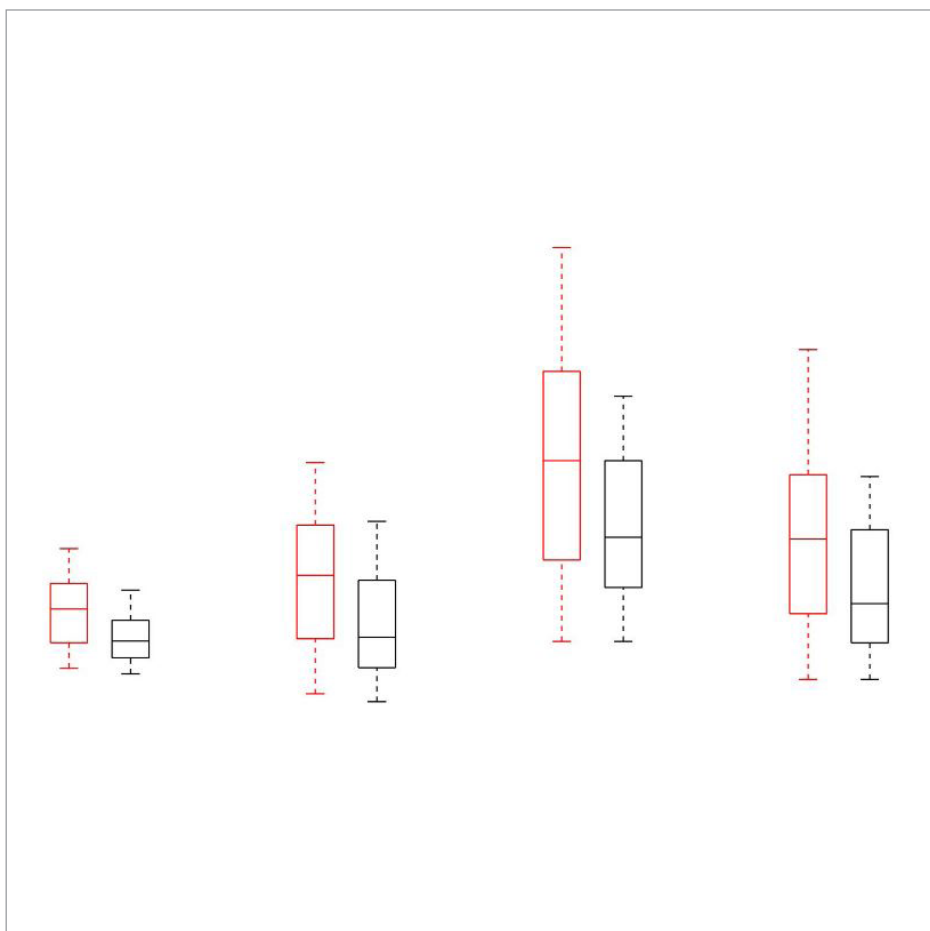


UTVÄRDERING AV MULTIMETODMODELLENS SÄSONGSPROGNOSER 2017

RAPPORT 2018:516



Utvärdering av multimetodmodellens säsongsprognoser 2017

MARIA RASMUSSEN, KEAN FOSTER, BARBRO JOHANSSON OCH ISAGEL CEDEFAMN

ISBN 978-91-7673-516-9 | © Energiforsk juli 2018

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

Förord

Motivet till att genomföra projektet har varit att implementera och utvärdera multimetodmodellen även kallad "Hydrological Seasonal Forecast System". Modellen har i tidigare projekt visat sig ha potencial att förbättra vårflodsprognosernas precision jämfört med dagens prognosmodeller. Därmed finns ett stort värde för Vattenkraftbolagen att kunna nyttja modellen i daglig drift.

I rapporten redovisas utvärdering av prognosområden i Luleälven, Skellefteälven, Umeälven, Ångermanälven, Indalsälven och Ljungan. Utvärderingen sker genom jämförelse med traditionella långtidsprognoser samt det uppmätta utfallet för år 2017 med multimetodmodellen. Just för år 2017 visade det sig att prognostiseringsförmågan var högst för de prognosområden där snöprocessers inverkan på vårflödesvolymen var störst, dvs i fjällområden. Ett av de viktigaste resultaten från projektet som helhet är att modellen nu kan nyttjas mer effektivt genom den operationalisering som gjorts.

Projektet har genomförts av Maria Rasmusson, Kean Foster, Barbro Johansson och Isagel Cedefamn på SMHI. Rapporten ingår som en av två inom projektet. Den andra rapporten inom projektet är "Bearbetning av multimetodmodellens statistiska metod för förbättrad prestanda" Energiforsk rapport 2018:515.

Projektet har ingått i HUVA - Energiforsks arbetsgrupp för Hydrologiskt UtvecklingsArbete vars huvudinriktning är att förbättra precisionen i vattenkraftindustrins tillringsmodeller. HUVA innehåller utvecklingsprojekt, omvärldsbevakning, utbildning inom vattenkraftshydrologi (HUVA-kursen), HUVA- dagen och standardisering. I HUVA-gruppen ingår: Peter Calla, Vattenregleringsföretagen (ordf.), Stefan Busse, Sydkraft Hydropower AB, Lars Pettersson, Skellefteälvens Vattenregleringsföretag, Björn Norell, Vattenregleringsföretagen, Susanne Nyström, Vattenfall Vattenkraft AB, Mikael Sundby, Vattenfall AB, Johan Andersson, Fortum Generation AB, Emma Wikner, Statkraft Sverige AB, Knut Sand, Statkraft Sverige AB, Magnus Jämtning, Jämtkraft AB, Jörgen Berglund, Skellefteå Kraft AB och Fredrik Martinsson, Energiforsk (adj)

Vattenfall AB Vattenkraft, Fortum Generation AB, Sydkraft Hydropower AB, Statkraft Sverige AB, Skellefteå Kraft AB, Holmen Energi AB, Jämtkraft AB, Umeå Energi AB, Tekniska Verken i Linköping AB, Mälarenergi AB, Sollefteåforsens AB, Karlstads Energi AB, Jönköping Energi AB deltar i HUVA för etappen 2016-2018.

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

Sammanfattning

I denna rapport utvärderas, som del av det operationaliseringsprojekt som bedrivits vid SMHI, säsongsprogner för sex älvar i Sverige genererade med multimetodmodellen även kallad "Hydrological Seasonal Forecast System".

Det finns ett stort värde i att ta in signaler från aktuella meteorologiska förhållanden i den hydrologiska vårflodsprognosen. Meteorologiska säsongsprogner är dock fortfarande mycket osäkra och en vårflodsprognos enbart baserad på dessa ger risk för stora fel. Genom att multimetodmodellen kombinerar information från säsongsprogner med historisk temperatur- och nederbördsdata minskar osäkerheten/risken för stora fel, samtidigt som vårflodsprognosen blir mer representativ för rådande väderläge jämfört med en vårflodsprognos enbart baserad på historik.

SMHI har under år 2017 arbetat med operationalisering av multimetodmodellen även kallad "Hydrological Seasonal Forecast System" för beräkning av hydrologiska säsong- och vårflodsprognoser. Multimethodmodellens ensembleprognos baseras på de tre metoderna, I) historisk ensemble, II) meteorologiska säsongsprogner från ECMWF¹ i HBV, samt, III) statistisk nedskalning av ackumulerat vårflöde, vilkas individuella bidrag viktas samman.

I denna rapport redovisas en utvärdering av de säsongsprogner som genererats (februari-maj) med multimetodmodellen för ett flertal prognosområden i Luleälven, Skellefteälven, Umeälven, Ångermanälven, Indalsälven och Ljungan. Utvärderingen sker genom jämförelse med traditionella långtidsprognoser genererade med HBV-modellen, samt det uppmätta utfallet för respektive prognosperiod.

I årets prognosutvärdering hade både multimetodmodellens prognoser och traditionella långtidsprognoser ett mindre medelprognosfel för mer nordligt belägna älvar än för mer sydligt belägna älvar. Prognosutvärderingen visade även på en generellt bättre prognostiseringsförmåga för fjällområden än för skogsområden. Denna trend tros beror av att vårflödesvolymen för uppströms belägna prognosområden i större utsträckning påverkas av snöprocesser, vilket gynnar multimetodmodellens prognos då snö har större vikt i multimetodmodellen än i traditionella långtidsprognoser. Prognosutvärderingen visade även att prognosernas osäkerhetsintervall ökade för nedströms belägna prognosområden, vilket tros bero på en större påverkan på vårflödet av regn under vintern. Denna trend syntes i multimetodmodellens säsongsprogner såväl som de traditionella långtidsprognoserna, men för multimetodmodellens prognoser var trenden desto mer tydlig i och med att nederbördsdata används i flera av multimetodmodellens metoder för ensemble prognosen. Tidigare utvärdering har visat att multimetodmodellen sett över flera år har en något bättre träffsäkerhet än traditionella långtidsprognoser, men för enskilda år kan motsatsen gälla. Årets utvärdering tyder på att 2017 var ett sådant år.

¹ European Centre for Medium-Range Weather Forecast

Summary

In this project the “Hydrological Seasonal Forecast System” that combines three different approaches to seasonal forecasting into a multimethod-model-ensemble forecast was operationalised, and its forecasts were evaluated for six selected rivers in northern Sweden.

There is great worth in accounting for meteorological conditions in hydrological seasonal forecasting. However, meteorological seasonal forecasts display high uncertainty. Thus, basing hydrological seasonal forecasts entirely on meteorological seasonal forecasts leads to risks of large forecasting errors. By combining seasonal meteorological forecasts with historical data, the multimethod-model reduces the risk of large forecasting errors. In addition, the hydrological seasonal forecast becomes more representative of the current season’s meteorological conditions than when using only historical data.

During 2017 the multimethod-model also referred to as “Hydrological Seasonal Forecast System” for seasonal- and spring flood forecasting has been operationalized at SMHI. The multimethod-model combines three different approaches to seasonal forecasting into a multimethod-model ensemble forecast, I) historical ensemble, II) meteorological seasonal forecast ensemble, III) statistical downscaling ensemble.

In this report the seasonal multimethod-model forecasts (generated for February-May 2017) are evaluated for several gauging stations in the rivers Luleälven, Skellefteälven, Umeälven, Ångermanälven, Indalsälven and Ljungan in northern Sweden. The multimethod-model forecasts are evaluated against traditional HBV-forecasts and the observed accumulated inflow.

Both multimethod-model and traditional seasonal forecasts showed less forecasting error for gauging stations in more northerly located rivers compared to the southernmost ones. Furthermore, the evaluation showed better prognosis results for mountain compared to woodland areas, i.e., upstream gauging stations compared to downstream gauging stations. The cause for this trend is thought to be a bigger influence of snow processes on the seasonal accumulated inflow in upstream gauging stations. For the multimethod-model taking greater account to snow than traditional seasonal forecasts, some favorable forecasts for upstream gauging stations were seen. The evaluation also showed that the prognoses uncertainty increased downstream, probably arising due to an increase in the influence of rain on snow processes leading into the spring flood for downstream gauging stations. Thus, uncertainty in the precipitation data would propagate into the forecasts. This trend was visible for both multimethod-model and traditional seasonal forecasts. However, since precipitation data is used in several of the multimethod-model approaches, the propagated uncertainty is more noticeable for the multimethod-model forecasts. Previous evaluations have shown that the multimethod-model on average performs better than traditional seasonal forecasting, with exceptions for certain years. The result of this year’s forecast evaluation indicates 2017 to be a year of exception.

Innehåll

1	Inledning	7
1.1	Säsongsprognoser med multimetodmodellen	7
1.2	operationalisering av multimetodmodellen	7
1.2.1	Multimetodmodellens metodik i korthet	8
1.2.2	Operationalisering av multimetodmodellen	10
2	Utvärderingsmetoder	13
3	Resultat	14
3.1	Luleälven	14
3.2	Skellefteälven	17
3.3	Umeälven	20
3.4	Ångermanälven	25
3.5	Indalsälven	30
3.6	Ljungan	35
4	Diskussion och slutsatser	39
5	Referenser	40
	Appendix I	41

1 Inledning

1.1 SÄSONGSPROGNOSER MED MULTIMETODMODELLEN

Vårflodsprognoser utgår från det hydrologiska läget vid prognostillfället, och det är framför allt snömagasinet som är betydelsefullt.

För prognosperioden används i den traditionella vårflodsprognosen (IHMS/HBV) en historisk ensemble av nederbörds- och temperaturserier för att beräkna tillrinningen. Skillnaden mellan prognosvolymen för olika år beror då nästan enbart på skillnader i snömagasinet vid prognosstart.

Med multimetodmodellen tar man även in information om väderutvecklingen under prognosperioden genom att utnyttja den meteorologiska säsongsprognosen från det Europeiska vädercentret (ECMWF). Det görs på två olika sätt.

- Direkt användning av nederbörd och temperatur från den meteorologiska prognosen. Det ger en ensemble av tidsserier som hanteras på samma sätt som den historiska ensemblen i den traditionella prognosen.
- En statistisk modell som kopplar variabler som representerar storskalig atmosfärisk cirkulation till vårflodsvolymen. Exempel på sådana variabler är tryckfält, temperatur och luftfuktighet högre upp i atmosfären. De kan vara en bättre indikation på den generella väderutvecklingen under prognosperioden än enskilda dygnsvärden på nederbörd och temperatur.

Det finns ett stort värde i att ta in signaler från aktuella meteorologiska förhållanden i den hydrologiska vårflodsprognosen. Meteorologiska säsongsprognoser är dock fortfarande mycket osäkra och en vårflodsprognos enbart baserad på dessa ger risk för stora fel. Genom att multimetodmodellen kombinerar information från säsongsprognoser med historisk temperatur- och nederbördsdata minskar osäkerheten/risken för stora fel, samtidigt som vårflodsprognosen blir mer representativ för rådande väderläge jämfört med en vårflodsprognos enbart baserad på historik.

Medianprognosen baserad på de tre metoderna antas vara en bättre skattning av den troligaste utvecklingen än en prognos baserad på en metod. Skillnaderna mellan de tre metoderna kan också ge en sannare bild av osäkerheten i prognosen. Multimetodmodellen är mest intressant i början av vintern, mot slutet växer betydelsen av snömagasinet vid prognosstart.

1.2 OPERATIONALISERING AV MULTIMETODMODELLEN

SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut) har under år 2017 arbetat med att operationalisera processer för beräkning av hydrologiska säsongsprognoser med multimetodmodellen även kallad "Hydrological Seasonal Forecast System" (Foster et al., 2015; Olsson et al., 2011). I denna rapport utvärderas multimetodmodellens säsongsprognoser för vintern/våren 2017 för sex älvar i Sverige.

