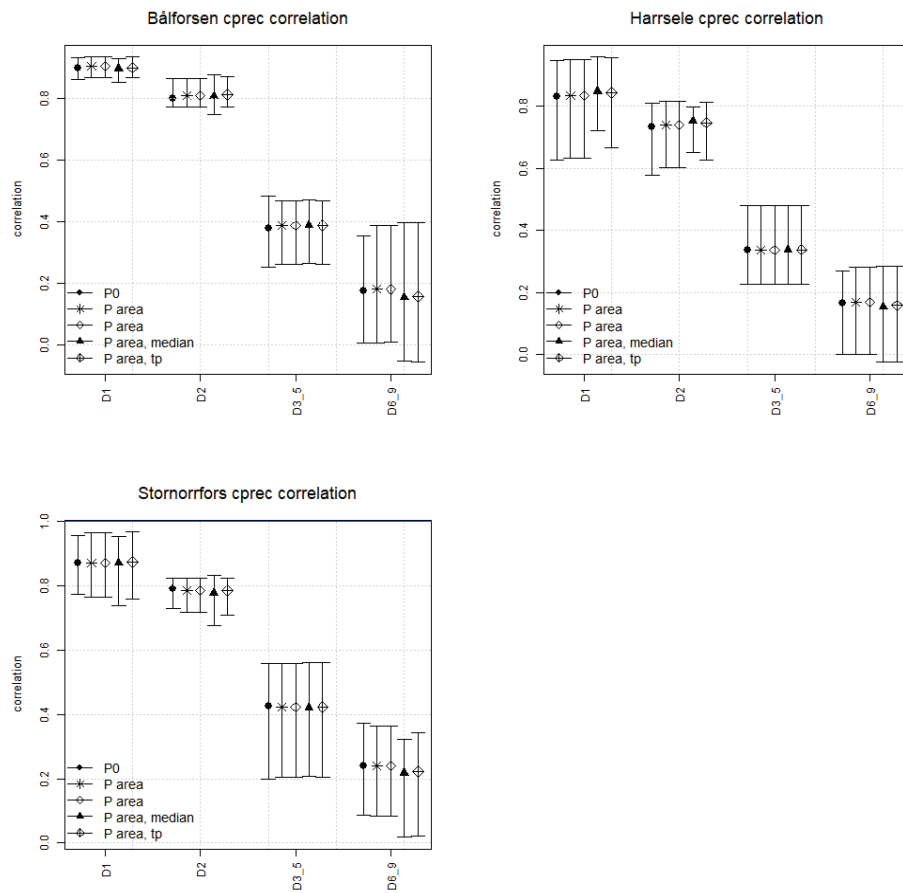
Figur 7. Bias nederbörd från HBV prognoskörning med PMP-prognosscenarier 1 – 5 (Tabell 2). "P0" = scenario 1, "P area" = scenario 2 och 3, "P area, median" = scenario 4, "P area, tp" = scenario 5. Markeringar visar min, max och medel av avvikelser mars-maj för åren 2016–2020.



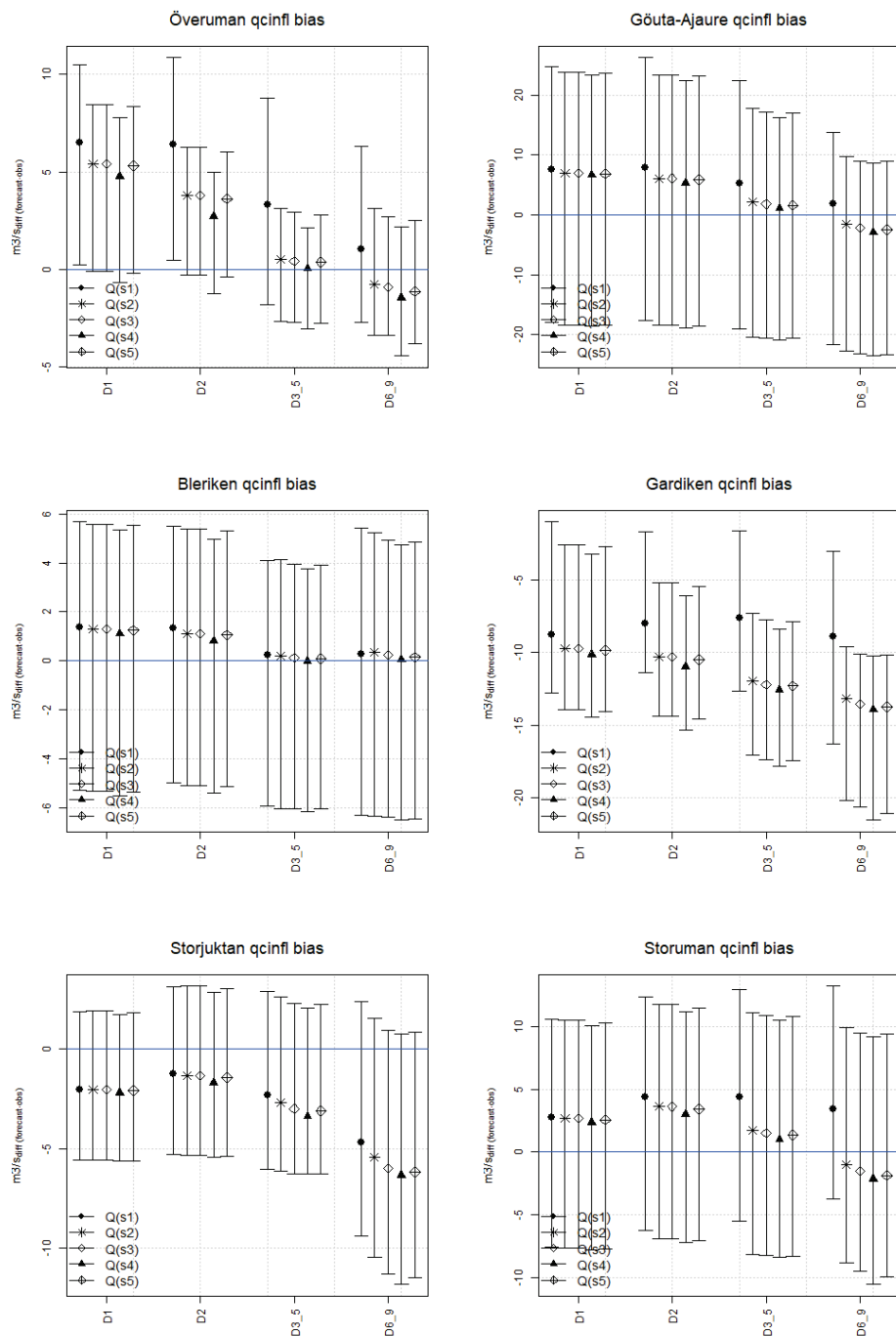
Figur 8. Bias nederbörd från HBV prognoskörning med PMP-prognosscenarier 1 – 5 (Tabell 2). "P0" = scenario 1, "P area" = scenario 2 och 3, "P area, median" = scenario 4, "P area, tp" = scenario 5. Markeringar visar min, max och medel av avvikelser mars-maj för åren 2016–2020.



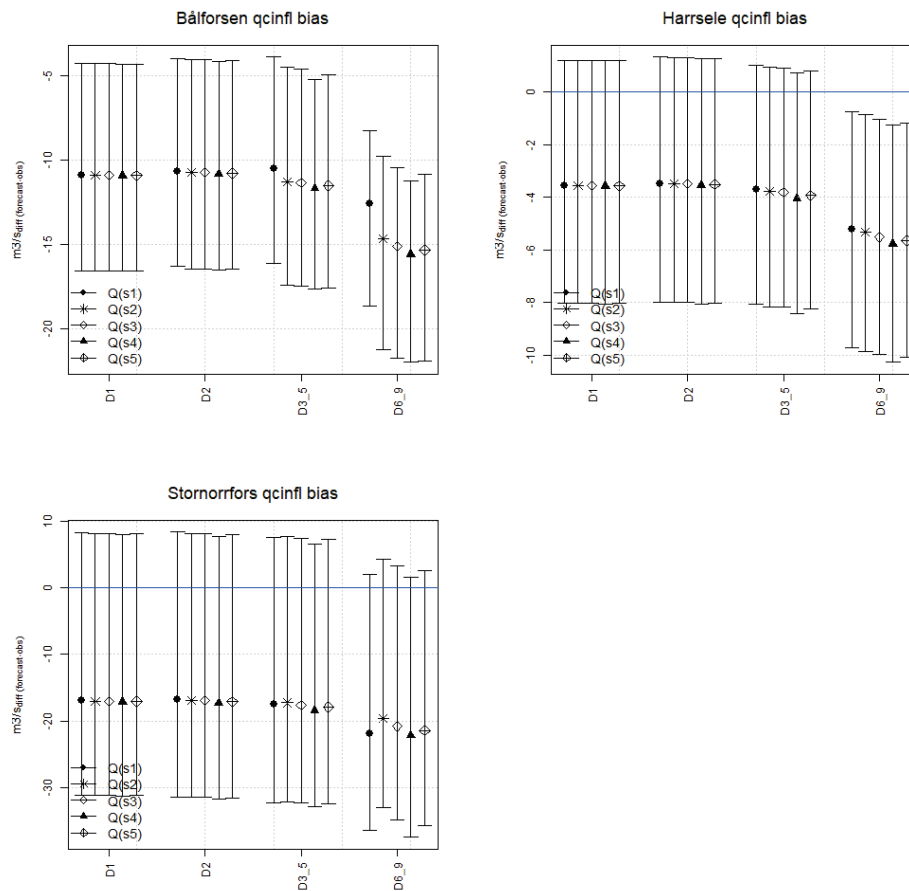
Figur 9. Korrelation nederbörd från HBV prognoskörning med PMP-prognossscenarioer 1 – 5 (Tabell 2). "P0" = scenario 1, "P area" = scenario 2 och 3, "P area, median" = scenario 4, "P area, tp" = scenario 5. Markeringar visar min, max och medel av avvikelser mars-maj för åren 2016–2020.



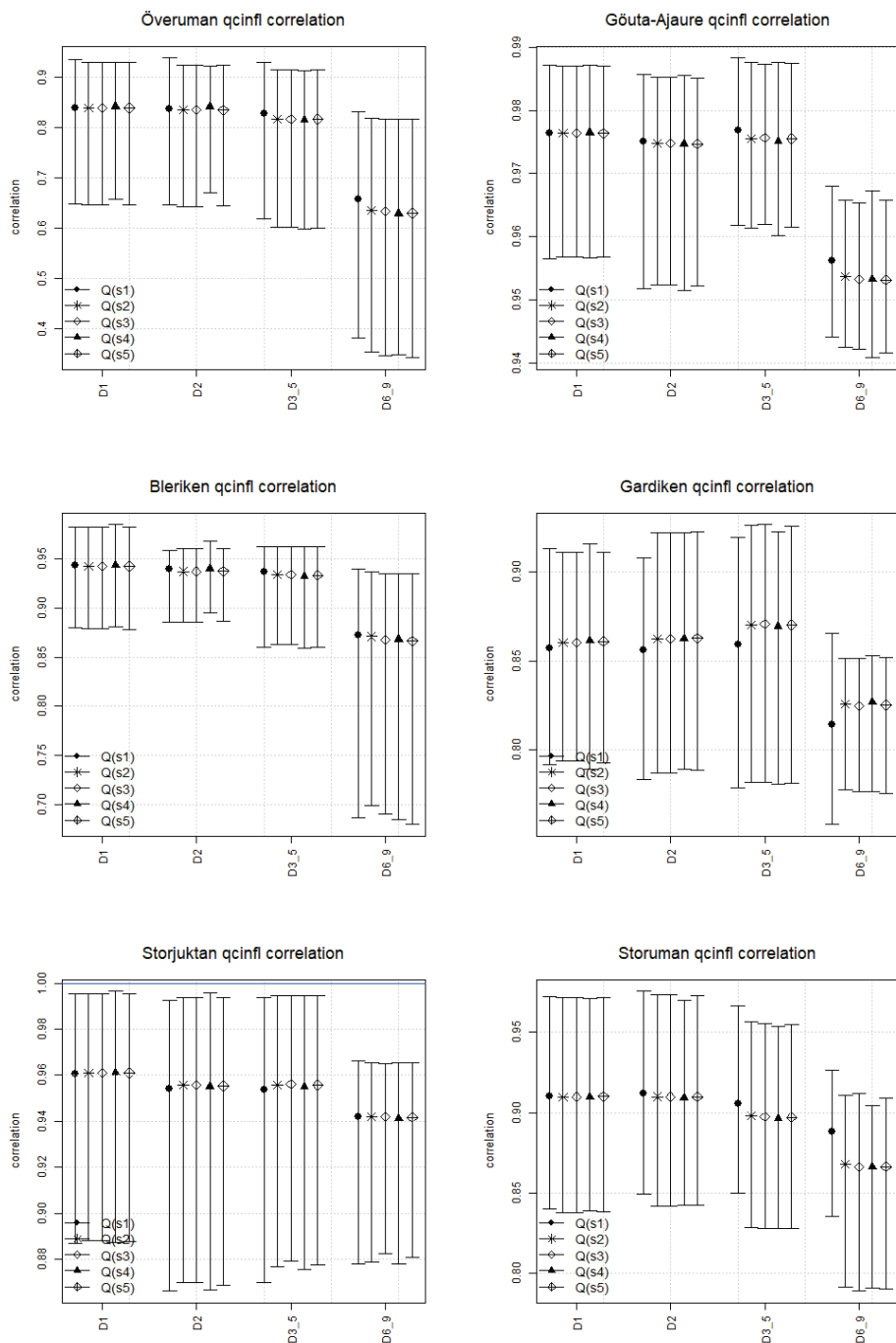
Figur 10. Korrelation nederbörd från HBV prognoskörning med PMP-prognosscenarier 1 – 5 (Tabell 2). "P0" = scenario 1, "P area" = scenario 2 och 3, "P area, median" = scenario 4, "P area, tp" = scenario 5. Markeringar visar min, max och medel av avvikelser mars-maj för åren 2016–2020.



