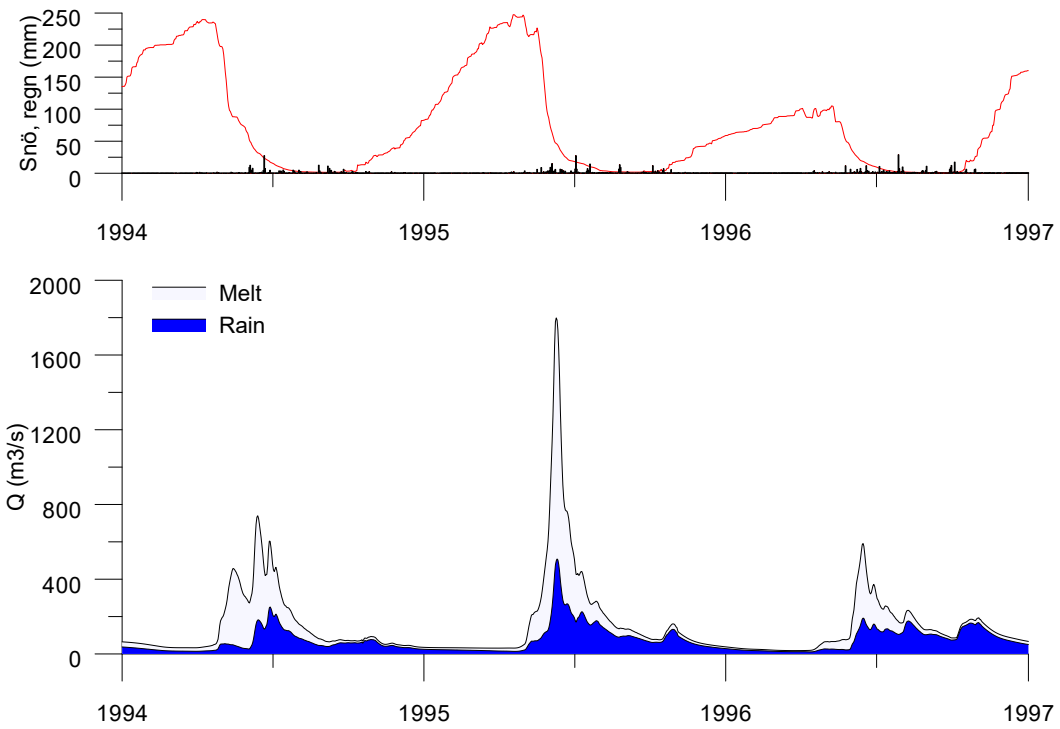
HYDROLOGI Nr 132, 2024

Differentiering av flödesskapande processer

– uppdelning av högflöden i regn och snösmältning

Göran Lindström



HYDROLOGI Nr 132, 2024

Pärmbild.
Beräknade andelar regn och snösmältning i Vindelälven vid stationen Granåker, 1994-1996, inklusive rekordflödet i juni 1995.

ISSN: 0283-7722 © SMHI

HYDROLOGI Nr 132, 2024

Differentiering av flödesskapande processer

– uppdelning av högflöden i regn och snösmältning

Göran Lindström

Granskad och Godkänd av: Anna Eklund
Funktion: Hydrolog

Denna sida är avsiktligt blank

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING **4**

FÖRORD **4**

1. BAKGRUND **4**

2. SYFTE **6**

3. METODIK OCH DATA **6**

4. RESULTAT OCH DISKUSSION **8**

SIMULERING AV VATTENFÖRINGEN 8
UPPDELNING I REGN OCH SNÖSMÄLTNING 11
UTVECKLING ÖVER TIDEN 20
REKONSTRUKTIONSBERÄKNINGAR QN 22
TIDPUNKT UNDER ÅRET FÖR DE HÖGA FLÖDENA 25

5. SLUTSATSER **27**

6. REKOMMENDATIONER FÖR FRAMTIDA ARBETEN **27**

7. REFERENSER **28**

Sammanfattning

Projektet som beskrivs i denna rapport syftade till att analysera orsaken till höga flöden i Sverige, och kartlägga hur orsakerna varierat i tid och rum. Analyserna baserades på den hydrologiska modellen S-HYPE. Modellen beskriver flödena i vattendrag och sjöar i hela Sverige, i hög rumslig upplösning. Regn, snösmältning och avdunstning i avrinningsområdena till 580 hydrologiska stationer beräknades för åren 1961-2020. Den uppmätta vattenföringen delades upp i andelar orsakade regn och snösmältning med en för ändamålet utvecklad, förenklad modell. Modellen består av två icke-linjära magasin, varav det första kan sägas motsvara mark- och grundvatten och det andra vattendrag och sjöar. Den använda metoden innebär att man gör en dynamisk uppdelning av till hur stor del en observerad flödesrespons har utlösts av impulser av regn respektive snösmältning. Trendanalys av andel regn gjordes för de högsta uppmätta flödena varje år.