SMHI har under 2017 genererat säsons- och vårflodsprognoser med multimetodmodellen för prognosområden i Luleälven, Skellefteälven, Umeälven, Ångermanälven, Indalsälven och Ljungan (Appendix I, Tabell 7). I denna rapport redovisas en utvärdering av resultat av dessa säsongsprogner (februari-maj) genom jämförelse med traditionella långtidsprognoser genererade med HBV-modellen (Bergström, 1976; Lindström et al., 1997; Carlsson & Lindström, 2001; Carlsson & Sjögren, 2003), samt det uppmätta utfallet för respektive prognosperiod. Med traditionella långtidsprognoser avses historiska ensembleprognoser som erhållits genom tillämpning av HBV-modellen och benämns därför i denna rapport kortfattat för "HBV-prognoser".

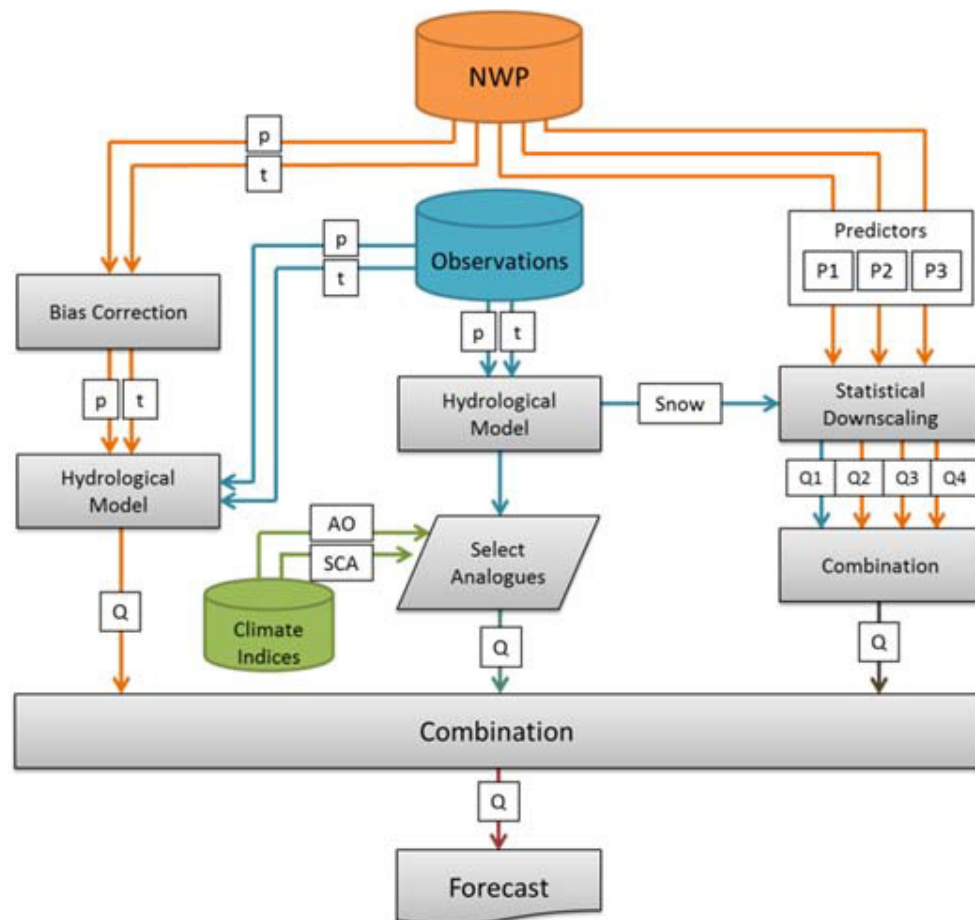
1.2.1 Multimetodmodellens metodik i korthet

Multimetodmodellen även kallad "Hydrological Seasonal Forecast System" (Foster et al., 2015; Olsson et al., 2011) har utvecklats för att generera säsons- och vårflodsprognoser som baseras på tre olika beräkningsmetoder (Figur 1). Metoderna inkluderar reducerad historisk ensemble, meteorologiska säsongsprogner från ECMWF² i HBV, samt statistisk nedskalning av ackumulerat vårflöde, vilkas individuella bidrag viktas samman (med lika stor vikt) till en säsons- och en vårflodsprognos (Olsson et al., 2011). Säsongsprogner avser den prognostiserade ackumulerade volymen för perioden från prognosdatum³ till sista juli medan vårflodsprognoser avser den prognostiserade ackumulerade volymen för perioden från vårflodens start⁴ till sista juli. I detta avsnitt följer en översiktlig beskrivning av multimetodmodellens olika beräkningsmetoder. För en mer detaljerad beskrivning av multimetodmodellens uppbyggnad hänvisas läsare till tidigare rapporter av Foster et al. (2015) och Olsson et al. (2011).

² European Centre for Medium-Range Weather Forecast

³ Första januari för januariprogner, första februari för februariprogner, osv.

⁴ Vårflodens start definieras av multimetodmodellen som det datum då tillrinningen ihållande (> 30 dagar) har varit större än (> 90 percentilen av) tillrinningen under årets första 80 dagar.



Figur 1. Schematisk bild av multimetodmodellen. Från vänster till höger: Meteorologiska säsongsprognoiser, Reducerad historisk ensemble, Statistisk nedskalning av ackumulerat vårflöde. För prognoserna 2017 har en full historisk ensemble använts (se avsnitt 1.1.2). Från Foster et al. (2015).

Meteorologiska säsongsprognoiser

I metoden används meteorologiska säsongsprognoiser av temperatur och nederbörd, från European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) som drivdata för att generera HBV-prognoser. Den databearbetning som krävs för att transformera ECMWF-data till tillämpligt HBV-format beskrivs av Foster et al. (2015).

Reducerad historisk ensemble

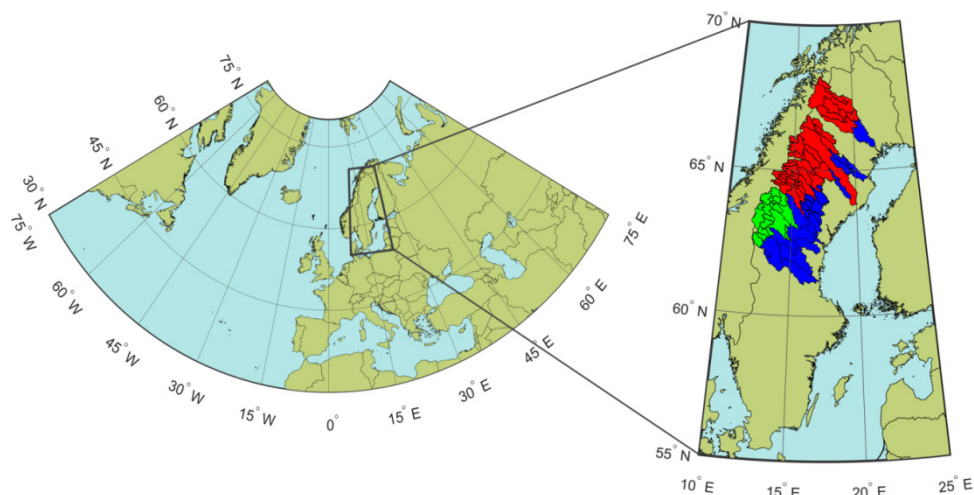
Metoden går ut på att från en historisk ensemble välja ut de (analog) år som uppvisat en väderutveckling som påminner om det aktuella årets. De är troligen mest representativa för den kommande prognosperiodens väderutveckling (Olsson et al., 2011). Det är endast meteorologiska data från dessa utvalda analoga år som sedan används för att med HBV-modellering producera en reducerad historisk ensembleprognos. Urvalet av analoga år sker med hjälp av s.k. klimatindex (teleconnection index; TCI) som avspeglar det klimatologiska förhållandet innan prognosdatum. De klimatindex som multimetod-modellen använder sig av är Scandinavian Pattern (SCA) och Arctic Oscillation (AO) (Foster et al., 2015). Klimatindex erhålls från NOAA (National Oceanic and Atmospheric

Administration) med en fördröjning på en månad, vilket multimetodmollen har anpassats för att hantera. Detaljerade uppgifter om kriterium och metod för identifiering av analoga år beskrivs av Foster et al. (2015).

Statistisk nedskalning av ackumulerat vårflöde

Metoden bygger på framtagna statistiska samband mellan atmosfäriska prediktorer, snö och ackumulerat vårflöde (Olsson et al., 2011). Atmosfäriska prediktorer är tryckfältsvariabler, temperatur- och strålningsvariabler och fuktvariabler som representerar storskalig atmosfärisk cirkulation (Foster et al., 2015). Medelvärden av de atmosfäriska prediktorerna för perioden från prognosdatum till sista juli hämtas från ECMWFs säsongsprognois medan snö erhålls från HBV-modellens initialtillstånd (Foster et al., 2015). Ett statistiskt samband mellan varje prediktor och ackumulerat vårflöde tas fram för varje prognosmånad och region. Figur 2 visar dels den geografiska domänen för atmosfäriska prediktorer (75°E till 75°W och 30°N till 80°N) och dels regionindelning. En utförlig lista över regionstillhörighet för enstaka prognosområden kan se i Appendix I, Tabell 7. En detaljerad beskrivning av den statistiska nedskalningsmetoden ges av Foster et al. (2015).

De prognostiserade volymerna utifrån snö och de tre atmosfäriska prediktorer som uppvisar störst prediktionsförmåga viktas sedan samman till en prognos (Foster et al., 2015). Vikterna baserades ursprungligen på resultatet från multivariat linjär regression, men en förändring av viktningsmetoden tas upp under avsnitt 1.1.2.



Figur 2 – Regionindelning; blåmarkerade prognosområden (region 1), grönmärkade prognosområden (region 2) och rödmärkade prognosområden (region 3).

1.2.2 Operationalisering av multimetodmodellen

SMHI har under år 2017 arbetat med att operationalisera multimetodmodellens processer för beräkning av hydrologiska säsong- och vårflödsprognoser. Denna operationalisering syftar till att införa multimetodmodellen i SMHI:s driftmiljö för att automatisera prognosleveranser och säkerställa tillgänglighet till modellen. En enklare presentation av genererade säsong- och vårflödsprognoser införs även i SMHI:s informationssystem för realtidsdata och prognoser för väder och vatten

(HYFO). Parallellt med detta arbete har multimodellen körts manuellt för att månatligen (februari-maj) under vinter/våren 2017 producera säsongs- och vårflodsprognoser som levererats till en referensgrupp. Målet med detta arbete har varit att testa multimodellens funktionalitet inför operationaliseringen, hitta eventuella svagheter och åtgärda dessa, samt att sprida kunskap om modellen inom SMHI.

Under tidsperioden för arbetet med de manuella prognoskörningarna har följande saker uppmärksammats och åtgärder genomförts:

- I sin ursprungsform använder multimetodmodellen sig av en reducerad historisk (analog) ensemble (se avsnitt 1.1.1) och då inga analoga år kan identifieras används full historisk ensemble. Det visade sig dock vid en jämförelse mellan tillämpning av analog ensemble och historisk ensemble att multimodellen för den senare gav ett generellt bättre statistiskt resultat. Detta har resulterat i att multimodellen uppdaterats till att använda full historisk ensemble istället för att tillämpa analog ensemble. Denna ändring bör dock ses som tillfällig till dess att metoden för val av analoga år utvecklats och förfinats så att prestandan för tillämpning av analog ensemble är likvärdig eller överstiger den för tillämpning av historisk ensemble. Utvecklingsidéer för fortsatt arbete kring detta finns.
- Vid några enstaka tillfällen uppvisade den prognostiserade vårflodsvolymen negativa värden. Orsaken till detta visade sig vara den ursprungliga regressionsbaserade viktningen av olika prediktorers bidrag i den statistiska nedskalningsmetoden (se avsnitt 1.1.1). För att stabilisera den statistiska metoden modifierades viktningen; en aritmetisk viktning av olika prediktorers bidrag till vårflodsvolymen infördes. Följande viktning tillämpades:

- De volymerna som beräknats med de (fyra) statistiska samband som uppvisar störst prediktionsförmåga viktas samman enligt:

$$\text{Vårflodsvolym} = (1 \cdot \text{volym}_1 + 2 \cdot \text{volym}_2 + 3 \cdot \text{volym}_3 + 4 \cdot \text{volym}_4) / 10$$

Där den volym som har beräknats med störst prediktionsförmåga (volym_4) tilldelas störst vikt (vikt=4), den volym som har beräknats med näst störst prediktionsförmåga (volym_3) tilldelas näst störst vikt (vikt=3), osv.

Denna metod eliminerade orealistiska negativa värden på vårflodsvolymen. Dock kvarstod viss osäkerhet kopplat till prediktordata som hamnat utanför träningsintervallet.

- Kodutveckling gjordes för att multimetodmodellen ska kunna generera daglig ackumulerad tillrinning från säsongsprognosdag (första januari, första februari, osv) till och med sista juli. Efter kodutvecklingen genereras nu dagliga prognoser för ackumulerad tillrinning (medianvärde, kvartil- och extremvärden) som baseras på analog eller historisk ensemble och meteorologisk säsongsensemble. Den statistiska metoden avser endast sambandet mellan utvalda prediktorer och den totala vårflödesvolymen, och kan därför inte användas för beräkning av dessa dagliga värden.

- Presentationsförslag för säsons- och vårfloidsprognosernas resultat har tagits fram i form av grafer över den ackumulerade tillrinningen och lådagran (boxplottar) för vårfloidsvolym. Excel-ark och text-filer för dagliga ackumulerad tillrinning har använts vid leveranser av prognoser till referensgruppen.

Arbete med att förbättra den statistiska metodens prestanda med avseende på val av geografisk domän (för vilken samband mellan prediktorer och ackumulerad volym beräknas) har även genomförts under år 2017. Förändringar till följd av detta arbete har inte implementerats i den multimetodmodell som genererat de säsons-prognoser som utvärderas i denna rapport. I denna rapport utvärderas de säsonsprognoser (februari-maj) som genererats för ackumulerad tillrinning för de sex älvar och prognosområden som anges i Appendix I, Tabell 7.

2 Utvärderingsmetoder

Utvärderingen av de säsongsprogner som genererats under vinter/våren 2017 omfattar analys av prognosutfallet för de enskilda prognosområdena i varje älv samt en samlad bedömning av prognosutfallet för respektive älv i stort.