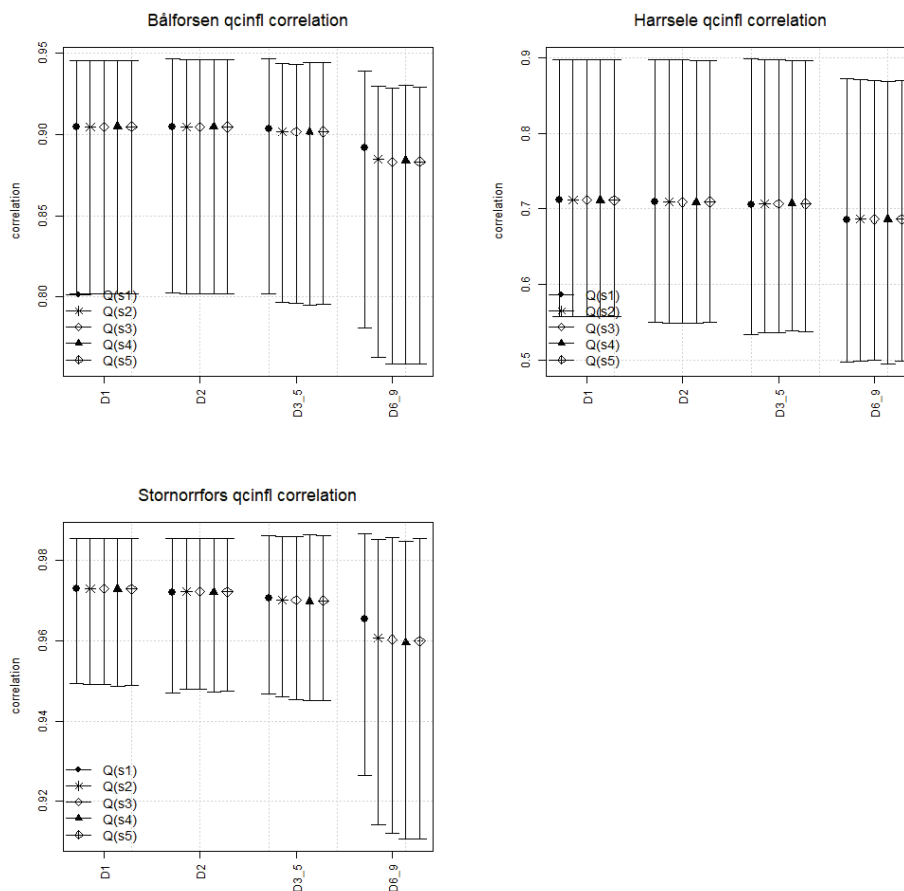
Figur 11. Bias tillrinning från HBV prognoskörning med PMP-prognosscenarier 1 – 5 (Tabell 2). "Q(s1)" = scenario 1, "Q(s2)" = scenario 2, osv. Markeringar visar min, max och medel av avvikelser mars-maj för åren 2016–2020.



Figur 12. Bias tillrinning från HBV prognoskörning med PMP-prognossscenarier 1 – 5 (Tabell 2). "Q(s1)" = scenario 1, "Q(s2)" = scenario 2, osv. Markeringar visar min, max och medel av avvikelser mars-maj för åren 2016–2020.



Figur 13. Korrelation tillrinning från HBV prognoskörning med PMP-prognossценарier 1 – 5 (Tabell 2). "Q(s1)" = scenario 1, "Q(s2)" = scenario 2, osv. Markeringar visar min, max och medel av avvikelser mars-maj för åren 2016–2020.



Figur 14. Korrelation tillrinning från HBV prognoskörning med PMP-prognosscenarier 1 – 5 (Tabell 2). "Q(s1)" = scenario 1, "Q(s2)" = scenario 2, osv. Markeringar visar min, max och medel av avvikelser mars-maj för åren 2016–2020.

3.2 AROME

Bias och korrelation för temperatur och nederbörd från HBV kört med prognosscenarier från Arome (Tabell 3), visas i Figur 15 t.o.m. Figur 22. Som jämförelse med oförändrad/ursprunglig PMP, visas även resultat från PMP scenario 1 (Tabell 2) i diagrammen.

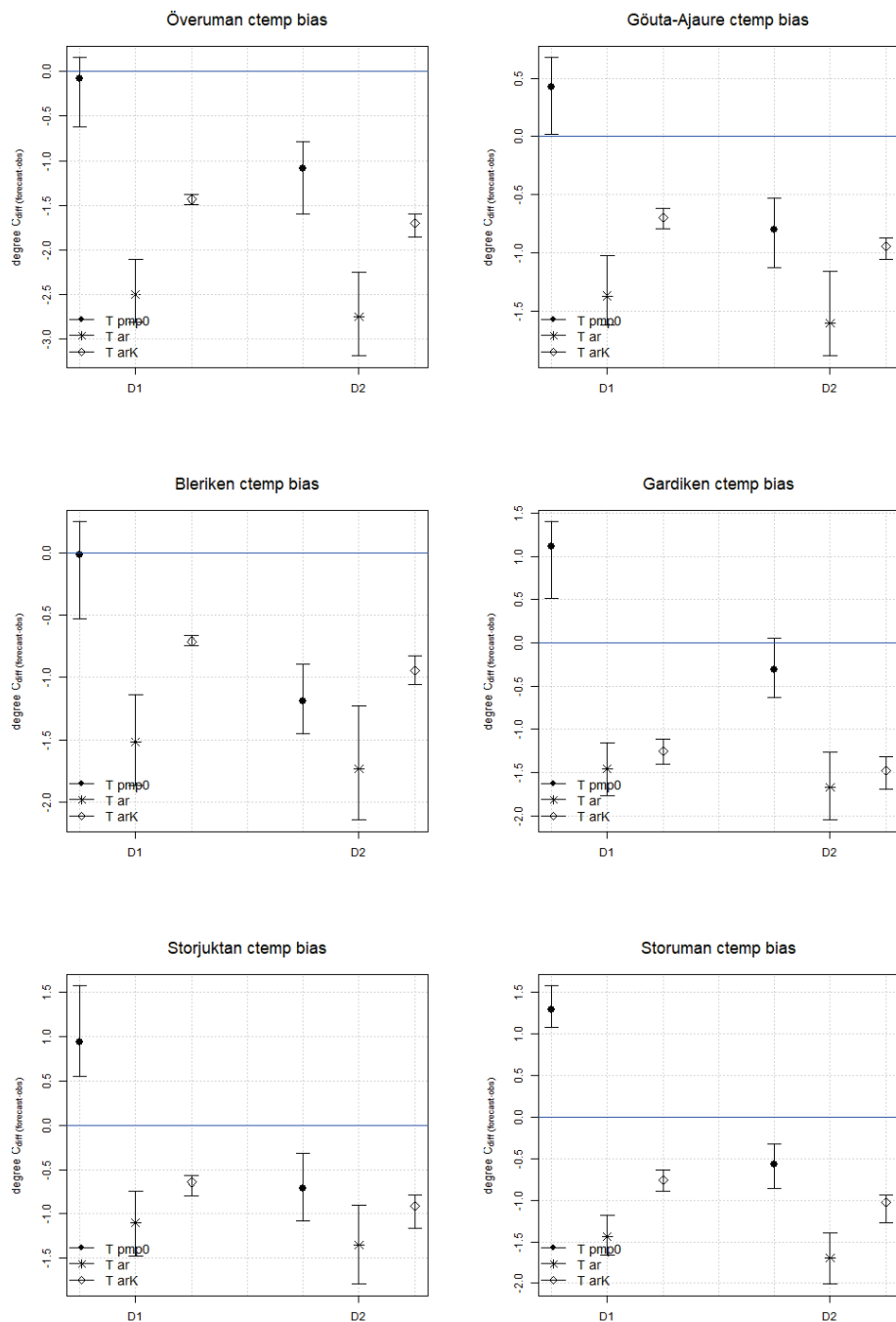
I perioden 2016 t.o.m. 2020 ger temperaturprognoser i HBV baserat på Arome i genomsnitt en underskattning av temperaturen på våren i alla prognosområden både prognosdygn ett och två (Figur 15 och Figur 16). Jämfört med PMP-prognoser ger prognoser från Arome även högre bias i förhållande till observation (PTHBV) i större delen av älven. Kalmanfiltreringen minskar biasen och ger för prognosdygn två även lägre bias än prognosen baserat på PMP i hälften av prognosområdena.

För nederbörd ger prognos med data från Arome i genomsnitt för mycket nederbörd i alla prognosområden både dygn ett och två (Figur 19 och Figur 20). Överskattningen är i medeltal mellan 0,15 och 1 mm. I jämförelse med PMP ger Arome högre bias i alla områden undantaget Överuman. Kalmanfiltreringen på

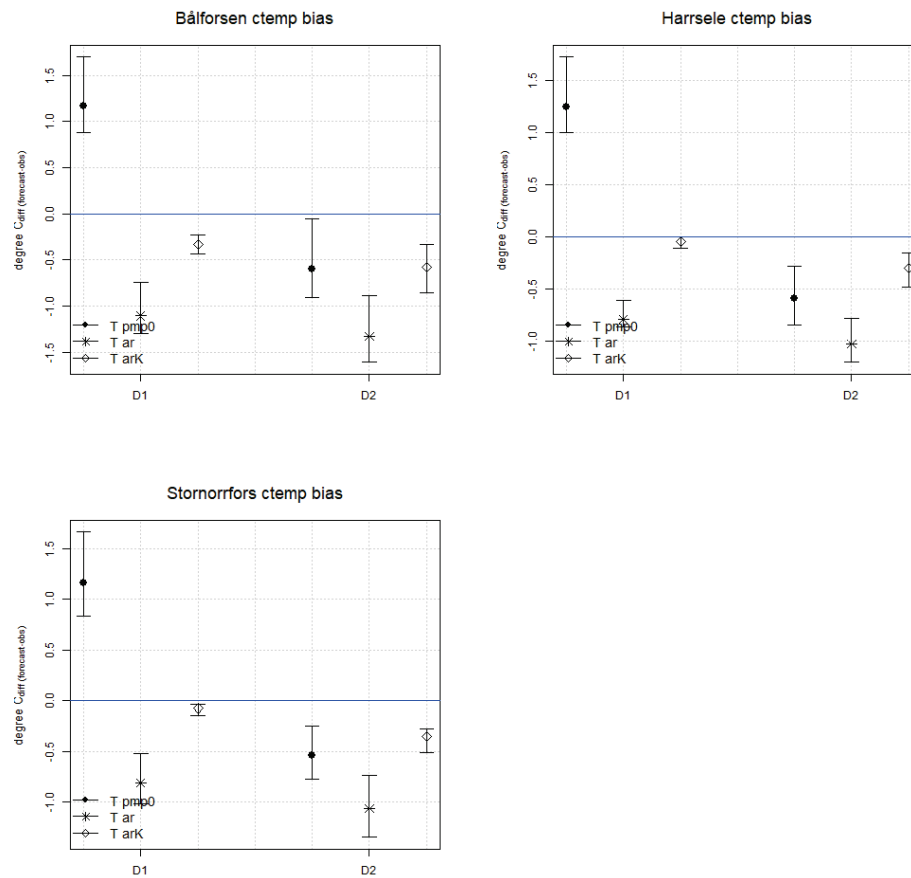
temperatur har endast marginell effekt på nederbörden som beräknas i HBV, förändringen i medelvärde är under 0,03 mm i alla områden.

I likhet med för PMP (3.1) är variationen i korrelation mellan olika scenarier från Arome små när det gäller temperatur (Figur 17 och Figur 18). I medeltal är skillnaden under 0,01 enheter. I jämförelse med PMP ger Arome lite högre korrelation för temperaturen första prognosdygnet och lite lägre korrelation andra dygnet. Även mellan PMP och Arome är dock skillnaderna ganska små, i detta fall under 0,02 enheter på prognosområdesnivå.