Praktiskt taget alla områdena har genomsnittliga andelar regn mellan 10 och 90 % som orsak till de höga flödena. Gradienten i nord-sydlig riktning i flödesorsak är tydlig. De högsta flödena i oreglerade vattendrag i Norrland domineras av snösmältning. En mindre del av flödena kan kallas kombinationsflöden, och en ännu mindre andel domineras av regn. Det enskilt högsta uppmätta flödestillfället i Sverige, i juni 1968 i Torneälven, orsakades nästan helt av snösmältning, och bestod enligt resultaten till endast 12 % av regn. Likaså orsakades det kända flödestillfället 1995, som påverkade många oreglerade vattendrag i landet ända från Klarälven i söder till Torneälven i norr, främst av snösmältning. I södra Sverige, däremot, uppstår de högsta flödena oftast vintertid, genom kombinationer av regn och snösmältning, med en övervikt för regn. I södra Sverige, syns dessutom en skillnad mellan väst och öst, med större andel regn i väst.

Nedströms större regleringar blir bilden annorlunda, eftersom magasinen har byggts för att fånga upp snösmältningen. Här kan de högsta utflödena i stället utlösas av regn efter det att magasinen fyllts upp av vårfloden. Andelen regn som orsak till de högsta flödena har ökat något under perioden 1961-2020, vilket stämmer överens med den ökande temperaturen under denna period.

Förord

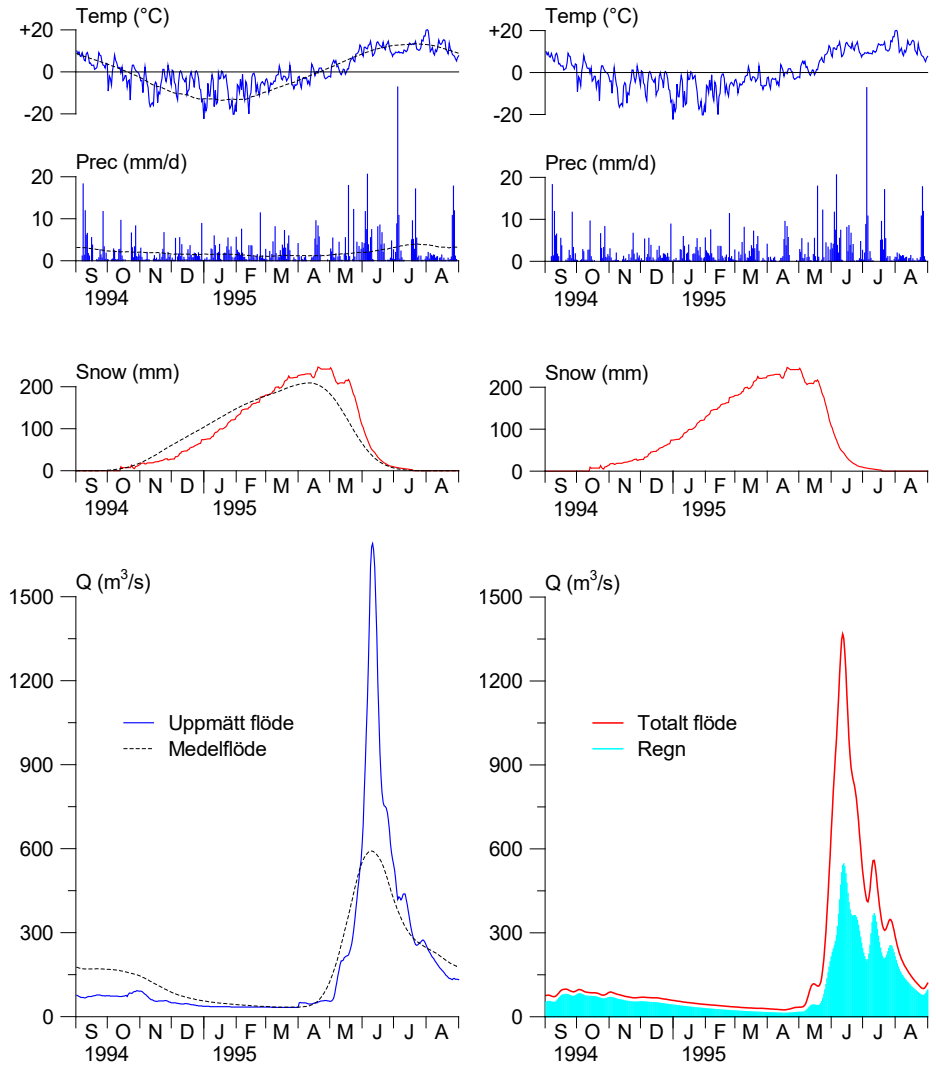
Arbetet som beskrivs i denna rapport har utförts vid SMHI:s hydrologiska forskningsenhet. Arbetet utfördes i dialog med representanter från vattenkraftindustrin. Ekonomiskt stöd har erhållits från Svenska kraftnät och av SMHI. Härmed riktas ett tack till alla som har bidragit till projektet!