För åskådliggörande och jämförelse av multimetodmodellens prognos med HBV-modellens prognos för de enskilda prognosområdena har användning av lådagram (s.k. boxplottar) valts. Lådagram möjliggör en visuell översikt över den prognostiserade ackumulerade tillrinningens medianvärde, kvartil-, och extremvärden. I avsnitt 3 visas lådagram för både multimetodmodellens och HBV-modellens prognosutfall som andel av den uppmätta ackumulerade tillrinningen. För en prognos som överensstämmer väl med uppmätt utfall kommer således dessa lådagram att uppvisa ett medianvärde nära 1. Multimetodmodellen ger en sannolikhetsprognos och utvärderat över många år bör utfallet i 50% av fallen ligga mellan den övre och undre kvartilen.

För att erhålla generella mått för en specifik älvs prognosutfall beräknades medelvärdeskvoten av prognosfelet, d.v.s. medelvärdet av den normaliserade skillnaden mellan prognostiserad ackumulerad tillrinning, P , och uppmätt volym, U , för samtliga prognosområden, i , belägna i den aktuella älven, enligt Formel 1.

$$\text{prognosfelets medelvärdeskvot} = \frac{\overline{P_i - U_i}}{U_i} \quad \text{Formel 1}$$

Även medelvärdeskvoten för absolut prognosfel beräknades, enligt Formel 2.

$$\text{absoluta prognosfelets medelvärdeskvot} = \left| \frac{\overline{P_i - U_i}}{U_i} \right| \quad \text{Formel 2}$$

Dessa mått förväntas anta ett lågt värde (så nära 0 som möjligt) vid en generellt god överensstämmelse mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning. Medelvärdeskvoten kan dock hamna nära 0 om prognosen underskattar volymen i några områden och överskattar den i andra.

3 Resultat

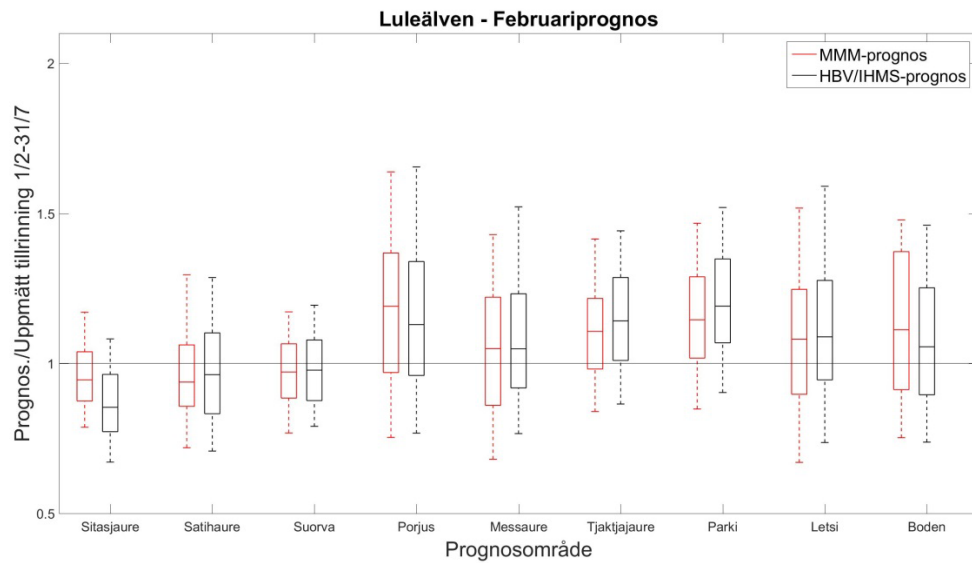
I följande avsnitt redovisas prognosutfallet älvvis. Resultaten gäller prognoserna gjorda i början av februari, mars, april och maj.

I figurerna visas lådagram för kvoterna mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning erhållna med multimetodmodellen (MMM) och HBV-modellen för samtliga prognosområden. Modellberäkningar med HBV har gjorts med gränssnittet IHMS och utan uppdatering av starttillstånd

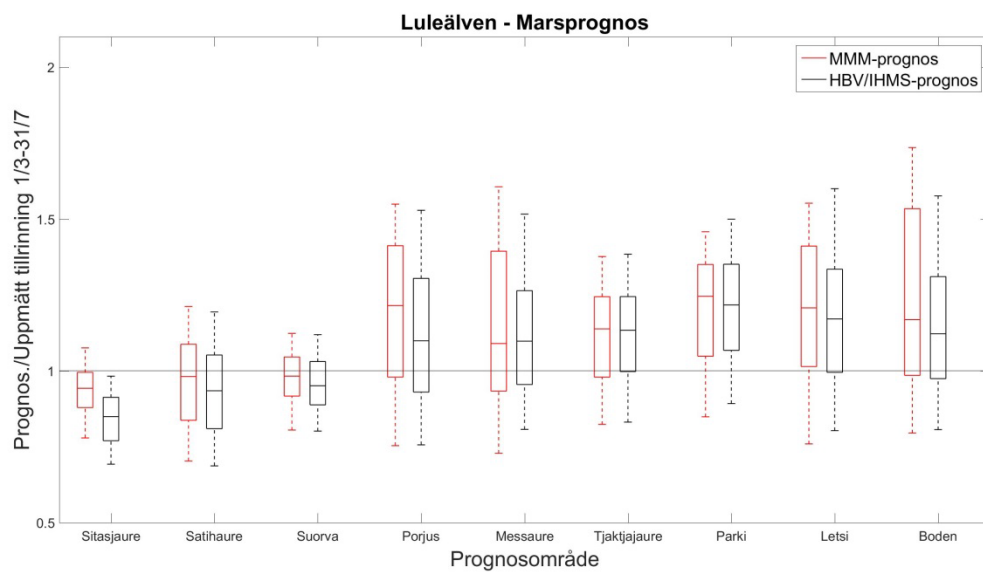
I tabellerna visas prognosfelets medelvärdeskvot och absoluta medelvärdeskvot beräknade enligt Formel 1, respektive Formel 2 i avsnitt 2. Beräknade kvoter gäller säsongsprognoiser genererade med multimetodmodellen (MMM) samt HBV/IHMS och är ett medelvärde för samtliga prognosområden

3.1 LULEÄLVEN

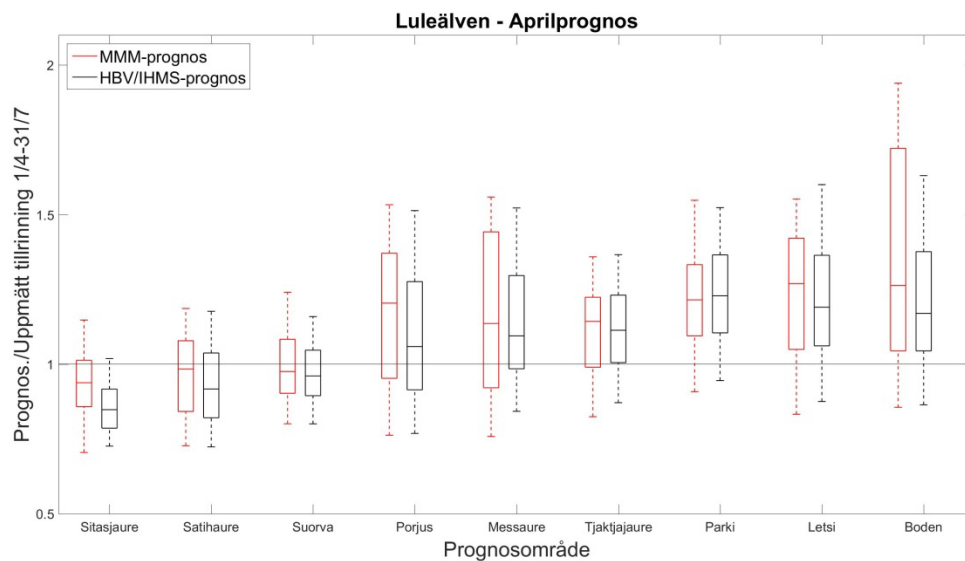
De säsongsprognoiser för 2017 som multimetodmodellen (MMM) genererat ger generellt en bra uppskattning av den ackumulerade tillrinningen för prognosområdena i Luleälven (Figur 3-6, Tabell 1). Ett prognosområde för vilket medianvärdet av multimetodmodellens prognos låg närmre uppmätt volym än den traditionella HBV-prognosens medianvärde är Sitasjaure (men generellt även Satihaure och Suorva). Detta kan bero av att hydrologin i de uppströms belägna prognosområdena i större utsträckning än de övriga domineras av snöprocesser, och att snövolymen har större vikt i multimetodmodellen än i HBV-modellen. Snö förekommer inte bara som initialtillstånd i multimetodmodellen utan används också som en parameter i den statistiska metoden. Således tas hänsyn till snöns inverkan på vårflödesvolymen flertalet gånger genom multimetodmodellens olika metoder som sedan viktas samman till en ensemble prognos. Tabell 1 visar att prognosfelets medelvärdeskvot var minst för februariprognosen för både multimetodmodell- och HBV-prognosen. Det ska dock tas i beaktande vid jämförelse av värdena i Tabell 1 att volymerna som dessa värden baseras på ändras för varje månadsprognos i och med att tillrinningen ackumuleras över en kortare tidsperiod.



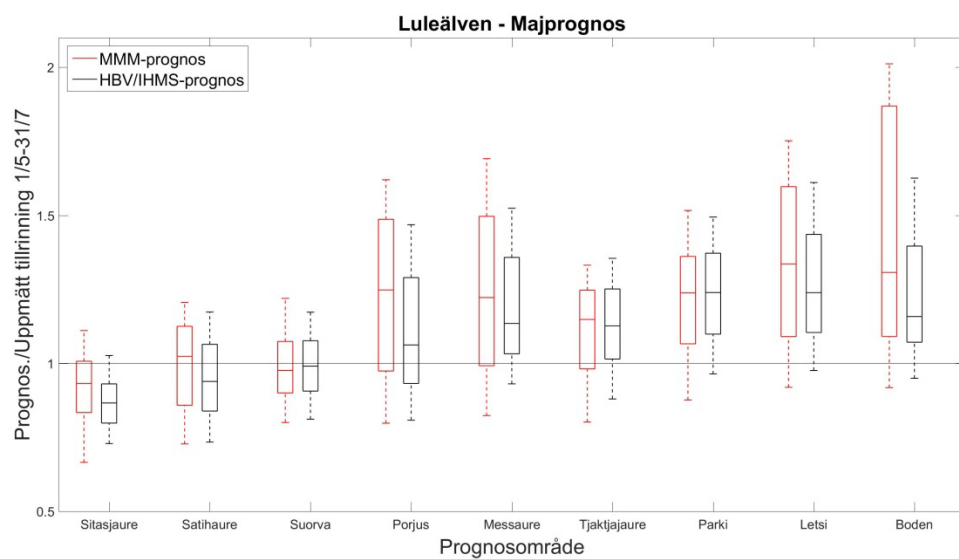
Figur 3 – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Luleälven för perioden 2017-02-01 – 2017-07-31.



Figur 4 – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Luleälven för perioden 2017-03-01 – 2017-07-31.



Figur 5 – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Luleälven för perioden 2017-04-01 – 2017-07-31.



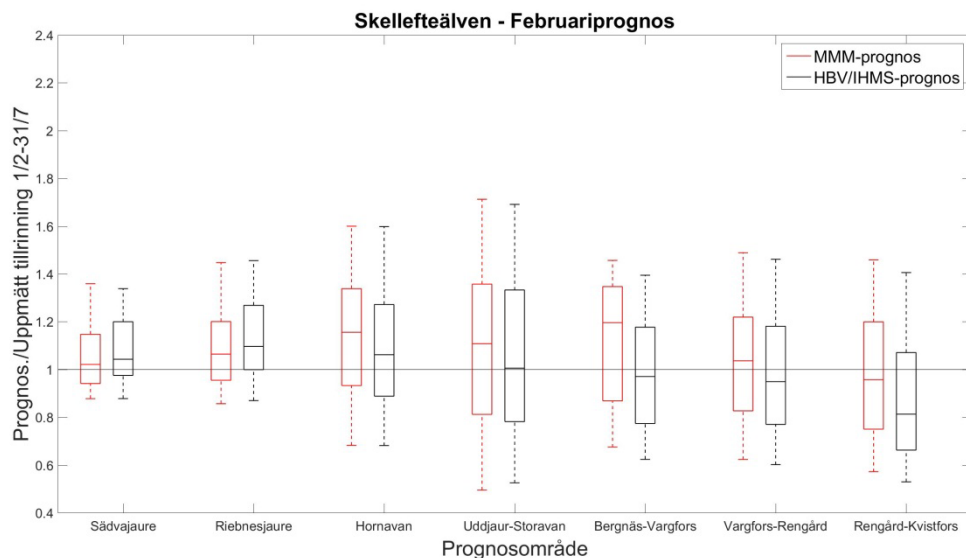
Figur 6 – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Luleälven för perioden 2017-05-01 – 2017-07-31.