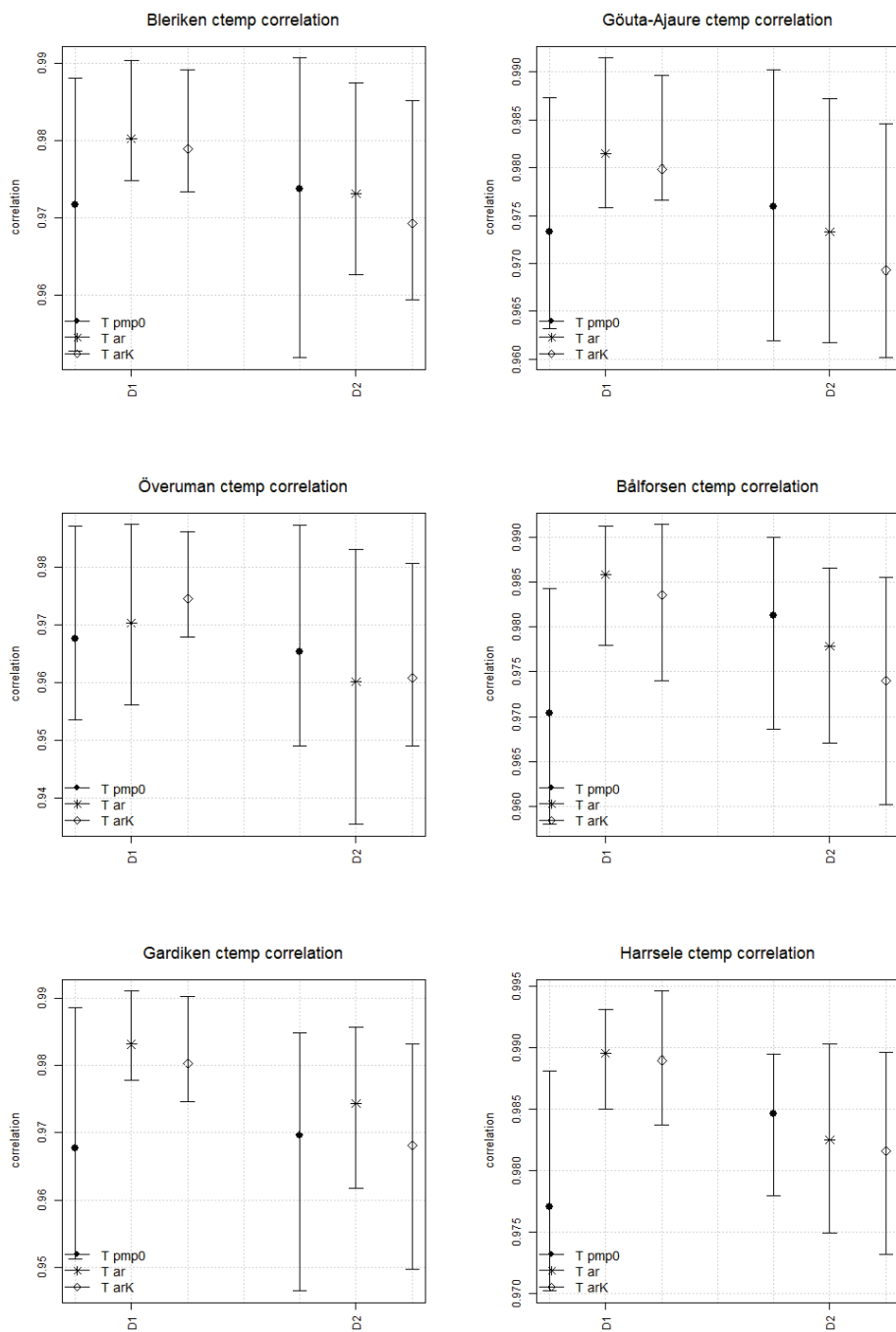
För nederbörd ger prognosen från Arome högre korrelation än PMP på prognosdygn två i övre delen av älven, från Överuman till och med Storuman (Figur 21 och Figur 22). Skillnaderna mellan prognoskällorna är också tydligare än för temperatur. I likhet med för bias, har kalmanfiltreringen av temperatur ytterst liten effekt på den genomsnittliga korrelationen i prognosområdena.



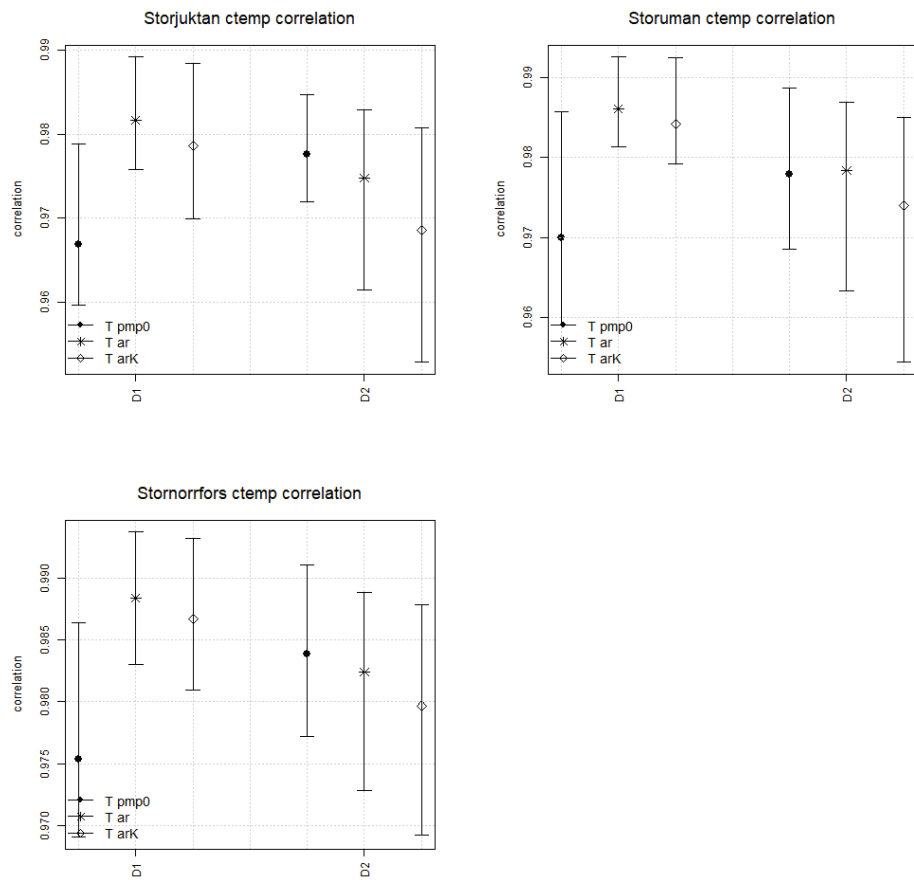
Figur 15. Bias temperatur från HBV prognoskörning med prognosscenarier från Arome (Tabell 3) och PMP prognosscenario 1 (Tabell 2). "T pmp0" = PMP scenario 1, "T ar" = Arome utan kalmanfiltrering, "T ark" = Arome med kalmanfiltrering.



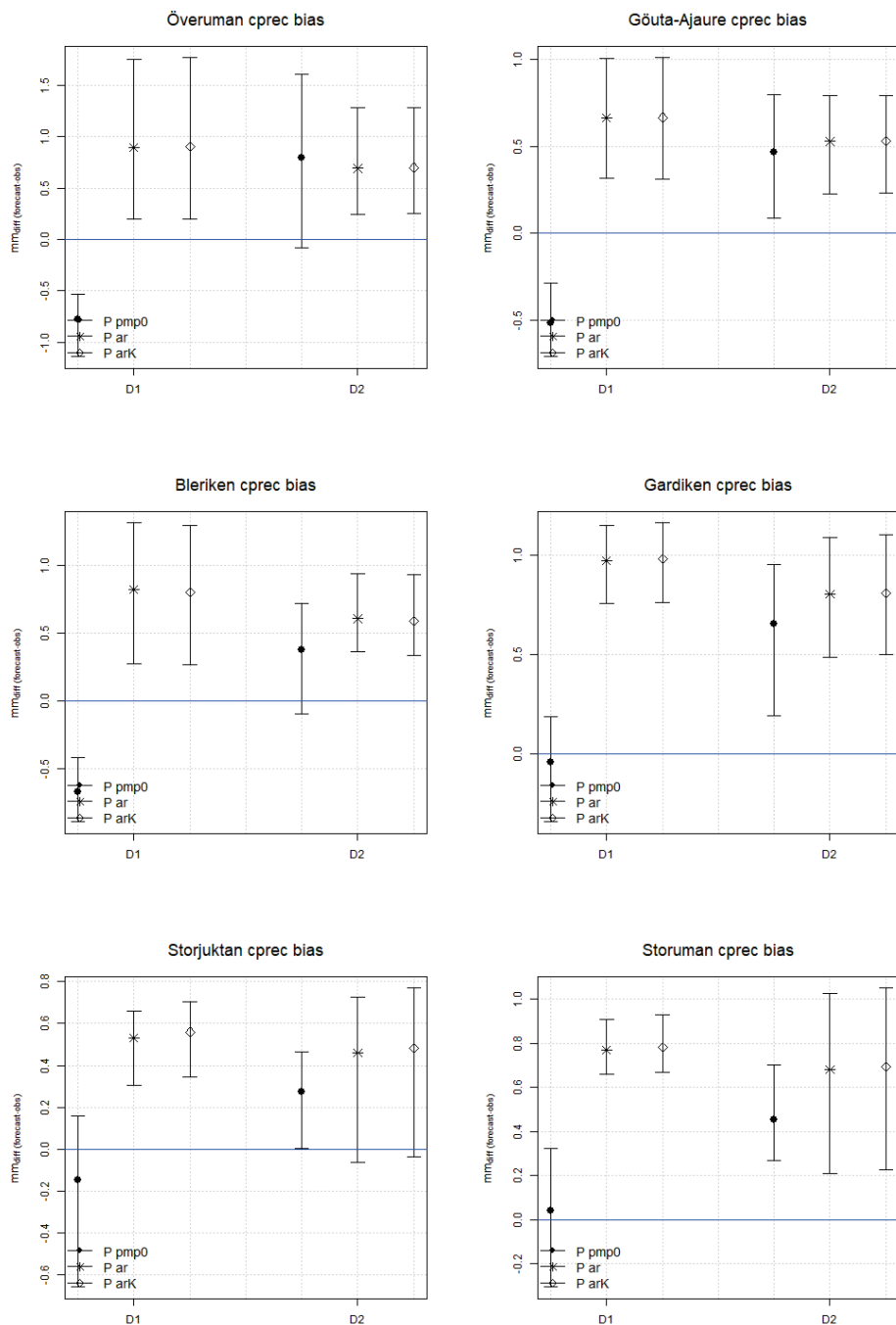
Figur 16. Bias temperatur från HBV prognoskörning med prognosscenarier från Arome (Tabell 3) och PMP prognosscenario 1 (Tabell 2). "T pmp0" = PMP scenario 1, "T ar" = Arome utan kalmanfiltrering, "T ark" = Arome med kalmanfiltrering.



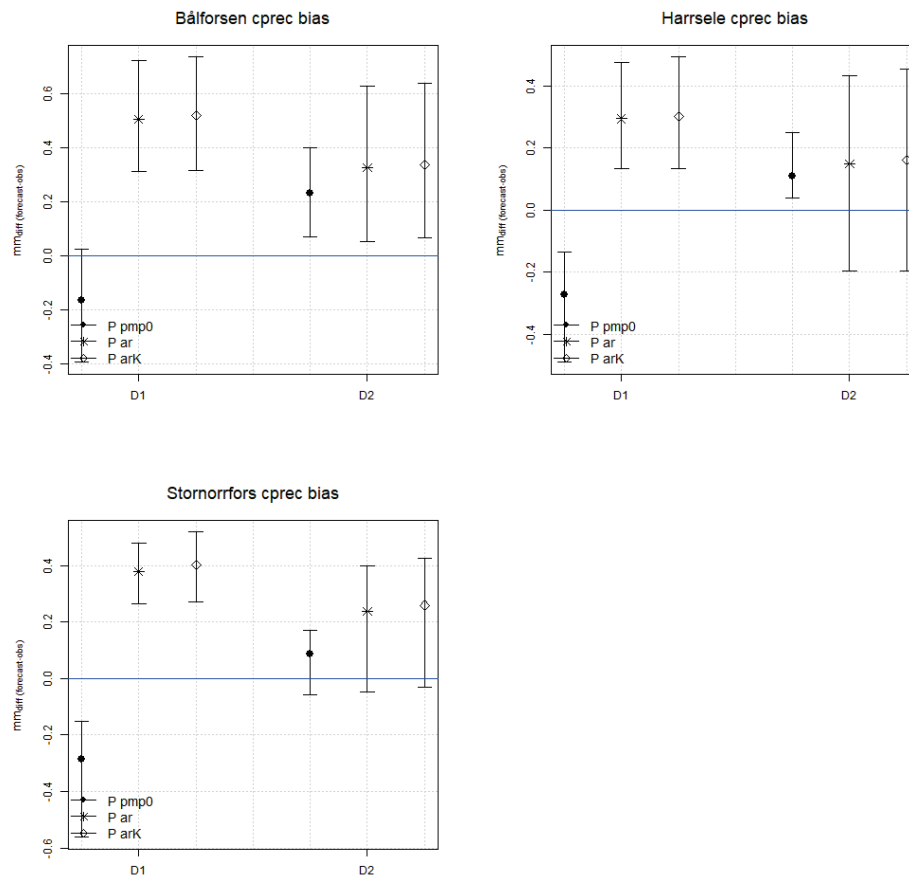
Figur 17. Korrelation temperatur från HBV prognoskörning med prognosscenarier från Arome (Tabell 3) och PMP prognosscenario 1 (Tabell 2). "T pmp0" = PMP scenario 1, "T ar" = Arome utan kalmanfiltrering, "T ark" = Arome med kalmanfiltrering.