1. Bakgrund

Flödeskommitténs riktlinjer för dimensionering av vattenkraftsdammar presenterades av af Klintberg m.fl. (1990). Nyutgåvor av riktlinjerna har därefter utkommit 2007, 2015 och 2022 (Svenska kraftnät, Energiföretagen Sverige och SveMin, 2022). I samband med att riktlinjerna togs fram gjordes flera studier av vilka processer som var viktiga för uppkomsten av höga flöden i Sverige, exempelvis Brandt, m.fl., 1987. En uppdelning av bidragen från regn och snösmältning som orsak till höga flöden gjordes av Lindström m.fl. (1993). Uppdelningen gjordes utgående från prognosmodeller för HBV-modellen (Bergström, 1976) och omfattade därför främst lokala tillrinningar till regleringsdammar i Norrland. Arealerna varierade mellan några hundra km^2 som minst och cirka 6000 km^2 som mest. Enligt denna studie orsakas de högsta tillflödena till dammarna i Norrland i första hand av snösmältning. En mindre del av

flödena kan kallas kombinationsflöden, och en ännu mindre andel domineras av regn. För södra Sverige var det studerade materialet litet. Numera finns det en högupplöst hydrologisk modell för hela Sverige i form av S-HYPE, som möjliggjorde den här presenterade uppföljningen av den gamla studien från 1990-talet.

En senare uppdelning av vårflödet 1995 i Vindelälven gjord med ovanstående metodik visas i figur 1. Flödet var det högsta under 1900-talet i många oreglerade vattendrag i norra Sverige, däribland Vindelälven. Slutsatsen från den analysen var att snötillgången endast var något över den normala, men att snösmältningen kom igång senare än vanligt. Flödet orsakades av intensiv snösmältning över stora arealer, i kombination med regn. Figur 1 visar att den uppmätta flödestoppen (vänstra bilden) underskattades av den beräknade flödestoppen (högra bilden). Regnets andel (högra bilden) som utlösande faktor till flödet under själva flödestoppen uppskattades till runt 40 %, men en osäkerhet föreligger beroende på underskattningen av flödets topp.



Figur 1. *Analys av orsaken till flödet i Vindelälven 1995. Till vänster: 1995 års flöde jämfört med medelförhållanden (streckade kurvor). Till höger: Uppdelning i bidrag från regn och snösmältning. Från Lindström (1996).*

2. Syfte

Projektets syften var att:

- Studera flödesskapande processer i Sverige över lång tid och kartlägga variationer i tid och rum.
- Beräkna andelarna regn och snösmältning som orsak till höga flöden i hela landet, i hög rumsupplösning.
- Analysera hur andelarna regn och snösmältning har varierat över tid.