Tabell 1 – Prognosutfall, sammanvägda mått för Luleälvens prognosområden, i , angivna i Appendix I, Tabell 7

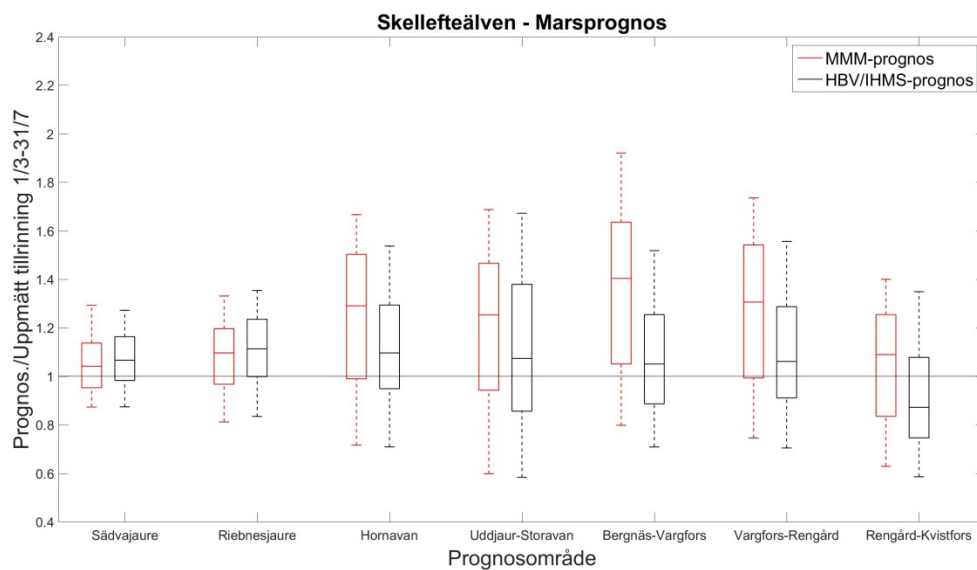
Luleälven	Period	$\frac{P_i - U_i}{U_i}$	$\left \frac{P_i - U_i}{U_i} \right $
		MMM (HBV)	MMM (HBV)
	0201-0731	0.06 (0.05)	0.09 (0.10)
	0301-0731	0.11 (0.06)	0.13 (0.12)
	0401-0731	0.12 (0.06)	0.15 (0.13)
	0501-0731	0.16 (0.08)	0.18 (0.13)

3.2 SKELLEFTEÄLVEN

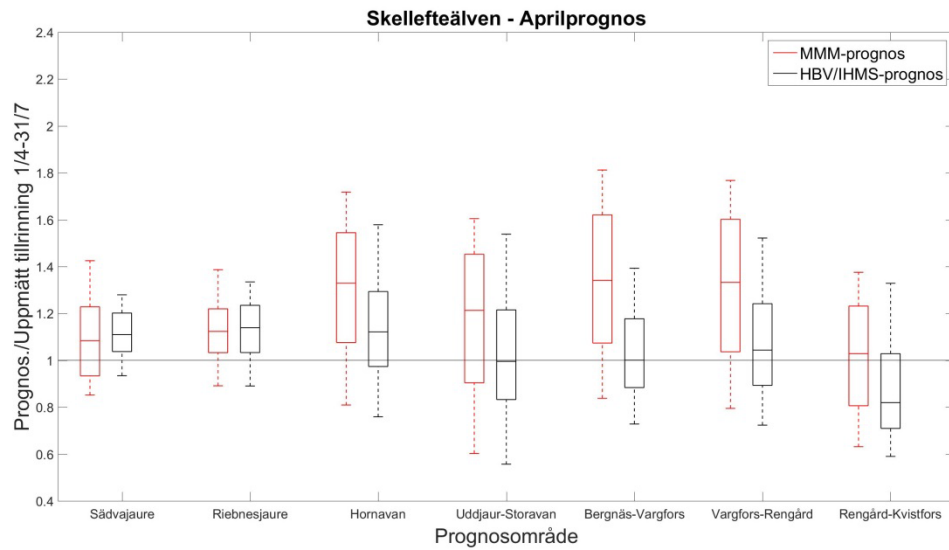
I de säsongsprognoiser som multimetodmodellen (MMM) genererat för 2017 överskattas generellt den ackumulerade tillrinningen något för prognosområdena i Skellefteälven (Figur 7-10, Tabell 2). Två prognosområden för vilka medianvärdet av multimetodmodellens prognostiserade vårflödesvolym låg närmre uppmätt volym än HBV-prognosens medianvärde var Sädvajaure och Riebnesjaure. Detta kan bero av att hydrologin i de uppströms belägna prognosområdena i större utsträckning än de övriga domineras av snöprocesser, och att snövolymen har större vikt i multimetodmodellen än i HBV-modellen. Snö förekommer inte bara som initialtillstånd i multimetodmodellen utan används även som en parameter i den statistiska metoden. Således tas större hänsyn till snöns inverkan på vårflödesvolymen i multimetodmodellens ensemble prognos. Tabell 2 visar att prognosfelets medelvärdeskvot var minst för februariprognosen för både multimetodmodell- och HBV-prognosen. Det ska dock tas i beaktande vid jämförelse av värdena i Tabell 2 att volymerna som dessa värden baseras på ändras för varje månadsprognos i och med att tillrinningen ackumuleras över en kortare tidsperiod. De ökande osäkerhetsintervallen för multimetodmodellens prognoser för efterföljande månader följer av den statistiska metodens bidrag som ger en större spridning efter det att vårflodens start beräknas vara passerad.



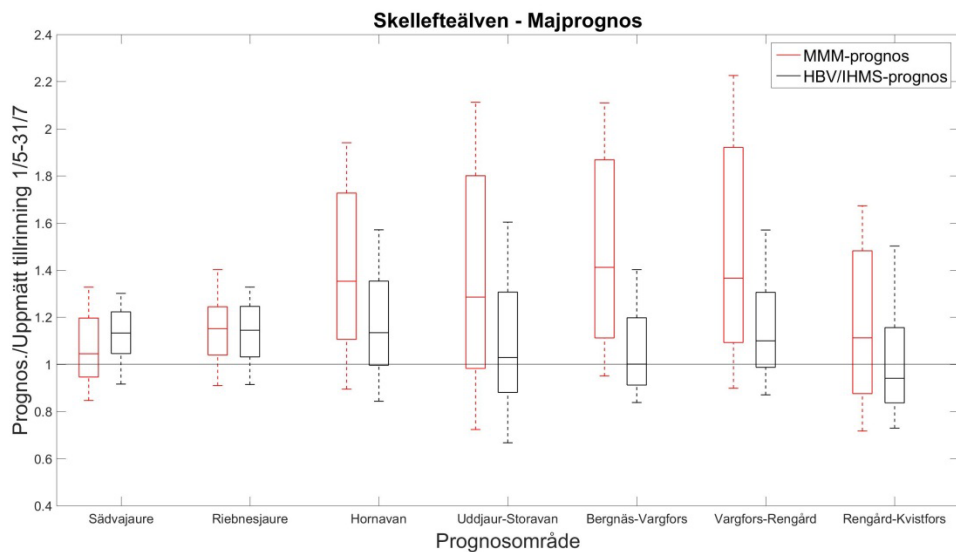
Figur 7 – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Skellefteälven för perioden 2017-02-01 – 2017-07-31.



Figur 8 – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Skellefteälven för perioden 2017-03-01 – 2017-07-31.



Figur 9 – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Skellefteälven för perioden 2017-04-01 – 2017-07-31.



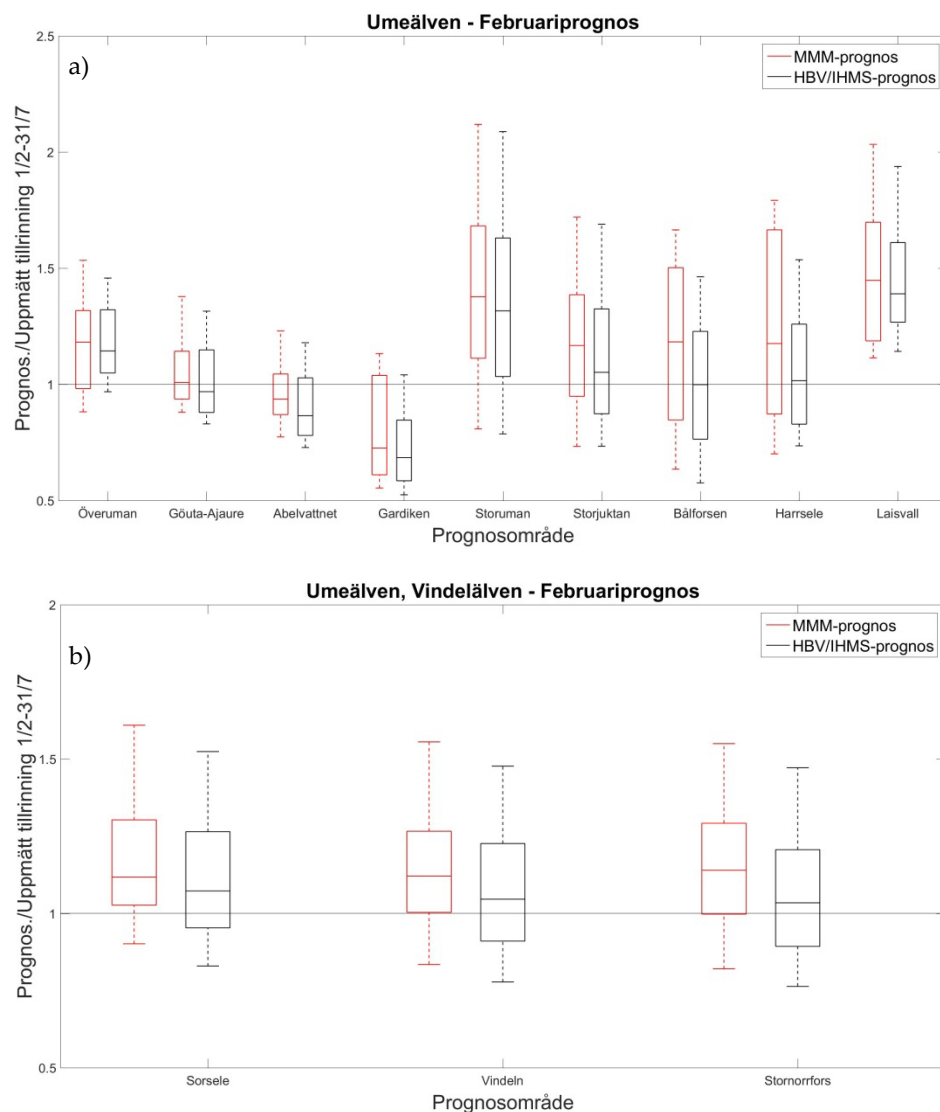
Figur 10 – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Skellefteälven för perioden 2017-05-01 – 2017-07-31.

Tabell 2 – Prognosutfall, sammanvägda mått för Skellefteälvens prognosområden, i , angivna i Appendix I (Tabell 7)

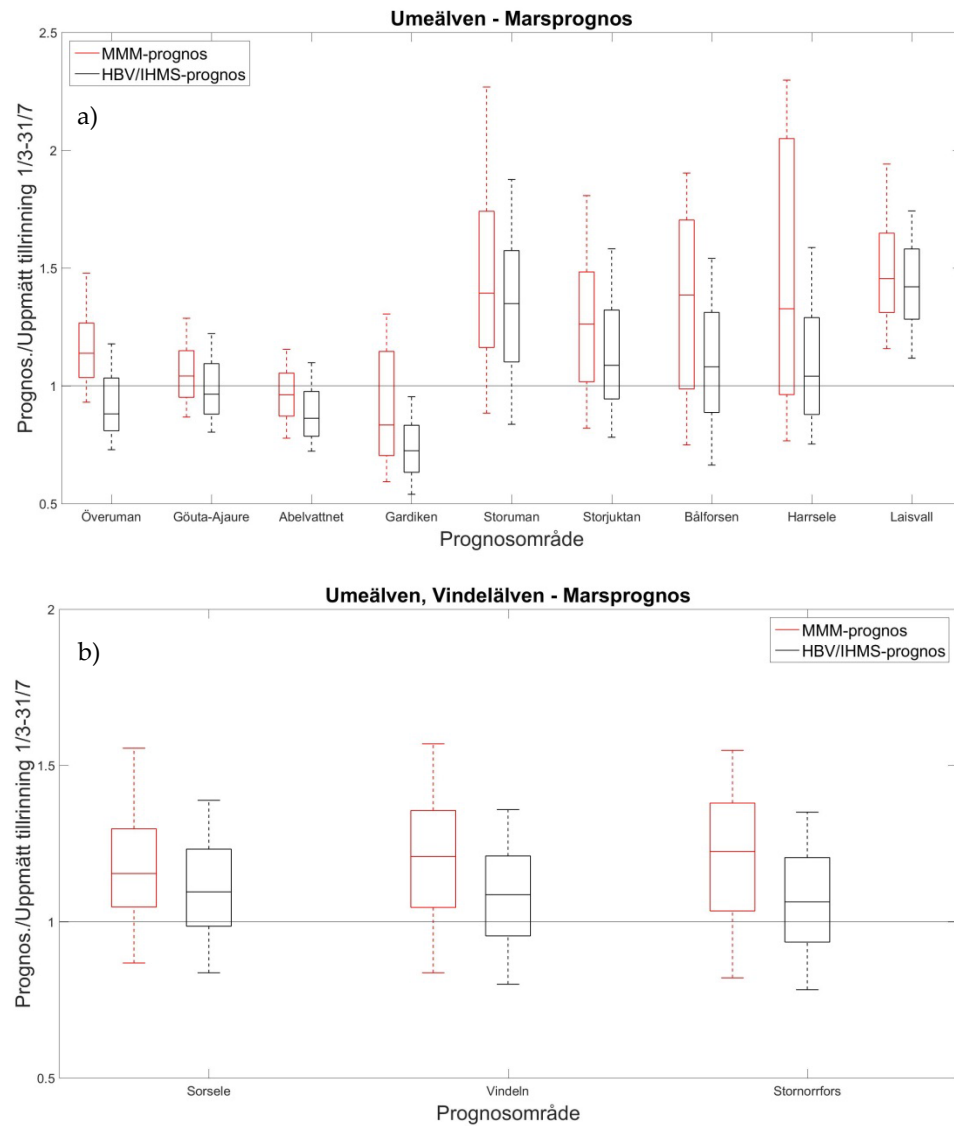
Skellefteälven	Period	$\frac{\overline{P_i} - \overline{U_i}}{\overline{U_i}}$	$\left \frac{\overline{P_i} - \overline{U_i}}{\overline{U_i}} \right $
		MMM (HBV)	MMM (HBV)
	0201-0731	0.08 (-0.01)	0.09 (0.07)
	0301-0731	0.21 (0.05)	0.21 (0.08)
	0401-0731	0.21 (0.03)	0.21 (0.09)
	0501-0731	0.25 (0.07)	0.25 (0.09)