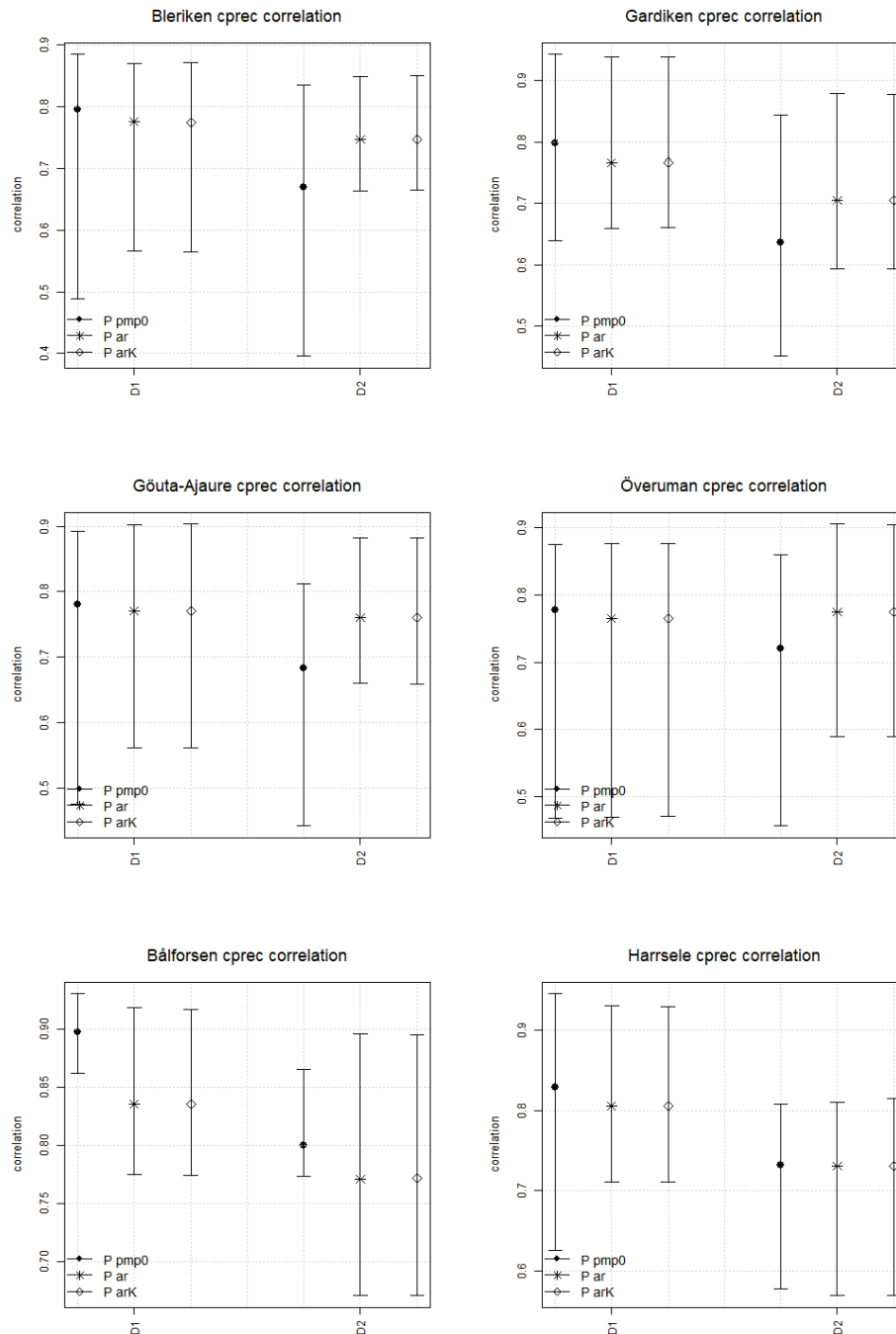
Figur 18. Korrelation temperatur från HBV prognoskörning med prognosscenarier från Arome (Tabell 3) och PMP prognosscenario 1 (Tabell 2). "T pmp0" = PMP scenario 1, "T ar" = Arome utan kalmanfiltrering, "T ark" = Arome med kalmanfiltrering.



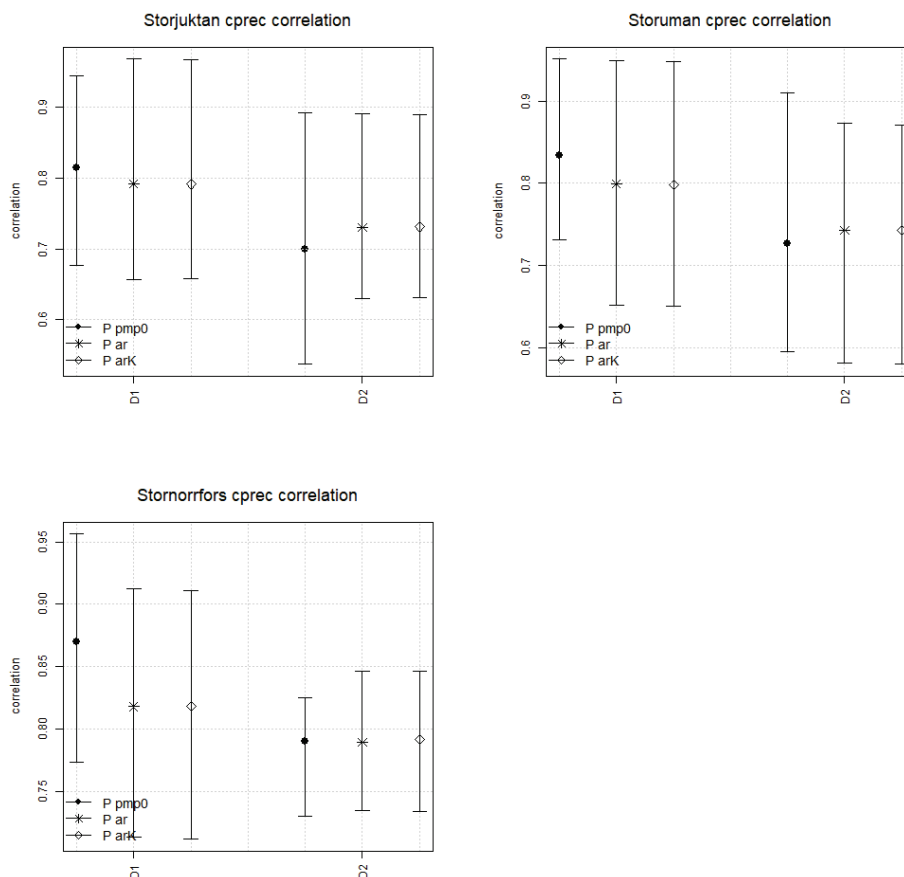
Figur 19. Bias nederbörd från HBV prognoskörning med prognosscenarier från Arome (Tabell 3) och PMP prognosscenario 1 (Tabell 2). "P pmp0" = PMP scenario 1, "P ar" = Arome utan kalmanfiltrerad temperatur, "T ark" = Arome med kalmanfiltrerad temperatur.



Figur 20. Bias nederbörd från HBV prognoskörning med prognosscenarier från Arome (Tabell 3) och PMP prognosscenario 1 (Tabell 2). "P pmp0" = PMP scenario 1, "P ar" = Arome utan kalmanfiltrerad temperatur, "P arK" = Arome med kalmanfiltrerad temperatur.



Figur 21. Korrelation nederbörd från HBV prognoskörning med prognosscenarier från Arome (Tabell 3) och PMP prognosscenario 1 (Tabell 2). "P pmp0" = PMP scenario 1, "P ar" = Arome utan kalmanfiltrering av temperatur, "P arK" = Arome med kalmanfiltrerad temperatur.



Figur 22. Korrelation nederbörd från HBV prognoskörning med prognosscenarier från Arome (Tabell 3) och PMP prognosscenari 1 (Tabell 2). "P pmp0" = PMP scenario 1, "P ar" = Arome utan kalmanfiltrering av temperatur, "P ark" = Arome med kalmanfiltrerad temperatur.

3.3 ECMWF DETERMINISTISK

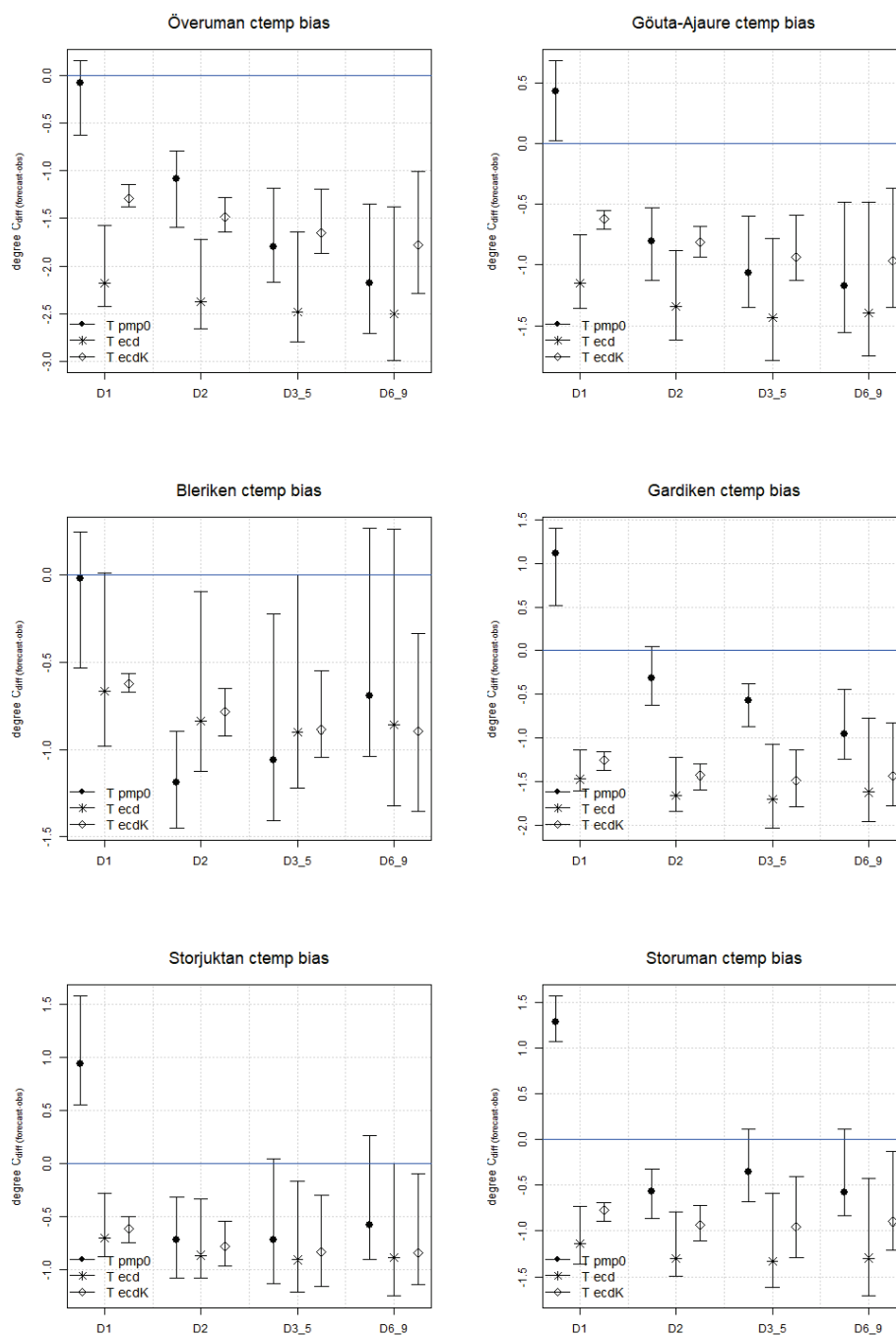
Bias och korrelation för temperatur och nederbörd från HBV kört med prognosscenarier från ECMWF deterministiska modell (Tabell 3), visas i Figur 23 t.o.m. Figur 30. Som jämförelse med oförändrad/ursprunglig PMP visas även resultat från PMP scenario 1 (Tabell 2) i diagrammen.