3.3 UMEÄLVEN

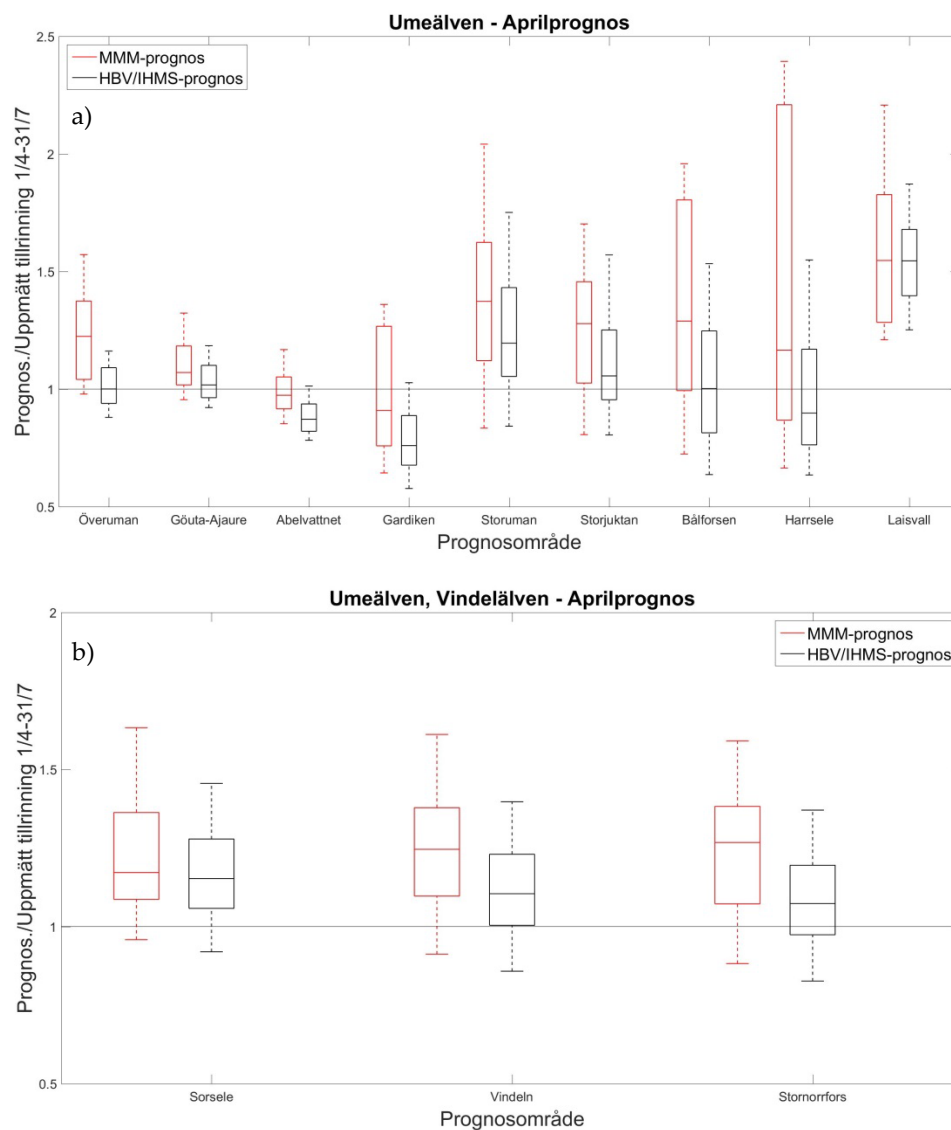
I de säsongsprognoiser som multimetodmodellen (MMM) genererat för 2017 överskattas generellt den ackumulerade tillrinningen för prognosområdena i Umeälven, förutom Abelvattnet och Gardiken där vårflodsvolymen underskattas något (Figur 11-14, Tabell 3). Två prognosområden för vilka medianvärdet av multimetodmodellens prognostiserade vårflödesvolym generellt låg närmre uppmätt vårflodsvolym än HBV-prognosens medianvärde var Abelvattnet och Gardiken. En tydlig överskattning av vårflödesvolymen är synlig för Laisvall för prognoser genererade med såväl multimetodmodellen som HBV-modellen. Även vårflodsvolymen för Vindelälvens prognosområden överskattas generellt. Tabell 3 visar att prognosfelets medelvärdeskvot för HBV-prognosen uppvisade ett relativt konstant värde för februari-maj, medan minst medelvärdeskvot för multimetodmodell-prognosen uppvisades för februari. Det ska dock tas i beaktande vid jämförelse av värdena i Tabell 3 att volymerna som dessa värden baseras på ändras för varje månadsprognos i och med att tillrinningen ackumuleras över en kortare tidsperiod. De ökande osäkerhetsintervallen för multimetodmodell-prognoseerna i Umeälven för efterföljande månader följer av den statistiska metodens bidrag som ger en större spridning efter det att vårflodens start beräknas vara passerad.



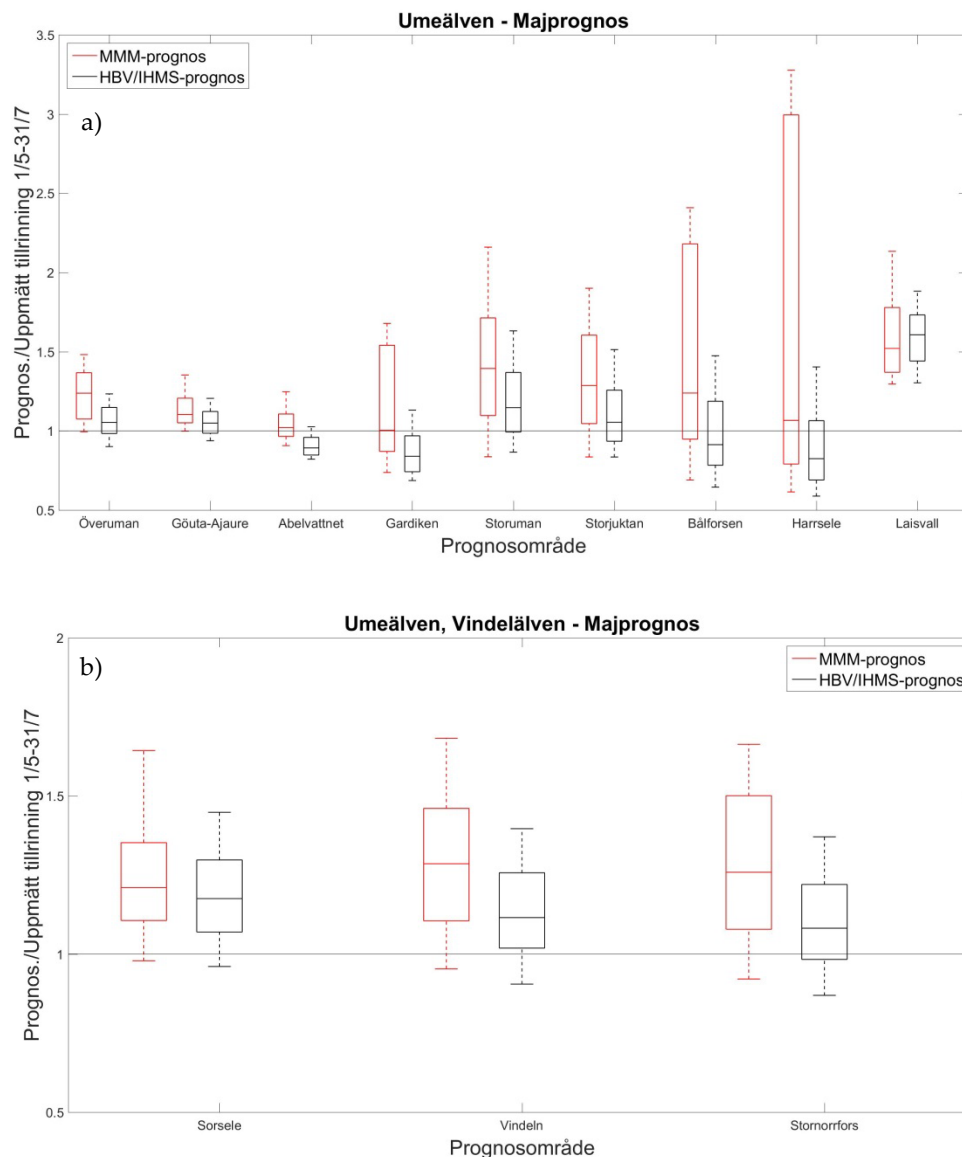
Figur 11 a-b – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Umeälven och Vindelälven för perioden 2017-02-01 – 2017-07-31.



Figur 12 a-b – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Umeälven och Vindelälven för perioden 2017-03-01 – 2017-07-31.



Figur 13 a-b – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Umeälven och Vindelälven för perioden 2017-04-01 – 2017-07-31.



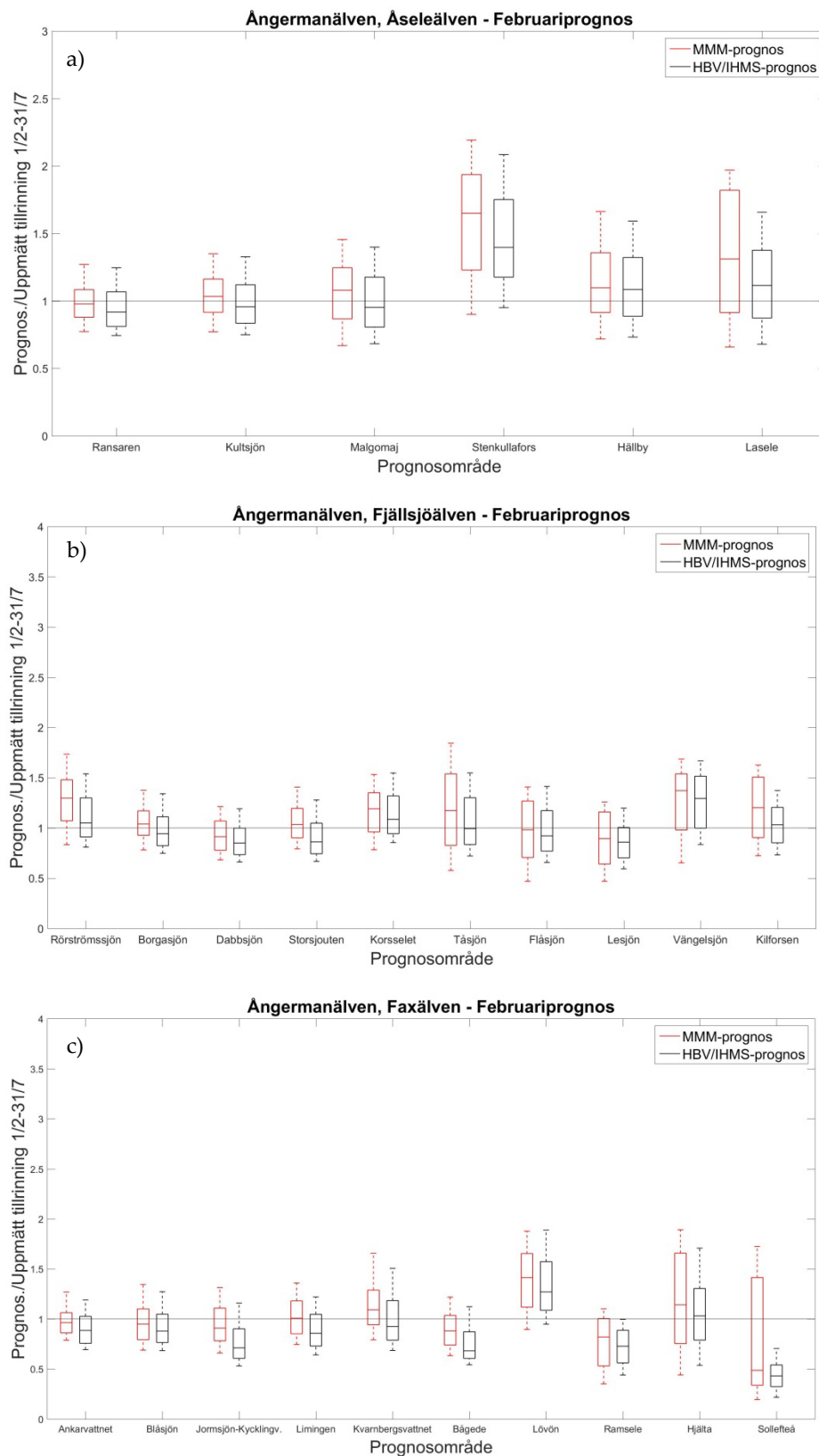
Figur 14 a-b – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Umeälven och Vindelälven för perioden 2017-05-01 – 2017-07-31.

Tabell 3 – Prognosutfall, sammanvägda mått för Umeälvens och Vindelälvens prognosområden, i , angivna i Appendix I, Tabell 7

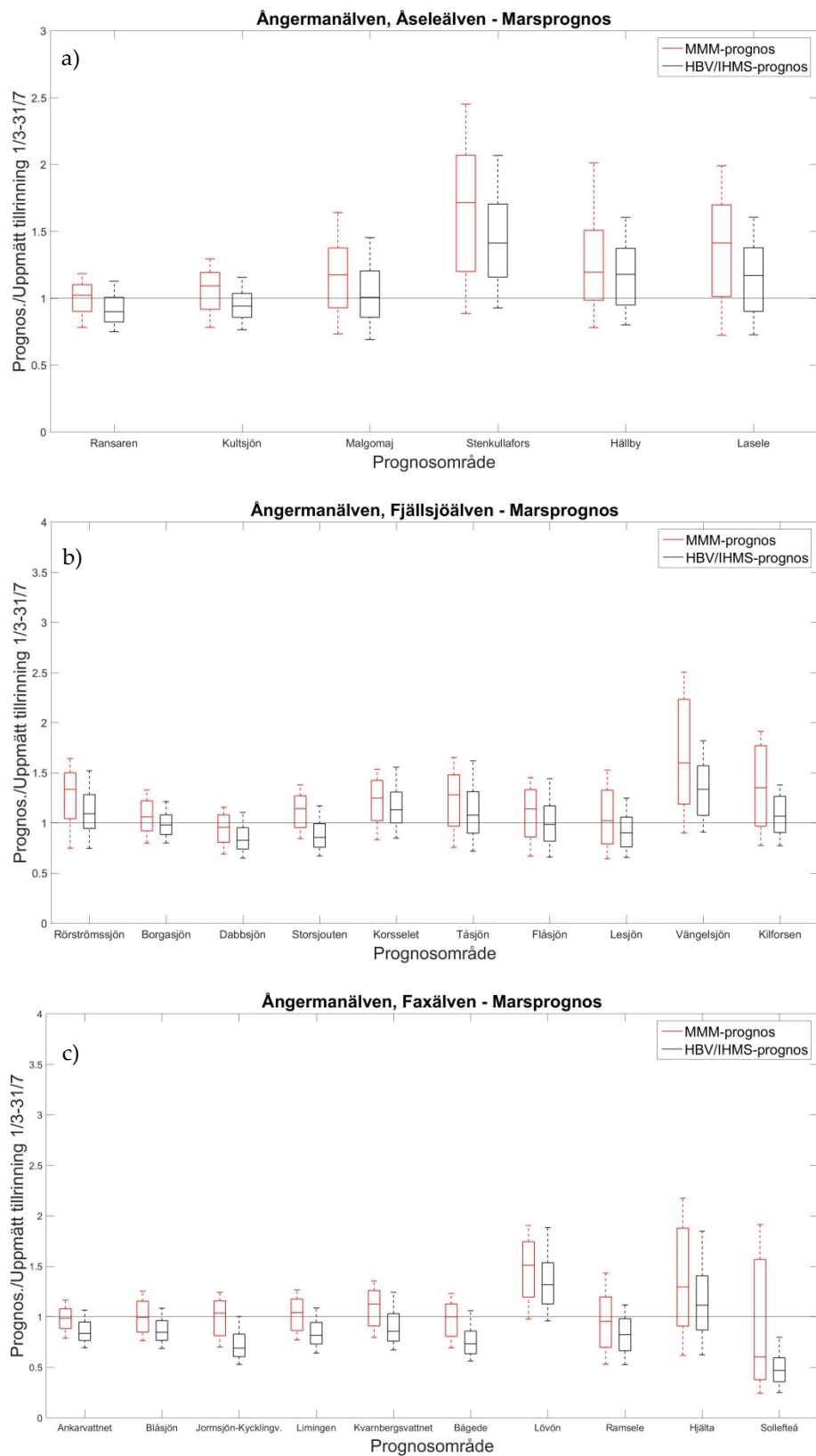
Umeälven, Vindelälven	Period	$\frac{\overline{P_i} - \overline{U_i}}{\overline{U_i}}$	$\left \frac{\overline{P_i} - \overline{U_i}}{\overline{U_i}} \right $
		MMM (HBV)	MMM (HBV)
	0201-0731	0.13 (0.05)	0.19 (0.13)
	0301-0731	0.20 (0.05)	0.23 (0.15)
	0401-0731	0.21 (0.06)	0.23 (0.13)
	0501-0731	0.22 (0.06)	0.22 (0.15)