Resultaten överensstämmer med resultaten för Arome (3.2) så till vida att temperatur i genomsnitt underskattas och nederbörd i genomsnitt överskattas i alla prognosområden (Figur 23 och Figur 24 respektive Figur 27 och Figur 28). Biasen i temperatur minskar med kalmanfiltrering av ECMWF deterministisk och innebär i Stornorrfor och Harrsele även en förbättring jämfört med PMP i större delen av prognosperioden.

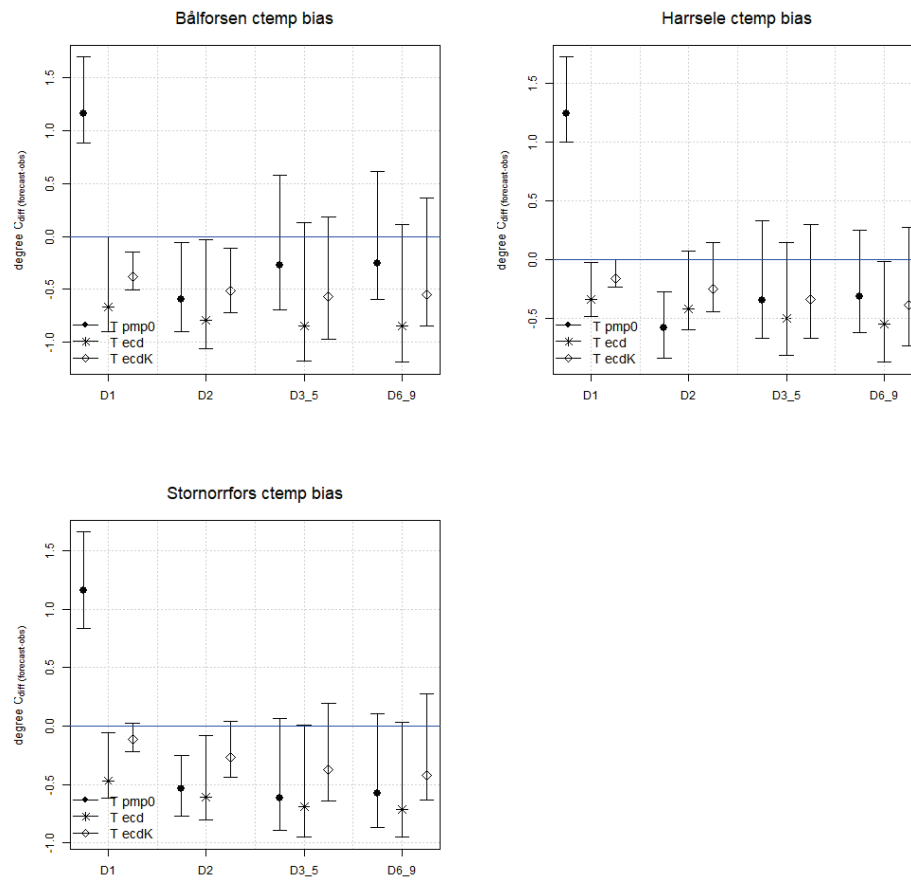
Även sett till korrelation är mönstret liknande som för Arome. Skillnaderna i korrelation mellan ECMWF deterministisk och PMP är små när det kommer till temperatur men med något högre resultat för ECMWF deterministisk under första prognosdygnet (Figur 25 och Figur 26). Mellan ECMWF deterministisk med och

utan kalmanfiltrering är skillnaden mellan medelvärden per prognosområde under 0,01.

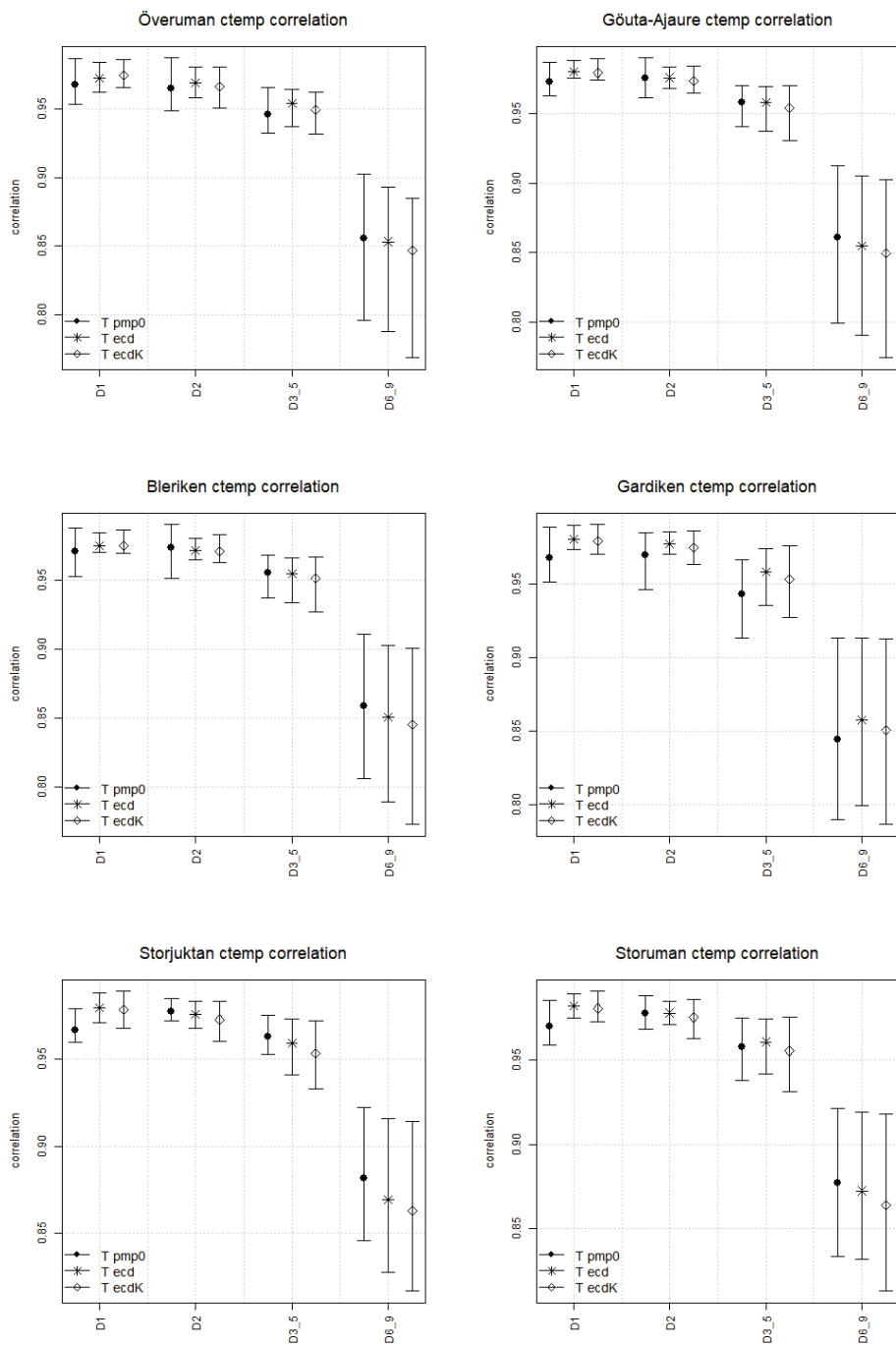
För nederbörd ger prognoserna från ECMWF deterministisk i de flesta prognosområden i genomsnitt högre korrelation än PMP på alla prognosdygn utom det första (Figur 29 och Figur 30).



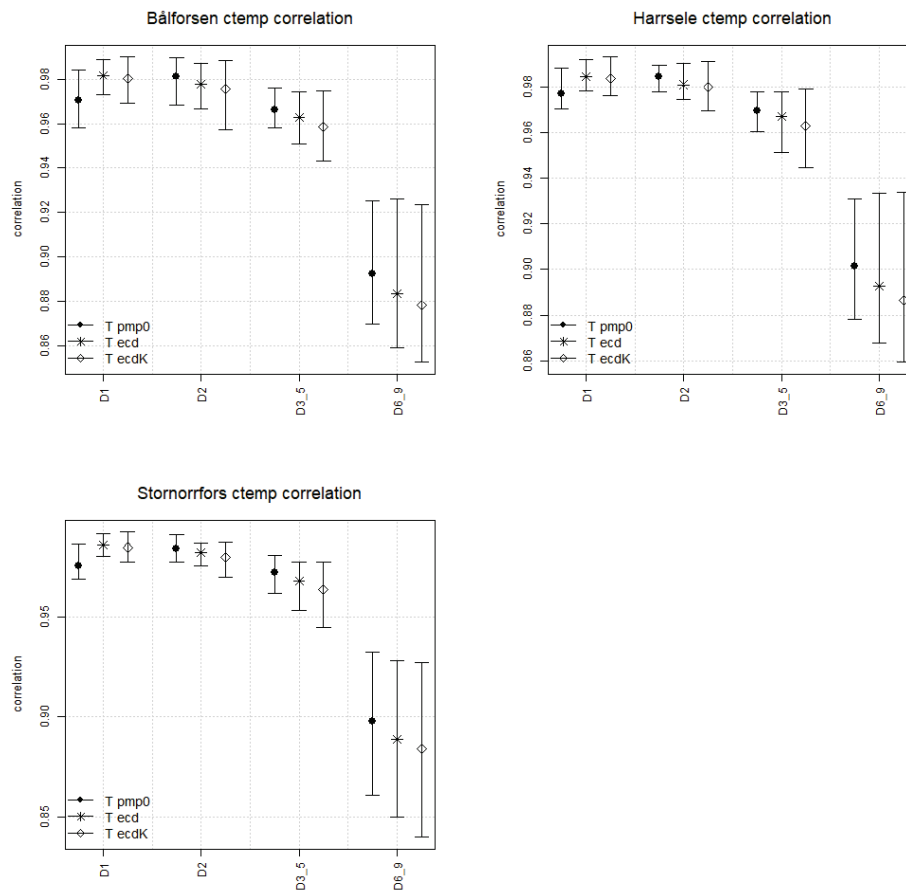
Figur 23. Bias temperatur från HBV prognoskörning med prognosscenarier från ECMWF deterministisk (Tabell 3) och PMP prognosscenario 1 (Tabell 2). "T pmp0" = PMP scenario 1, "T ecd" = ECMWF deterministisk utan kalmanfiltrering av temperatur, "T ecdK" = ECMWF deterministisk med kalmanfiltrerad temperatur.



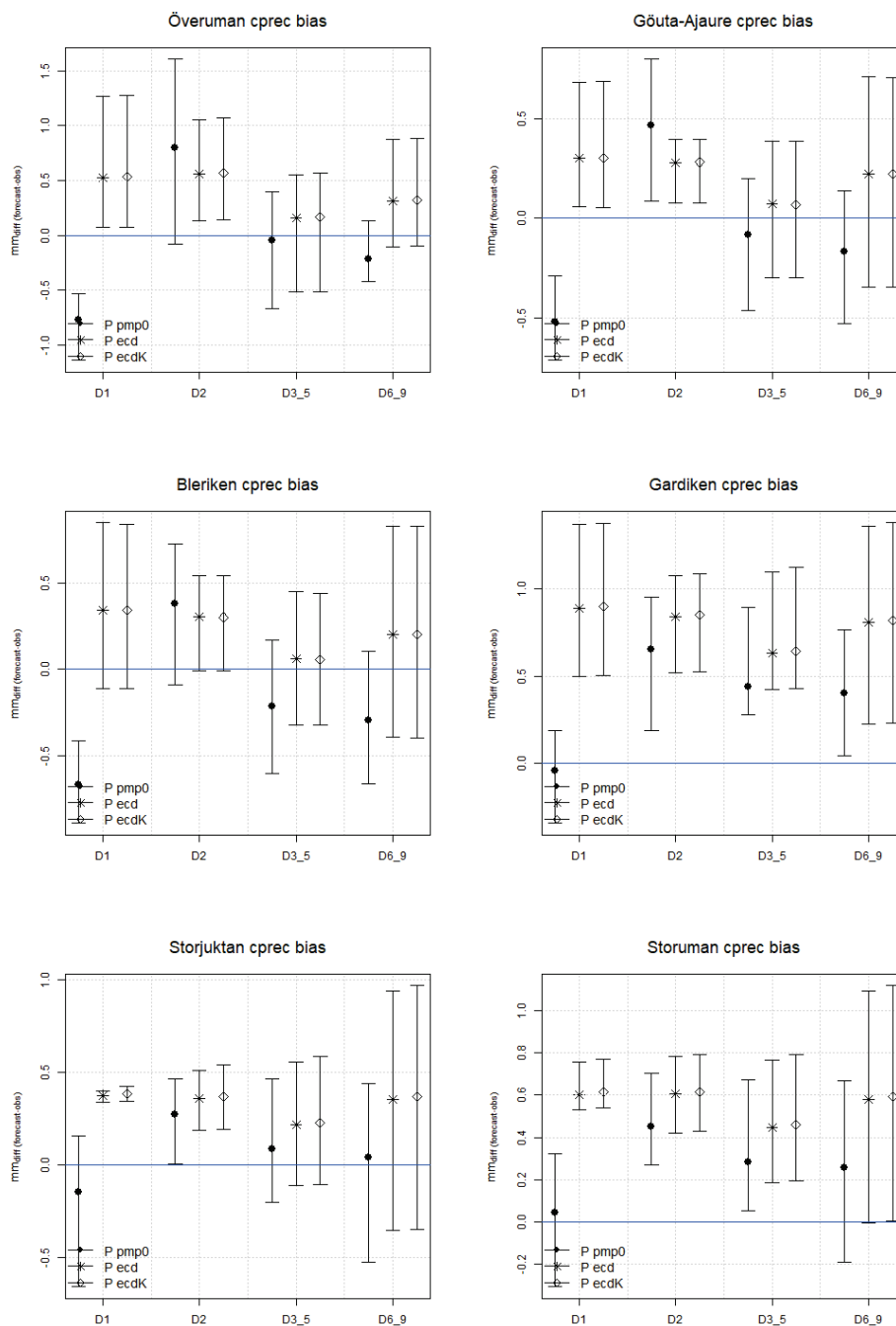
Figur 24. Bias temperatur från HBV prognoskörning med prognosscenarier från ECMWF deterministisk (Tabell 3) och PMP prognosscenario 1 (Tabell 2). "T pmp0" = PMP scenario 1, "T ecd" = ECMWF deterministisk utan kalmanfiltrering av temperatur, "T ecdK" = ECMWF deterministisk med kalmanfiltrerad temperatur.