3.4 ÅNGERMANÄLVEN

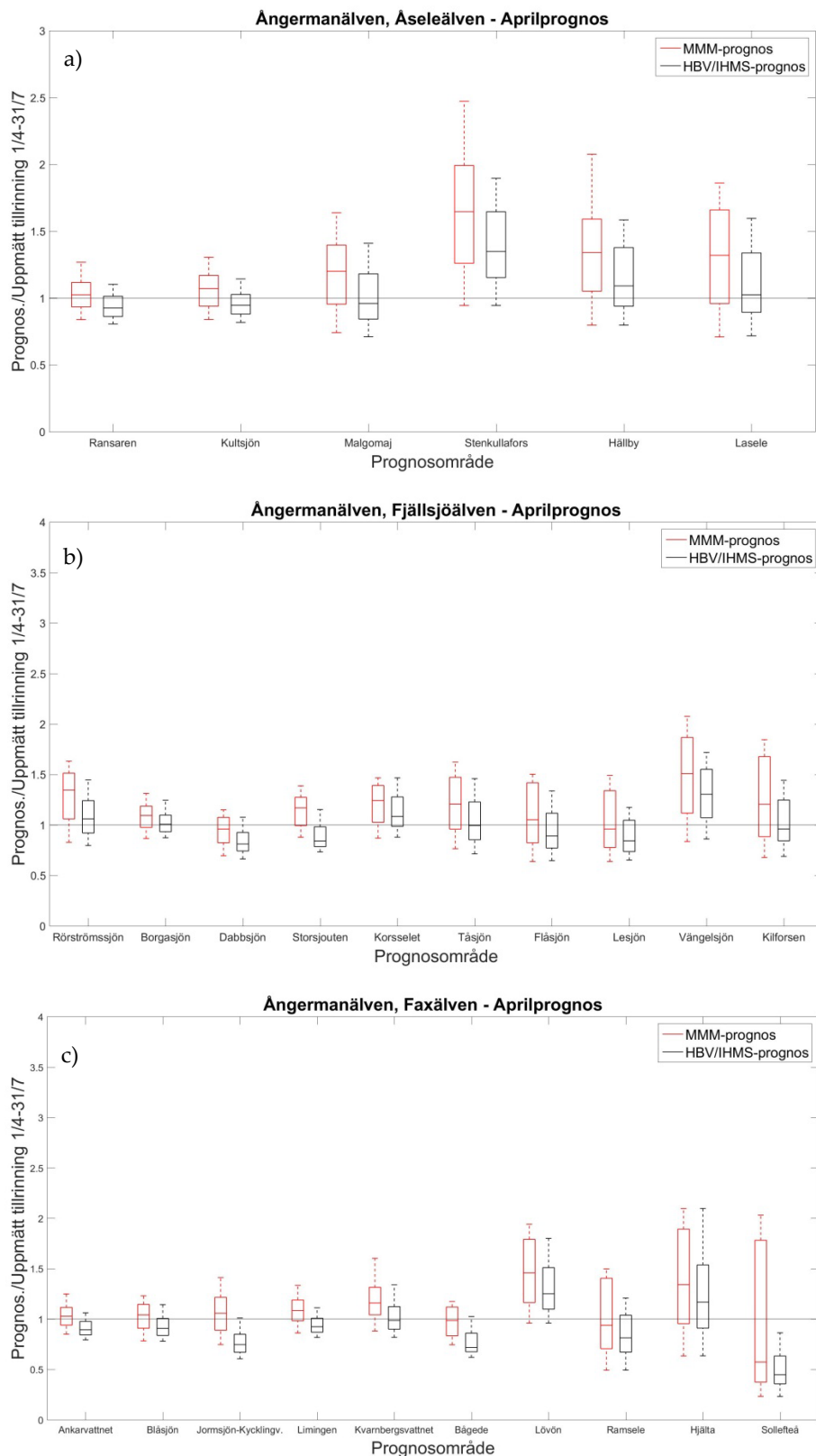
De säsongsprognoser som multimetodmodellen (MMM) genererat för 2017 ger generellt en bra uppskattning av den ackumulerade tillrinningen för prognosområdena i Ångermanälven (Figur 15-18, Tabell 4). Bland de prognosområden för vilka medianvärdet av multimetodmodellens prognostiserade vårflödesvolym generellt (februari-maj) låg närmre uppmätt volym än HBV-prognosens medianvärde kan nämnas Ransaren och Kultsjön i Åseleälven, samt Ankarvattnet, Blåsjön och Jormsjön-Kycklingvattnet i Faxälven. Detta kan bero av att vårflödet i dessa uppströms belägna prognosområdena i större utsträckning än de övriga domineras av snöprocesser, och att snö har större vikt i multimetodmodellen än i HBV-modellen. Snö förekommer nämligen inte bara som initialtillstånd i multimetodmodellen utan även som en parameter i den statistiska metoden. Således tas större hänsyn till snöns inverkan på vårflödesvolymen. Tabell 4 visar att det absoluta prognosfelets medelvärdeskvot var minst för april-maj för HBV-prognosen, och februari för multimetodmodell-prognosen. De ökande osäkerhetsintervallen för multimetodmodell-prognoserna för efterföljande månader följer av den statistiska metodens bidrag som ger en större spridning efter det att vårflodens start beräknas vara passerad. Det ska dock tas i beaktande vid jämförelse av värdena i Tabell 4 att volymerna som dessa värden baseras på ändras för varje månadsprognos i och med att tillrinningen ackumuleras över en kortare tidsperiod.



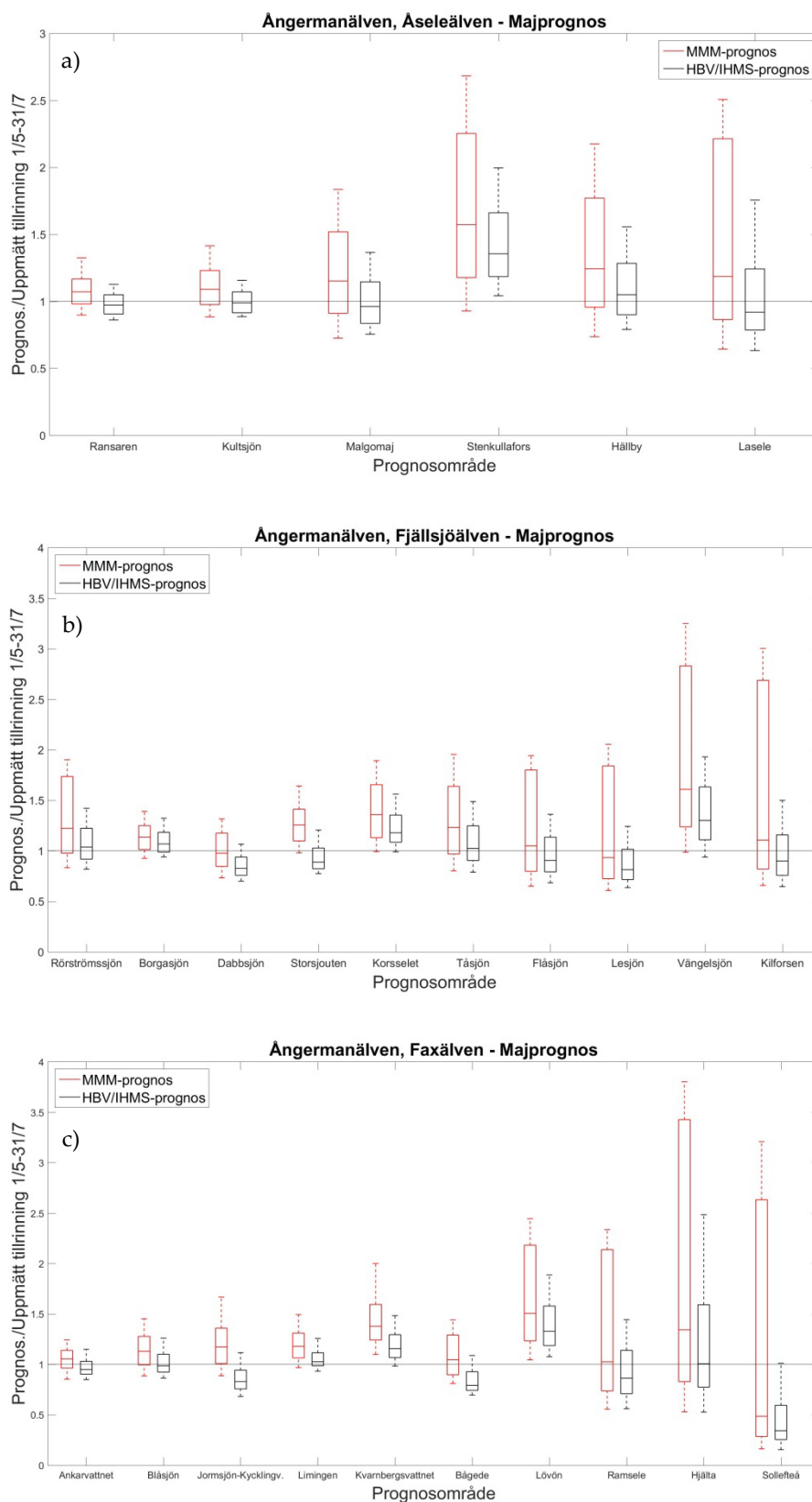
Figur 15 a-c – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Ångermanälven för perioden 2017-02-01 – 2017-07-31.



Figur 16 a-c – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Ångermanälven för perioden 2017-03-01 – 2017-07-31.



Figur 17 a-c – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Ångermanälven för perioden 2017-04-01 – 2017-07-31.



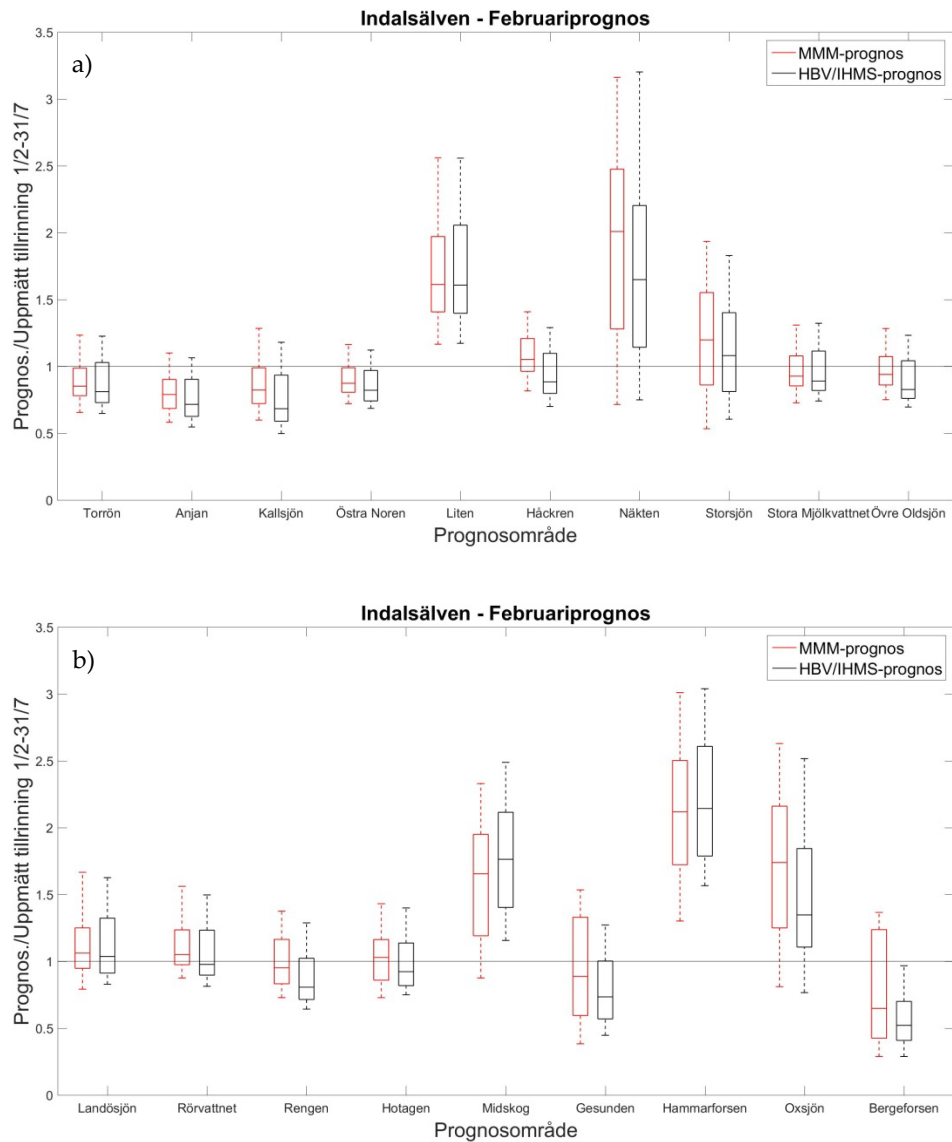
Figur 18 a-c – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Ångermanälven för perioden 2017-05-01 – 2017-07-31.

Tabell 4 – Prognosutfall, sammanvägda mått för Ångermanälvens prognosområden, i , angivna i Appendix I (Tabell 7)

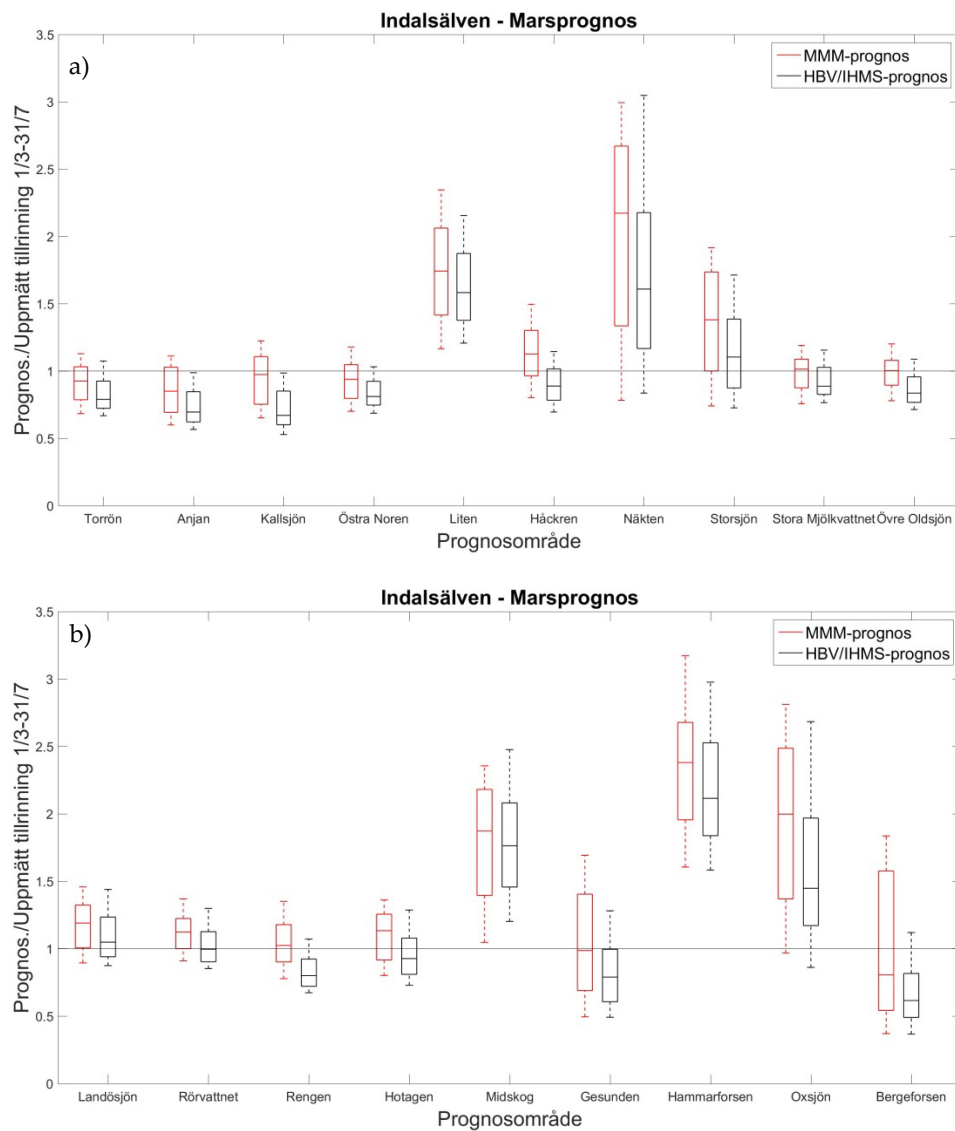
Ångermanälven	Period	$\frac{\overline{P_i} - \overline{U_i}}{\overline{U_i}}$	$\left \frac{\overline{P_i} - \overline{U_i}}{\overline{U_i}} \right $
		MMM (HBV)	MMM (HBV)
	0201-0731	0.07 (-0.05)	0.17 (0.15)
	0301-0731	0.16 (-0.03)	0.20 (0.17)
	0401-0731	0.15 (-0.04)	0.20 (0.14)
	0501-0731	0.17 (-0.02)	0.22 (0.14)

3.5 INDALSÄLVEN

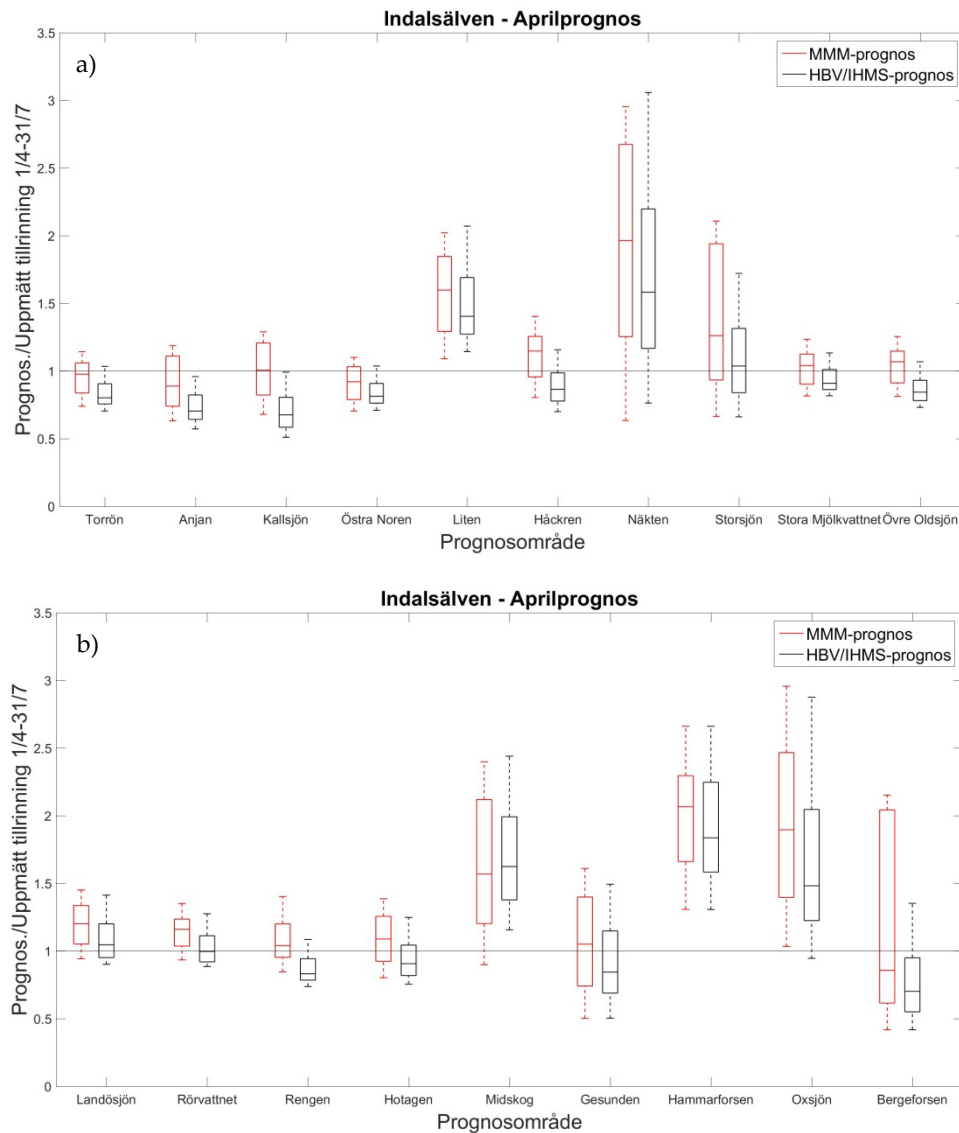
De säsongsprognoiser som multimetodmodellen (MMM) genererat för 2017 ger generellt en relativt bra uppskattning av den ackumulerade tillrinningen för prognosområdena i Indalsälven (Figur 19-22, Tabell 5). Bland de prognosområden för vilka medianvärdet av multimetodmodell-prognosen låg närmre uppmätt volym än HBV-prognosens medianvärde kan nämnas Torrön, Anjan, Kallsjön, Östra Noren, Gesunden och Bergeforsen. En överskattning av den prognostiserade ackumulerade tillrinningen är synlig för Midskog, Hammarforsen, Oxsjön, Liten och Näkten för prognoser genererade med såväl multimetodmodellen som HBV-modellen. Tabell 5 visar att det absoluta prognosfelets medelvärdeskvot för multimetodmodell-prognoser såväl som HBV-prognoser ligger på liknande nivå fram till april. Det ska dock tas i beaktande vid jämförelse av värdena i Tabell 5 att volymerna som dessa värden baseras på ändras för varje månadsprognos i och med att tillrinningen ackumuleras över en kortare tidsperiod.



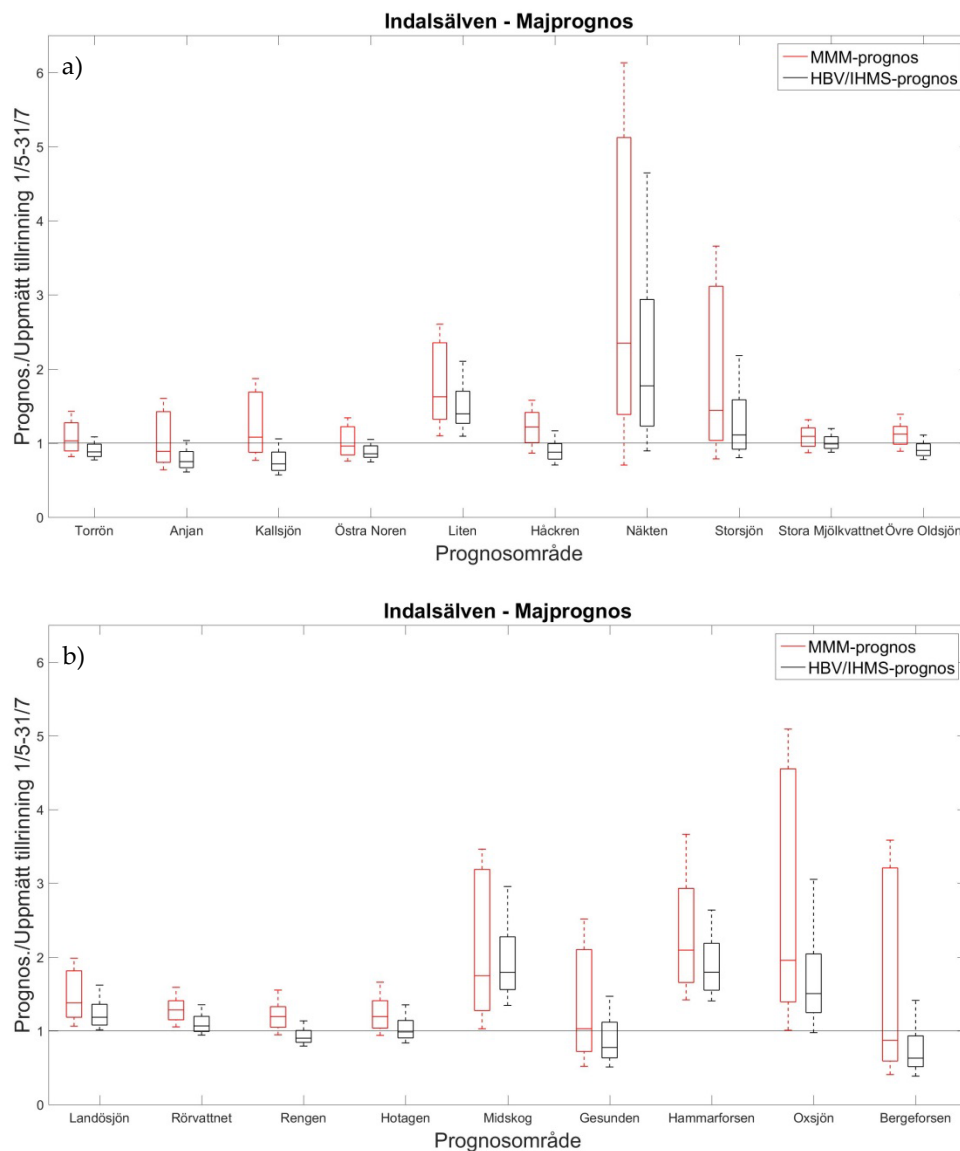
Figur 19 a-b – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Indalsälven för perioden 2017-02-01 – 2017-07-31.



Figur 20 a-b – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Indalsälven för perioden 2017-03-01 – 2017-07-31.



Figur 21 a-b – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Indalsälven för perioden 2017-04-01 – 2017-07-31.



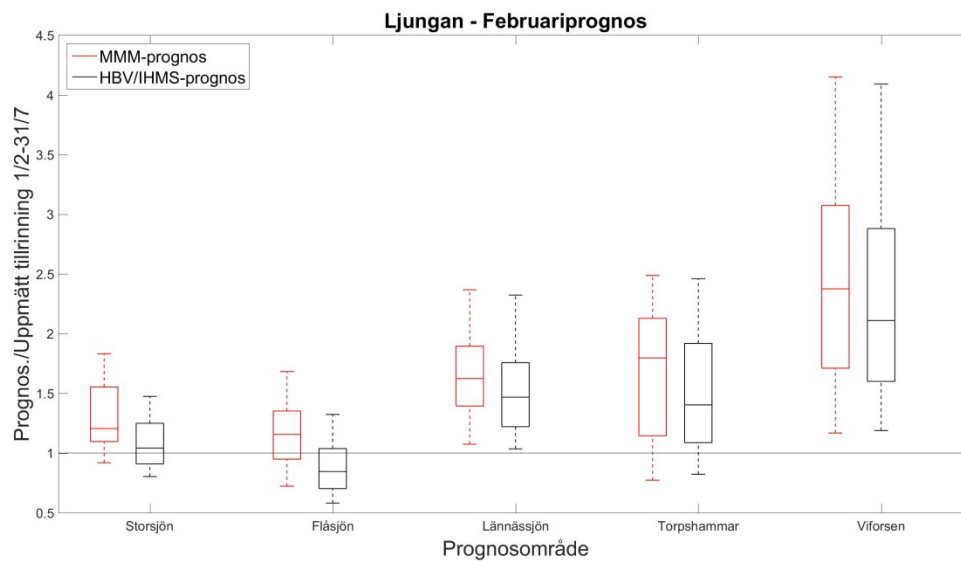
Figur 22 a-b – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Indalsälven för perioden 2017-05-01 – 2017-07-31.