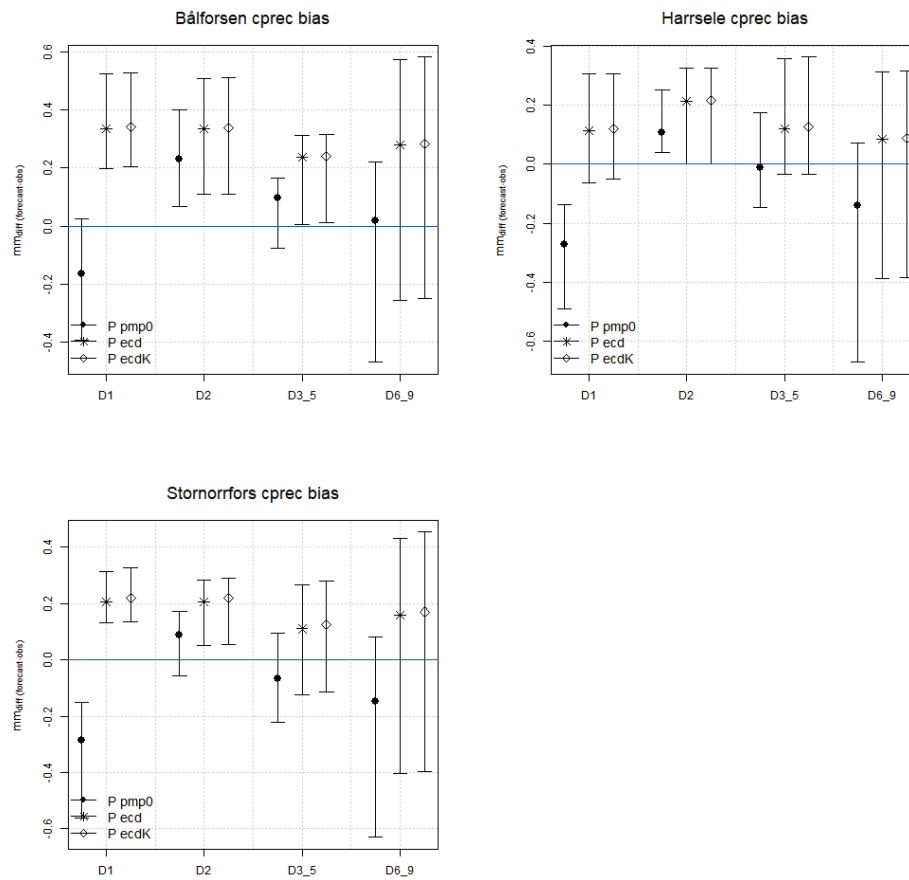
Figur 25. Korrelation temperatur från HBV prognoskörning med prognosscenarier från ECMWF deterministisk (Tabell 3) och PMP prognosscenario 1 (Tabell 2). "T pmp0" = PMP scenario 1, "T ecd" = ECMWF deterministisk utan kalmanfiltrering av temperatur, "T ecdK" = ECMWF deterministisk med kalmanfiltrerad temperatur.



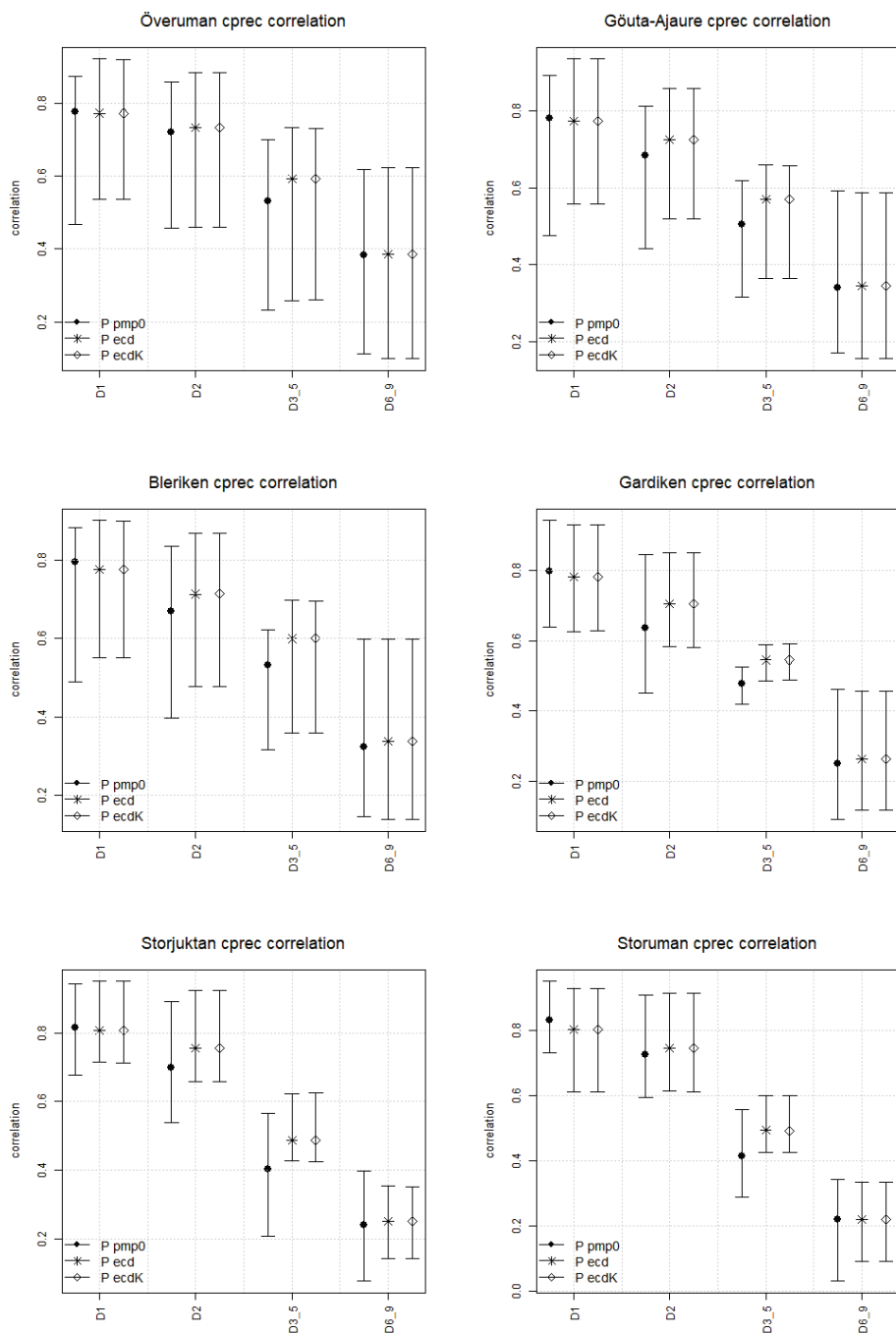
Figur 26. Korrelation temperatur från HBV prognoskörning med prognosscenarier från ECMWF deterministisk (Tabell 3) och PMP prognosscenario 1 (Tabell 2). "T pmp0" = PMP scenario 1, "T ecd" = ECMWF deterministisk utan kalmanfiltrering av temperatur, "T ecdK" = ECMWF deterministisk med kalmanfiltrerad temperatur.



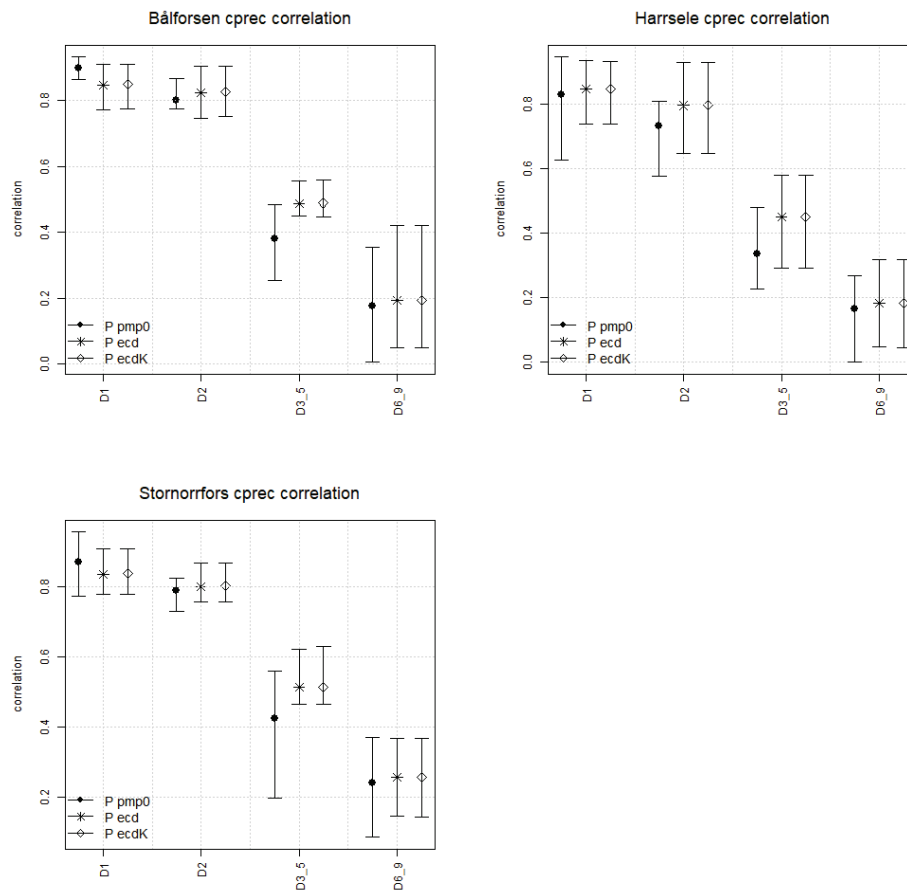
Figur 27. Bias nederbörd från HBV prognoskörning med prognosscenarier från ECMWF deterministisk (Tabell 3) och PMP prognosscenarier 1 (Tabell 2). "P pmp0" = PMP scenario 1, "P ecd" = ECMWF deterministisk utan kalmanfiltrering av temperatur, "P ecdK" = ECMWF med deterministisk kalmanfiltrerad temperatur.



Figur 28. Bias nederbörd från HBV prognoskörning med prognosscenarier från ECMWF deterministisk (Tabell 3) och PMP prognosscenario 1 (Tabell 2). "P pmp0" = PMP scenario 1, "P ecd" = ECMWF deterministisk utan kalmanfiltrering av temperatur, "P ecdK" = ECMWF med deterministisk kalmanfiltrerad temperatur.



Figur 29. Korrelation nederbörd från HBV prognoskörning med prognosscenarier från ECMWF deterministisk (Tabell 3) och PMP prognosscenarior 1 (Tabell 2). "P pmp0" = PMP scenario 1, "P ecd" = ECMWF deterministisk utan kalmanfiltrering av temperatur, "P ecdK" = ECMWF deterministisk med kalmanfiltrerad temperatur.



Figur 30. Korrelation nederbörd från HBV prognoskörning med prognosscenarier från ECMWF deterministisk (Tabell 3) och PMP prognosscenario 1 (Tabell 2). "P pmp0" = PMP scenario 1, "P ecd" = ECMWF deterministisk utan kalmanfiltrering av temperatur, "P ecdK" = ECMWF deterministisk med kalmanfiltrerad temperatur.

4 Diskussion och slutsatser

Resultaten från prognoskörningar i HBV för Umeälven tyder på att hämtning av PMP-prognoser som medelvärde per delområde inte skulle lösa problemen med underskattning av temperaturen på våren. Tvärtom pekar resultaten på att PMP medelberäknat för hela delområdet ger lägre temperatur än PMP hämtat från mittpunkten av delområdet, och därmed större bias mot observation (3.1).