Tabell 5 – Prognosutfall, sammanvägda mått för Indalsälvens prognosområden, i , angivna i Appendix I, Tabell 7

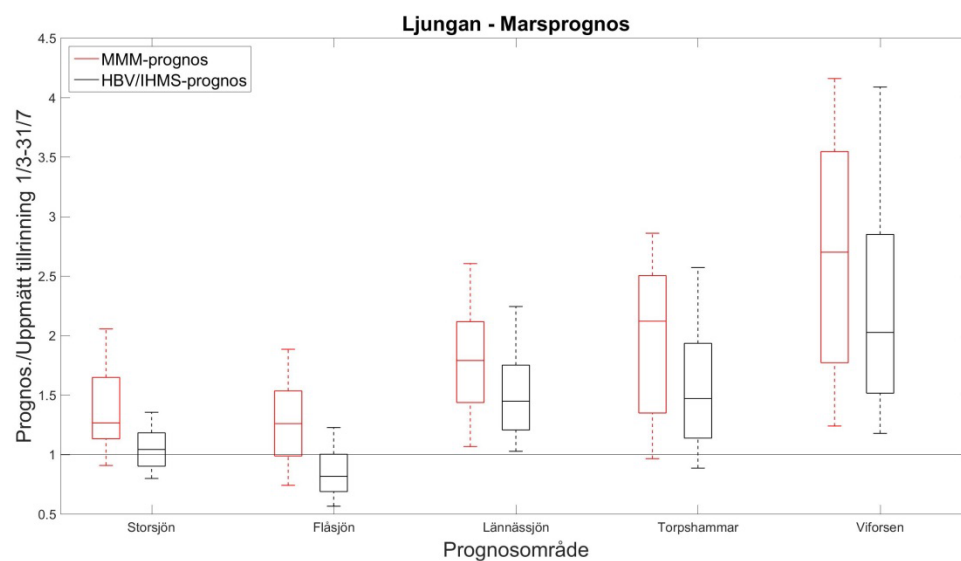
Indalsälven	Period	$\frac{\overline{P_i - U_i}}{U_i}$	$\left \frac{\overline{P_i - U_i}}{U_i} \right $
		MMM (HBV)	MMM (HBV)
	0201-0731	0.17 (0.06)	0.31 (0.32)
	0301-0731	0.30 (0.07)	0.35 (0.31)
	0401-0731	0.25 (0.05)	0.29 (0.27)
	0501-0731	0.34 (0.10)	0.37 (0.28)

3.6 LJUNGAN

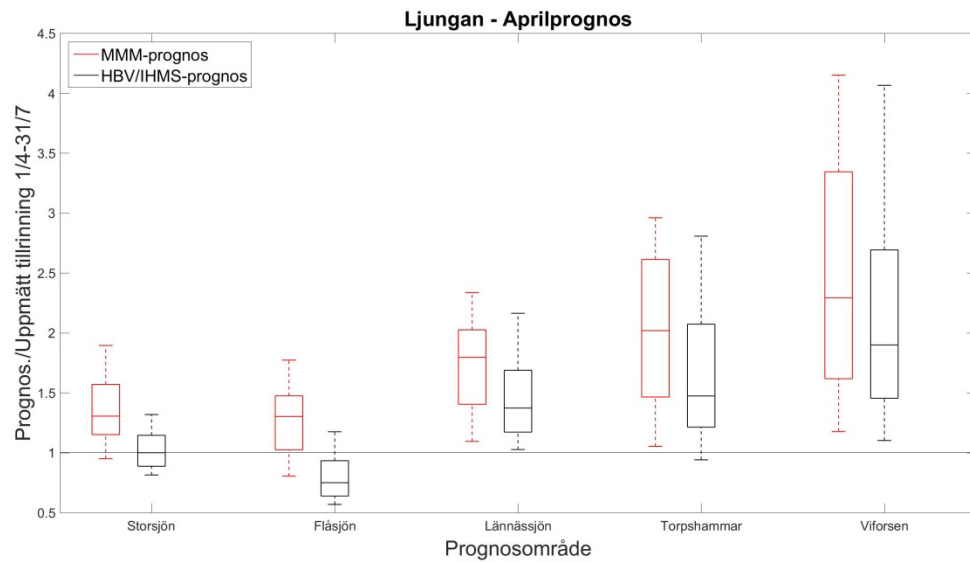
De säsongsprognoser som multimetodmodellen (MMM) genererat för 2017 uppvisar för samtliga prognosområden och prognosmånader en generell överskattning av den prognostiserade ackumulerade tillrinningen (Figur 23-26, Tabell 6). Prognoserna för Storsjön och Flåsjön uppvisar en högre samstämmighet med uppmätt volym jämfört med prognoserna för de övriga prognosområdena. Detta kan bero av att vårflödesvolymen i dessa uppströms belägna prognosområden i större utsträckning än de övriga påverkas av snöprocesser, vilket både multimetodmodellen och HBV-modellen är bra på att fånga upp. Tabell 6 visar att prognosfelets medelvärdeskvot för HBV-prognosen minskar för varje månad från februari fram till maj, medan prognosfelets medelvärdeskvot för multimetodmodell-prognosen är lägst i februari. Det ska dock tas i beaktande vid jämförelse av värdena i Tabell 6 att volymerna som dessa värden baseras på ändras för varje månadsprognos i och med att tillrinningen ackumuleras över en kortare tidsperiod. De ökande osäkerhetsintervallen för multimetodmodellens prognoser för efterföljande månader följer av den statistiska metodens bidrag som ger en större spridning efter det att vårflodens start beräknas vara passerad.



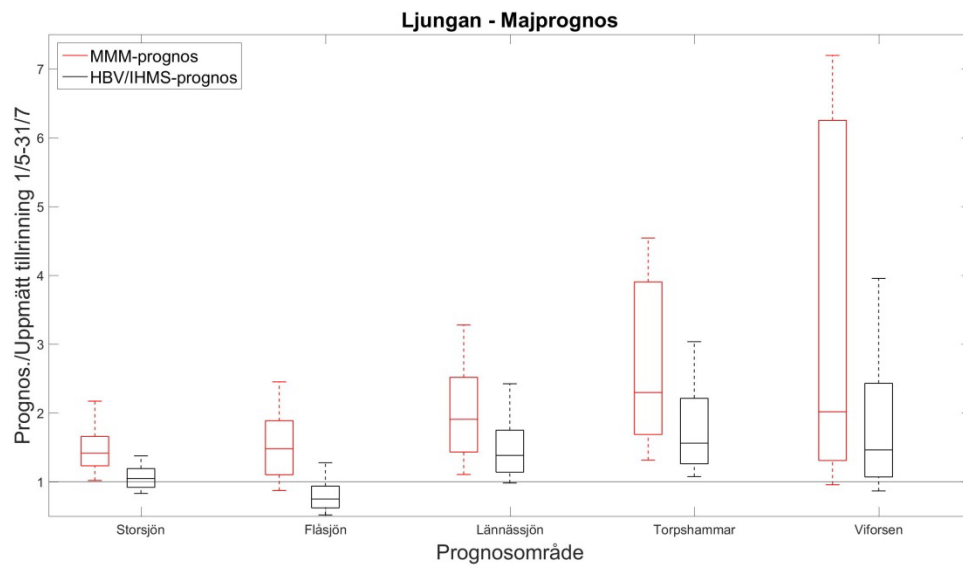
Figur 23 – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Ljungan för perioden 2017-02-01 – 2017-07-31.



Figur 24 – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Ljungan för perioden 2017-03-01 – 2017-07-31.



Figur 25 – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Ljungan för perioden 2017-04-01 – 2017-07-31.



Figur 26 – Kvot mellan prognostiserad och uppmätt ackumulerad tillrinning för prognosområden i Ljungan för perioden 2017-05-01 – 2017-07-31.

Tabell 6 – Prognosutfall, sammanvägda mått för Ljungans prognosområden, i , angivna i Appendix I, Tabell 7

Ljungan	Period	$\frac{P_i - U_i}{U_i}$	$\left \frac{P_i - U_i}{U_i} \right $
		MMM (HBV)	MMM (HBV)
	0201-0731	0.63 (0.37)	0.63 (0.44)
	0301-0731	0.83 (0.36)	0.83 (0.43)
	0401-0731	0.74 (0.30)	0.74 (0.40)
	0501-0731	0.82 (0.24)	0.82 (0.34)

4 Diskussion och slutsatser

De resultat och slutsatser som diskuteras nedan berör årets säsongsprogner och bör inte ses som allmängiltiga för framtida prognoser.

I årets prognosutvärdering syntes en trend i att multimetodmodellens prognoser för sydligt belägna älvar såsom Ljungan uppvisade ett större medelprognosfel jämfört med mer nordligt belägna älvar som Indalsälven och Ångermanälven. Utvärderingen visade även att prognoser för fjällområden generellt gav ett bättre utfall än prognoser för skogsområden, d.v.s. en bättre prognostiseringsförmåga av vårflödesvolymen för uppströms gentemot nedströms belägna prognosområden. Den ökade prognostiseringsförmågan var synlig i den prognostiserade volymens medianvärde och osäkerhetsintervall. Trenden tros bero av att vårflödesvolymen för uppströms belägna prognosområden i större utsträckning domineras av snöprocesser. Detta gynnar multimetodmodellens prognos eftersom snö har större vikt i multimetodmodellen än i HBV-modellen. Snö förekommer inte bara som initialtillstånd i multimetodmodellen utan används också som en parameter i den statistiska metoden. Således tas hänsyn till snöns inverkan på vårflödesvolymen flertalet gånger i multimetodmodellens ensemble prognos. Många av de fall då multimetodmodellens prognos stämde bättre än HBV-modellens prognos var just för uppströms belägna prognosområden.

Prognosutvärderingen visade också att prognosernas osäkerhetsintervall ökade för nedströms belägna prognosområden. Denna trend syntes i multimetodmodellens säsongsprogner såväl som de traditionella långtidsprognoserna i samtliga älvar, men för multimetodmodellens prognoser var trenden avseende ökande osäkerhetsintervall för nedströms belägna prognosområden desto mer tydlig. En orsak till den generellt ökande prognososäkerheten för nedströms belägna prognosområden gentemot uppströms belägna prognosområden tros vara att regn under prognosperioden där utgör en större andel av vårfloden. Osäkerheten i nederbördsprognosen får därmed ett större genomslag på prognosfelet. För multimetodmodellens prognos blir osäkerheten desto större då nederbördsdata används i flera av modellens metoder som sedan viktas samman till en ensemble prognos.

Årets säsongsprogner med multimetodmodellen baserades som tidigare nämnts i avsnitt 1.1.2 på en (full) historisk ensemble istället för en reducerad historisk ensemble. Fortsatt utvecklingsarbete behövs för att förfinas den metodik som används för identifiering och val av analoga år för att ta fram en reducerad historisk ensemble.

5 Referenser

- Bergström, S. (1976). *Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments*. SMHI Report RHO, No 7, Norrköping.
- Carlsson, B., & Lindström, G. (2001). *HBV-modellen och flödesprognoser*. SMHI Rapporter Hydrologi, No. 85, Norrköping.
- Carlsson, B., & Sjögren, J. (2003). *Uppdatering och hydrologiska långtidsprognoser - en jämförelse mellan olika metoder*. SMHI Rapport, No. 43, Norrköping.
- Foster, K., Uvo, C., Olsson, J., & Södling, J. (2015). *Hydrological seasonal forecast system - a prototype multi-model system for forecasting the spring flood*. Energiforsk, Report 2015:206.
- Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M., & Bergström, S. (1997). Development and test of the distributed HBV-96 hydrological model. *Journal of Hydrology*, 201: 272-288.
- Olsson, J., Uvo, C. B., Foster, K., Yang, W., Södling, J., German, J., & Johansson, B. (2011). *A multi-model system for spring flood forecasts*. Elforsk, Report 11:72.

Appendix I

De älvar och prognosområden för vilka utvärdering genomförts visas i Tabell 7.

Tabell 7 – Älvarnas prognosområden och regiontillhörighet

Älv	Prognosområde	Region
Luleälven	Sitasjaure	3
	Satihaure	3
	Suorva	3
	Porjus	3
	Messaure	3
	Tjaktjajaure	3
	Parki	3
	Letsi	3
	Boden	1
Skellefteälven	Sädvajaure	3
	Riebnesjaure	3
	Hornavan	3
	Uddjaur-Storavan	3
	Bergnäs-Vargfors	1
	Vargfors-Rengård	1
	Rengård-Kvistfors	1
Umeälven	Överuman	3
	Göuta-Ajaure	3
	Abelvattnet	3
	Gardiken	3
	Storuman	3
	Storjuktan	3
	Bålforsen	3
	Harrsele	1
	Laisvall	3
	Sorsele	3
	Vindeln	1
	Stornorrfors	3
Ångermanälven	Ransaren	3
	Kultsjön	3
	Malgomaj	3
	Stenkullafors	3
	Hällby	1
	Lasele	1

Älv	Prognosområde	Region
Indalsälven	Rörströmssjön	3
	Borgasjön	3
	Dabbsjön	3
	Storsjouten	3
	Korsselet	3
	Tåsjön	3
	Flåsjön	3
	Lesjön	1
	Vängelsjön	1
	Kilforsen	1
	Ankarvattnet	3
	Blåsjön	3
	Jormsjön-Kycklingvattnet	3
	Limingen	3
	Kvarnbergsvattnet	3
	Bågede	3
	Lövön	3
	Ramsele	1
	Hjälta	1
	Sollefteå	1
	Torrön	2
	Anjan	2
	Kallsjön	2
	Östra Noren	2
	Liten	2
	Häckren	2
	Näkten	2
	Storsjön	2
	Stora Mjölkvattnet	2
	Övre Oldsjön	2
	Landösjön	2
	Rörvattnet	2
	Rengen	2
	Hotagen	2
	Midskog	2
	Gesunden	1
	Hammarforsen	1
	Oxsjön	1
	Bergeforsen	1

Älv	Prognosområde	Region
Ljungan	Storsjön	2
	Flåsjön	2
	Lännässjön	1
	Torpshammar	1
	Viforsen	1

UTVÄRDERING AV MULTIMETOD- MODELLENS SÄSONGSPROGNOSER 2017

SMHI har under år 2017 arbetat med operationalisering av multimetodmodellen även kallad "Hydrological Seasonal Forecast System" för att beräkna hydrologiska säsongs- och vårfloidsprognoser.

Här redovisas en utvärdering av de säsongsprognoser som genererats för ett flertal prognosområden i Luleälven, Skellefteälven, Umeälven, Ångermanälven, Indalsälven och Ljungan.

Utvärderingen har gjorts genom att jämföra traditionella långtidsprognoser med det uppmätta utfallet. Årets utvärdering av multimetodmodellens säsongsprognoser visade att prognostiseringsförmågan var högst för de prognosområden där snöprocessers inverkan på vårfloidesvolymen var störst.

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



Energiforsk