Förändringar i beräkning av dygnsmedeltemperatur och val av nederbördsvariabel från PMP tycks ha ganska liten påverkan på resultaten från HBV, både med avseende på bias och korrelation.

Testerna av olika viktning av dygnsmedeltemperatur (2.3.2) begränsas av att de flesta prognosdygn i PMP innehåller för få värden för att kunna tillämpa anpassad dygnsmedelberäkning, vilket kan förklara att skillnaderna mellan scenario 2 och 3 i detta fall blev små.

Att skillnaden i nederbörd mellan PMP från mittpunkt och PMP som medelvärde per delområde inte blir större kan delvis bero på att nederbörden i PMP redan är "utsmetad" mellan närliggande gridrutor (2.3.2) och att ytterligare medelvärdesbildning av (närliggande) gridrutor inom delområdet därför får begränsad effekt. "Utsmetningen" är en följd av att PMP delvis innehåller prognosdata från ECMWF:s globala modeller vilka har en grövre upplösning än Arome (2.3).

Sammantaget för hela älven ger resultaten ingen indikation på att någon av de varianter av PMP som testats i denna studie skulle vara ett bättre alternativ till de operationella körningarna än nuvarande PMP-prognos.

Viktigt att komma ihåg vid tolkningen av resultaten är att interpolationen av nederbörd- och temperatur som görs i PTHBV baseras på relativt få stationer i fjällområdena. Avvikelser mellan prognos och PTHBV, som antagits som observation i denna studie, kan därmed inte tolkas som faktiskt prognosfel i förhållande till uppmätt temperatur.

4.1 ETT FÖRSTA STEG I BEHOV AV FORTSATT TESTER

Resultaten från testkörningar med prognoser från Arome och ECMWF, tyder på att temperatur från ECMWF:s deterministiska modell skulle kunna vara ett bättre alternativ än PMP, framförallt i senare del av prognosperioden och med kalmanfiltrering på temperaturprognosen. Resultaten här är ett första steg som skulle behöva kompletteras med fler tester för vidare tillpassning av prognosen. En del som återstår att undersöka är även effekten av den kalibrerade temperaturkorrektionen i HBV på den korrektion som görs av kalmanfiltreringen. En möjlig förbättring av metoden kan därtill vara att använda fler dygn i prognosperioden för att ta fram korrektionsfaktorer till kalmanfiltreringen. I det här projekt har korrektionen utgått från temperaturprognosens första dag, i jämförelse med observerad temperatur.

Det vore även intressant att titta närmare på PMP, exempelvis att undersöka spridningen i nederbörd- och temperaturvariablerna i PMP, och övriga prognoskällor, inom del- och prognosområdena i HBV.

5 Referenslista

Johansson, B. (2000). Areal precipitation and temperature in the Swedish mountains - An evaluation from a hydrological perspective. *Nordic Hydrology*, 31(3), 207–228.

Johansson, B., & Chen, D. L. (2003). The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: Statistical analysis and modelling. *International Journal of Climatology*, 23(12), 1523–1535.

Bilaga A: Resultattabeller PMP

TEMPERATUR

Tabell 4 till och med Tabell 7 ger resultat för bias respektive korrelation i temperatur (ctemp) från prognoskörning i HBV med PMP prognosscenarier 1 till och med 3 i Tabell 2.

Tabell 4. Bias temperatur prognosdygn 1–2. "S1D1" = Scenario 1, prognosdygn 1, "S1D2" = Scenario 1, prognosdygn 2" osv.

ctemp	S1D1	S2D1	S3D1	S1D2	S2D2	S3D2
Överuman	-0.1	-1.2	-1.2	-1.1	-2.3	-2.3
Göuta-Ajaure	0.4	-0.1	-0.1	-0.8	-1.3	-1.3
Bleriken	0.0	-0.2	-0.2	-1.2	-1.4	-1.4
Gardiken	1.1	0.0	0.0	-0.3	-1.5	-1.5
Storjuktan	0.9	0.7	0.7	-0.7	-1.0	-1.0
Storuman	1.3	0.3	0.3	-0.6	-1.4	-1.4
Bålforsen	1.2	0.8	0.8	-0.6	-1.0	-1.0
Harrsele	1.2	1.2	1.2	-0.6	-0.7	-0.7
Stornorrfors	1.2	1.1	1.1	-0.5	-0.6	-0.6

Tabell 5. (forts) Bias temperatur prognosdygn 3–9. "S1D3_5" = Scenario 1, prognosdygn 3–5, "S1D6_9" = Scenario 1, prognosdygn 6–9" osv.

ctemp	S1D3_5	S2D3_5	S3D3_5	S1D6_9	S2D6_9	S3D6_9
Överuman	-1.8	-2.4	-2.5	-2.2	-2.5	-2.5
Göuta-Ajaure	-1.1	-1.4	-1.5	-1.2	-1.4	-1.5
Bleriken	-1.1	-1.1	-1.1	-0.7	-0.7	-0.7
Gardiken	-0.6	-1.5	-1.6	-1.0	-1.5	-1.6
Storjuktan	-0.7	-0.9	-0.9	-0.6	-0.7	-0.8
Storuman	-0.4	-1.2	-1.3	-0.6	-1.1	-1.2
Bålforsen	-0.3	-0.7	-0.8	-0.3	-0.6	-0.7
Harrsele	-0.4	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.5
Stornorrfors	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7

Tabell 6. Korrelation temperatur prognosdygn 1–2. "S1D1" = Scenario 1, prognosdygn 1, "S1D2" = Scenario 1, prognosdygn 2" osv.

ctemp	S1D1	S2D1	S3D1	S1D2	S2D2	S3D2
Överuman	0.97	0.96	0.96	0.97	0.96	0.96
Göuta-Ajaure	0.97	0.97	0.97	0.98	0.97	0.97
Bleriken	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
Gardiken	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98
Storjuktan	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98
Storuman	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98
Bålforsen	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98
Harrsele	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Stornorrfors	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98

Tabell 7. (forts) Korrelation temperatur prognosdygn 3–9. "S1D3_5" = Scenario 1, prognosdygn 3–5, "S1D6_9" = Scenario 1, prognosdygn 6–9" osv.

	S1D3_5	S2D3_5	S3D3_5	S1D6_9	S2D6_9	S3D6_9
Överuman	0.95	0.95	0.95	0.86	0.86	0.86
Göuta-Ajaure	0.96	0.96	0.96	0.86	0.86	0.86
Bleriken	0.96	0.96	0.96	0.86	0.86	0.86
Gardiken	0.94	0.96	0.96	0.84	0.87	0.86
Storjuktan	0.96	0.96	0.96	0.88	0.88	0.88
Storuman	0.96	0.96	0.96	0.88	0.88	0.88
Bålforsen	0.97	0.97	0.97	0.89	0.89	0.89
Harrsele	0.97	0.97	0.97	0.90	0.90	0.90
Stornorrfors	0.97	0.97	0.97	0.90	0.90	0.90

NEDERBÖRD

Tabell 8 till och med Tabell 11 ger resultat för bias respektive korrelation i nederbörd (cprec) från prognoskörning i HBV med PMP prognosscenarier 1 till och med 5 i Tabell 2.

Tabell 8. Bias nederbörd för prognosscenarier från PMP, dygn 1–2. "S1D1" = Scenario 1, prognosdygn 1, "S1D2" = Scenario 1, prognosdygn 2" osv.

cprec	S1D1	S2D1	S3D1	S4D1	S5D1	S1D2	S2D2	S3D2	S4D2	S5D2
Överuman	-0.8	-0.7	-0.7	-1.4	-0.8	0.8	0.8	0.8	-0.1	0.7
Göuta-Ajaure	-0.5	-0.5	-0.5	-0.9	-0.6	0.5	0.4	0.4	-0.1	0.3
Bleriken	-0.7	-0.7	-0.7	-1.1	-0.8	0.4	0.3	0.3	-0.2	0.2
Gardiken	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.7	0.8	0.8	0.4	0.7
Storjuktan	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.2	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2
Storuman	0.0	0.1	0.1	-0.1	0.0	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5
Bålforsen	-0.2	-0.1	-0.1	-0.3	-0.2	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2
Harrsele	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.3	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.0
Stornorrfors	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.3	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.1

Tabell 9. (forts) Bias nederbörd för prognosscenarier från PMP, dygn 3–9. "S1D3_5" = Scenario 1, prognosdygn 3–5, "S1D6_9" = Scenario 1, prognosdygn 6–9 osv.

cprec	S1D3_5	S2D3_5	S3D3_5	S4D3_5	S5D3_5	S1D6_9	S2D6_9	S3D6_9	S4D6_9	S5D6_9
Överuman	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.5	-0.3
Göuta-Ajaure	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.4	-0.3
Bleriken	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.5	-0.4
Gardiken	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0.3
Storjuktan	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
Storuman	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2
Bålforsen	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
Harrsele	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2
Stornorrfors	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2

Tabell 10. Korrelation nederbörd för prognosscenarier från PMP, dygn 1–2. "S1D1" = Scenario 1, prognosdygn 1, "S1D2" = Scenario 1, prognosdygn 2" osv.

cprec	S1D1	S2D1	S3D1	S4D1	S5D1	S1D2	S2D2	S3D2	S4D2	S5D2
Överuman	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.72	0.72	0.72	0.71	0.72
Göuta-Ajaure	0.78	0.78	0.78	0.77	0.78	0.68	0.69	0.69	0.66	0.68
Bleriken	0.80	0.80	0.80	0.79	0.80	0.67	0.67	0.67	0.66	0.67
Gardiken	0.80	0.81	0.81	0.81	0.82	0.64	0.65	0.65	0.63	0.65
Storjuktan	0.81	0.83	0.83	0.82	0.82	0.70	0.70	0.70	0.69	0.70
Storuman	0.83	0.85	0.85	0.85	0.85	0.73	0.73	0.73	0.72	0.73
Bålforsen	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81
Harrsele	0.83	0.83	0.83	0.85	0.84	0.73	0.74	0.74	0.75	0.75
Stornorrfors	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.79	0.79	0.79	0.78	0.79

Tabell 11. (forts) Korrelation nederbörd för prognosscenarier från PMP, dygn 3–9. "S1D3_5" = Scenario 1, prognosdygn 3–5, "S1D6_9" = Scenario 1, prognosdygn 6–9" osv.

cprec	S1D3_5	S2D3_5	S3D3_5	S4D3_5	S5D3_5	S1D6_9	S2D6_9	S3D6_9	S4D6_9	S5D6_9
Överuman	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37
Göuta-Ajaure	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.34	0.34	0.34	0.32	0.33
Bleriken	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.32	0.32	0.32	0.30	0.31
Gardiken	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.25	0.25	0.25	0.23	0.24
Storjuktan	0.40	0.41	0.41	0.40	0.41	0.24	0.24	0.24	0.21	0.22
Storuman	0.42	0.42	0.42	0.41	0.41	0.22	0.22	0.22	0.19	0.19
Bålforsen	0.38	0.39	0.39	0.39	0.39	0.18	0.18	0.18	0.15	0.16
Harrsele	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.17	0.17	0.17	0.15	0.16
Stornorrfors	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.24	0.24	0.24	0.22	0.22

TILLRINNING

Tabell 12 till och med Tabell 15 ger resultat för bias respektive korrelation i tillrinning (qcinfl) från prognoskörning i HBV med PMP prognosscenarier 1 till och med 5 i Tabell 2.

Tabell 12. Bias tillrinning för prognosscenarier från PMP, dygn 1–2. "S1D1" = Scenario 1, prognosdygn 1, "S1D2" = Scenario 1, prognosdygn 2" osv.

qcinfl	S1D1	S2D1	S3D1	S4D1	S5D1	S1D2	S2D2	S3D2	S4D2	S5D2
Överuman	6.5	5.4	5.4	4.8	5.3	6.4	3.8	3.8	2.7	3.6
Göuta-Ajaure	7.5	6.9	6.9	6.6	6.8	7.8	6.1	6.1	5.3	5.9
Bleriken	1.4	1.3	1.3	1.1	1.2	1.3	1.1	1.1	0.8	1.1
Gardiken	-8.8	-9.7	-9.7	-10.1	-9.9	-8.0	-10.3	-10.3	-11.0	-10.5
Storjuktan	-2.0	-2.0	-2.0	-2.2	-2.1	-1.3	-1.3	-1.3	-1.7	-1.4
Storuman	2.8	2.7	2.7	2.3	2.6	4.4	3.6	3.6	3.0	3.4
Bålforsen	-10.9	-10.9	-10.9	-10.9	-10.9	-10.6	-10.7	-10.7	-10.8	-10.8
Harrsele	-3.6	-3.6	-3.6	-3.6	-3.6	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5
Stornorrfors	-17.0	-17.0	-17.0	-17.1	-17.1	-16.8	-16.9	-16.9	-17.3	-17.1

Tabell 13. (forts) Bias tillrinning för prognosscenarier från PMP, dygn 3–9. "S1D3_5" = Scenario 1, prognosdygn 3–5, "S1D6_9" = Scenario 1, prognosdygn 6–9" osv.

qcinfl	S1D3_5	S2D3_5	S3D3_5	S4D3_5	S5D3_5	S1D6_9	S2D6_9	S3D6_9	S4D6_9	S5D6_9
Överuman	3.3	0.5	0.4	0.0	0.4	1.0	-0.8	-0.9	-1.5	-1.1
Göuta-Ajaure	5.2	2.1	1.8	1.0	1.6	1.9	-1.6	-2.2	-3.0	-2.5
Bleriken	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.3	0.4	0.2	0.0	0.2
Gardiken	-7.7	-12.0	-12.2	-12.6	-12.3	-8.9	-13.2	-13.5	-13.9	-13.8
Storjuktan	-2.3	-2.7	-3.0	-3.4	-3.1	-4.7	-5.4	-6.0	-6.4	-6.2
Storuman	4.4	1.7	1.5	1.0	1.4	3.4	-1.0	-1.5	-2.2	-1.9
Bålforsen	-10.5	-11.3	-11.4	-11.7	-11.5	-12.6	-14.6	-15.1	-15.6	-15.3
Harrsele	-3.7	-3.8	-3.8	-4.1	-3.9	-5.2	-5.3	-5.5	-5.8	-5.6
Stornorrfors	-17.4	-17.3	-17.6	-18.4	-17.9	-21.9	-19.6	-20.8	-22.2	-21.4

Tabell 14. Korrelation nederbörd för prognosscenarier från PMP, dygn 1–2. "S1D1" = Scenario 1, prognosdygn 1, "S1D2" = Scenario 1, prognosdygn 2" osv.

qcinfl	S1D1	S2D1	S3D1	S4D1	S5D1	S1D2	S2D2	S3D2	S4D2	S5D2
Överuman	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83	0.84	0.83
Göuta-Ajaure	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97
Bleriken	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
Gardiken	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
Storjuktan	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96	0.96	0.96	0.96
Storuman	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Bålforsen	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Harrsele	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
Stornorrfors	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97

Tabell 15. (forts) Korrelation tillrinning för prognosscenarier från PMP, dygn 3–9. "S1D3_5" = Scenario 1, prognosdygn 3–5, "S1D6_9" = Scenario 1, prognosdygn 6–9" osv.

qcinfl	S1D3_5	S2D3_5	S3D3_5	S4D3_5	S5D3_5	S1D6_9	S2D6_9	S3D6_9	S4D6_9	S5D6_9
Överuman	0.83	0.82	0.82	0.82	0.82	0.66	0.64	0.63	0.63	0.63
Göuta-Ajaure	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95
Bleriken	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Gardiken	0.86	0.87	0.87	0.87	0.87	0.81	0.83	0.82	0.83	0.83
Storjuktan	0.95	0.96	0.96	0.95	0.96	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
Storuman	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.87	0.87	0.87	0.87
Bålforsen	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.88	0.88	0.88	0.88
Harrsele	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
Stornorrfors	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.96

Bilaga B: Resultattabeller Arome

TEMPERATUR

Tabell 16 och Tabell 17 ger resultat för bias respektive korrelation i temperatur (ctemp) från prognoskörning i HBV med Arome prognosscenarier i Tabell 3.

Tabell 16. Bias temperatur prognosdygn 1 och 2. "ARD1" = Arome utan kalmanfilter, prognosdygn 1, "ARKD1" = Arome med kalmanfiltrering, prognosdygn 1" osv.

ctemp	ARD1	ARD2	ARKD1	ARKD2
Överuman	-2.5	-2.7	-1.4	-1.7
Göuta-Ajaure	-1.4	-1.6	-0.7	-0.9
Bleriken	-1.5	-1.7	-0.7	-0.9
Gardiken	-1.5	-1.7	-1.3	-1.5
Storjuktan	-1.1	-1.3	-0.6	-0.9
Storuman	-1.4	-1.7	-0.8	-1.0
Bålforsen	-1.1	-1.3	-0.3	-0.6
Harrsele	-0.8	-1.0	0.0	-0.3
Stornorrfors	-0.8	-1.1	-0.1	-0.4

Tabell 17. Korrelation temperatur prognosdygn 1 och 2. "ARD1" = Arome utan kalmanfilter, prognosdygn 1, "ARKD1" = Arome med kalmanfilter, prognosdygn 1" osv.

ctemp	ARD1	ARD2	ARKD1	ARKD2
Överuman	0.97	0.96	0.97	0.96
Göuta-Ajaure	0.98	0.97	0.98	0.97
Bleriken	0.98	0.97	0.98	0.97
Gardiken	0.98	0.97	0.98	0.97
Storjuktan	0.98	0.97	0.98	0.97
Storuman	0.99	0.98	0.98	0.97
Bålforsen	0.99	0.98	0.98	0.97
Harrsele	0.99	0.98	0.99	0.98
Stornorrfors	0.99	0.98	0.99	0.98

NEDERBÖRD

Tabell 18 och Tabell 19 ger resultat för bias respektive korrelation i nederbörd (cprec) från prognoskörning i HBV med Arome prognosscenarier i Tabell 3.

Tabell 18. Bias nederbörd prognosdygn 1 och 2. "ARD1" = Arome utan kalmanfilter, prognosdygn 1, "ARKD1" = Arome med kalmanfilter, prognosdygn 1" osv.

cprec	ARD1	ARD2	ARKD1	ARKD2
Överuman	0.9	0.7	0.9	0.7
Göuta-Ajaure	0.7	0.5	0.7	0.5
Bleriken	0.8	0.6	0.8	0.6
Gardiken	1.0	0.8	1.0	0.8
Storjuktan	0.5	0.5	0.6	0.5
Storuman	0.8	0.7	0.8	0.7
Bålforsen	0.5	0.3	0.5	0.3
Harrsele	0.3	0.2	0.3	0.2
Stornorrfors	0.4	0.2	0.4	0.3

Tabell 19. Korrelation nederbörd prognosdygn 1 och 2. "ARD1" = Arome utan kalmanfilter, prognosdygn 1, "ARKD1" = Arome med kalmanfilter, prognosdygn 1" osv.

cprec	ARD1	ARD2	ARKD1	ARKD2
Överuman	0.76	0.77	0.76	0.77
Göuta-Ajaure	0.77	0.76	0.77	0.76
Bleriken	0.78	0.75	0.77	0.75
Gardiken	0.77	0.70	0.77	0.70
Storjuktan	0.79	0.73	0.79	0.73
Storuman	0.80	0.74	0.80	0.74
Bålforsen	0.84	0.77	0.84	0.77
Harrsele	0.81	0.73	0.81	0.73
Stornorrfors	0.82	0.79	0.82	0.79

Bilaga C: Resultattabeller ECMWF deterministisk

TEMPERATUR

Tabell 20 och Tabell 21 ger resultat för bias respektive korrelation i temperatur (ctemp) från prognoskörning i HBV med prognosscenarier från ECMWF deterministisk i Tabell 3.

Tabell 20. Bias temperatur prognosdygn 1–9. "ECD1" = ECMWF deterministisk utan kalmanfilter, prognosdygn 1, "ECKD1" = ECMWF deterministisk med kalmanfilter, prognosdygn 1 osv.

ctemp	ECD1	ECD2	ECD3_5	ECD6_9	ECKD1	ECKD2	ECKD3_5	ECKD6_9
Överuman	-2.2	-2.4	-2.5	-2.5	-1.3	-1.5	-1.7	-1.8
Göuta-Ajaure	-1.1	-1.3	-1.4	-1.4	-0.6	-0.8	-0.9	-1.0
Bleriken	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9	-0.6	-0.8	-0.9	-0.9
Gardiken	-1.5	-1.7	-1.7	-1.6	-1.3	-1.4	-1.5	-1.4
Storjuktan	-0.7	-0.9	-0.9	-0.9	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8
Storuman	-1.1	-1.3	-1.3	-1.3	-0.8	-0.9	-1.0	-0.9
Bålforsen	-0.7	-0.8	-0.8	-0.9	-0.4	-0.5	-0.6	-0.6
Harrsele	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4
Stornorrfors	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.1	-0.3	-0.4	-0.4

Tabell 21. Korrelation temperatur prognosdygn 1–9. "ECD1" = ECMWF deterministisk utan kalmanfilter, prognosdygn 1, "ECKD1" = ECMWF deterministisk med kalmanfilter, prognosdygn 1 osv.

ctemp	ECD1	ECD2	ECD3_5	ECD6_9	ECKD1	ECKD2	ECKD3_5	ECKD6_9
Överuman	0.97	0.97	0.95	0.85	0.97	0.97	0.95	0.85
Göuta-Ajaure	0.98	0.98	0.96	0.85	0.98	0.97	0.95	0.85
Bleriken	0.98	0.97	0.96	0.85	0.98	0.97	0.95	0.85
Gardiken	0.98	0.98	0.96	0.86	0.98	0.97	0.95	0.85
Storjuktan	0.98	0.98	0.96	0.87	0.98	0.97	0.95	0.86
Storuman	0.98	0.98	0.96	0.87	0.98	0.98	0.96	0.86
Bålforsen	0.98	0.98	0.96	0.88	0.98	0.98	0.96	0.88
Harrsele	0.98	0.98	0.97	0.89	0.98	0.98	0.96	0.89
Stornorrfors	0.99	0.98	0.97	0.89	0.98	0.98	0.96	0.88

NEDERBÖRD

Tabell 22 och Tabell 23 ger resultat för bias respektive korrelation i nederbörd (cprec) från prognoskörning i HBV med prognosscenarier från ECMWF deterministisk i Tabell 3.

Tabell 22. Bias nederbörd prognosdygn 1–9. "ECD1" = ECMWF deterministisk utan kalmanfilter, prognosdygn 1, "ECKD1" = ECMWF deterministisk med kalmanfilter, prognosdygn 1 osv.

cprec	ECD1	ECD2	ECD3_5	ECD6_9	ECKD1	ECKD2	ECKD3_5	ECKD6_9
Överuman	0.5	0.6	0.2	0.3	0.5	0.6	0.2	0.3
Göuta-Ajaure	0.3	0.3	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2
Bleriken	0.3	0.3	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2
Gardiken	0.9	0.8	0.6	0.8	0.9	0.9	0.6	0.8
Storjuktan	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.4
Storuman	0.6	0.6	0.4	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6
Bålforsen	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3
Harrsele	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Stornorrfors	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2

Tabell 23. Korrelation nederbörd prognosdygn 1–9. "ECD1" = ECMWF deterministisk utan kalmanfilter, prognosdygn 1, "ECKD1" = ECMWF deterministisk med kalmanfilter, prognosdygn 1 osv.

cprec	ECD1	ECD2	ECD3_5	ECD6_9	ECKD1	ECKD2	ECKD3_5	ECKD6_9
Överuman	0.77	0.73	0.59	0.39	0.77	0.73	0.59	0.39
Göuta-Ajaure	0.77	0.73	0.57	0.34	0.77	0.73	0.57	0.34
Bleriken	0.78	0.71	0.60	0.34	0.78	0.71	0.60	0.34
Gardiken	0.78	0.71	0.54	0.26	0.78	0.70	0.54	0.26
Storjuktan	0.81	0.76	0.49	0.25	0.81	0.76	0.49	0.25
Storuman	0.80	0.75	0.49	0.22	0.80	0.75	0.49	0.22
Bålforsen	0.85	0.82	0.49	0.19	0.85	0.83	0.49	0.19
Harrsele	0.85	0.80	0.45	0.18	0.85	0.80	0.45	0.18
Stornorrfors	0.84	0.80	0.51	0.26	0.84	0.80	0.51	0.26

METODUTVECKLING FÖR HÄMTNING AV KORTTIDS- PROGNOSER TILL HBV-MODELLER

Den hydrologiska modell som i dag körs av SMHI, och som används operationellt av vattenkraftbolag, har under årtionden utvecklats i nära samarbete med branschen till vad den är i dag. Rapporten redovisar resultaten av tester utifrån en ny metod som används för att hämta indata för beräkning av tillrinning.

Sedan 2016 har den meteorologiska korttidsprognosen, som används för beräkning av tillrinning till vattenkraftproduktion, årligen sparats och utvärderats av SMHI gentemot observationer på faktiskt utfall. De årliga utvärderingarna har visat på en underskattning av temperaturen framför allt på våren vilket i sin tur påverkar den hydrologiska modellens förmåga att förutsäga startpunkten för avsmältning, alltså vårfloedens start.

Syftet med projektet har varit att testa om ökad representativitet i korttidsprognoser på temperatur skulle kunna åtgärda problemet. Den huvudsakliga aspekten i den nya metoden har varit att undersöka om prognoserna kan förbättras genom att använda ett medelvärde utifrån alla tillgängliga temperaturdata från respektive delområde i stället för att använda ett värde från delområdets mittpunkt.

Resultatet visade att underskattningen av temperatur på våren inte skulle minska enbart med den nya metoden. Men i kombination med biaskorrekktion av temperaturen skulle en mer representativ temperaturprognos kunna uppnås i delar av avrinningsområdet. Det måste göras fler och utökade tester för att kunna säkerställa metodens förmåga att öka precisionen.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se