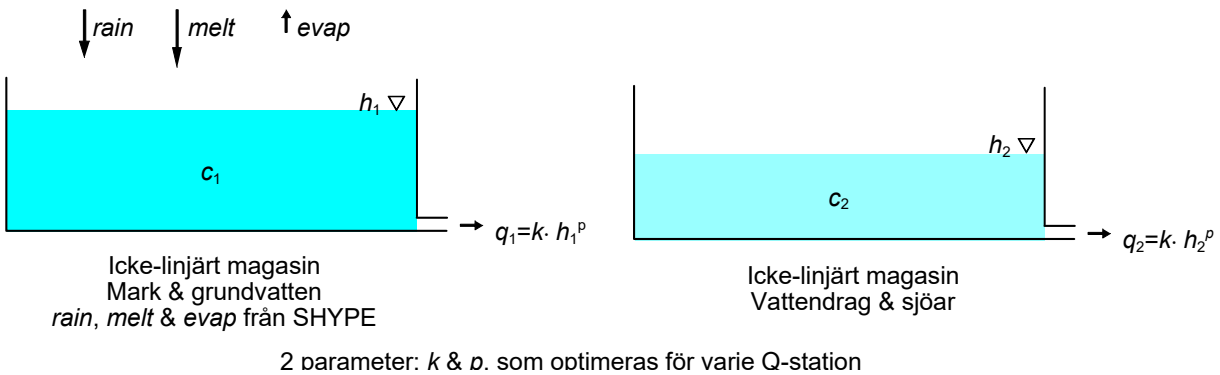
3. Metodik och data

Den hydrologiska modelluppsättningen S-HYPE användes i projektet. S-HYPE är en beskrivning av flödena av vatten och ämnen i mark, sjöar och vattendrag. Hela landet beskrivs i hög rumslig upplösning, liksom angränsande delar av Finland och Norge. Den första uppsättningen av S-HYPE beskrivs av Strömqvist et al. (2012). S-HYPE är i sin tur en tillämpning av den hydrologiska modellkoden HYPE (”Hydrological Predictions for the Environment”), se Lindström et al. (2010). Både HYPE-koden och S-HYPE-modellen har vidareutvecklats avsevärt sedan dessa publikationer skrevs. I detta arbete användes modell-versionen S-HYPE2016g. Denna bygger på den geografiska indelning som kallas SVAR2016, med cirka 40000 delområden. Den typiska storleken för ett delavrinningsområde är cirka 7 km^2. Vattenföringsmätningar från SMHI:s arkiv, sammanställda för S-HYPE, med minst ett års observationer under åren 1961-2020, användes i studien. Totalt användes därmed mätvärden från 580 vattenföringsstationer. Avrinningsområdena uppströms stationerna varierar från enstaka km^2 till cirka 50000 km^2. Ibland har en station flyttats en relativt kort sträcka och en länkad serie skapas för att man ska få så lång observationsserie som möjligt. Dessa länkade serier kallas för 50000-serier. I S-HYPE används främst mätserier från unika stationer, det vill säga stationer som inte har länkats. Därmed undviks att alltför olika förhållanden kopplas samman, till exempel före och efter en reglering. Däremot har naturligtvis många förhållanden förändrats under åren från 1961, t.ex. genom ändrad mätteknik, vattenkraftutbyggnad, förändrad vattenhushållning, ändrad markanvändning och ändrat klimat. Utöver de vanliga vattenföringsmätningarna användes även rekonstruktionsberäkningar från 41 punkter i landet. Dessa beräkningar utförs av vattenkraftindustrin, och uppskattar det flöde som hade varit om vattendragen hade varit oreglerade. Denna rekonstruerade, naturliga vattenföring kallas QN. Sådana data fanns dessvärre bara sammanställda för användning i S-HYPE för den relativt korta perioden 1999-2008.

För uppdelningen av den uppmätta vattenföringen i andelar orsakade av regn och snösmältning togs en förenklad modell fram (figur 2). Modellen består av två icke-linjära magasin, varav det första kan sägas motsvara fördröjningen i mark- och grundvatten och det andra fördröjningen i vattendrag och sjöar. Icke-linjära magasin av denna typ används bland annat i respons-funktionen i HBV-96 (Lindström, m.fl., 1996) och avbördningsekvationer för sjöar. Regn (*rain*), snösmältning (*melt*) och avdunstning (*evap*), uppströms varje vattenföringsstation, beräknades för varje dygn med hjälp av S-HYPE. Den förenklade modellen har endast två parametrar: k och p. Dessa beskriver tillsammans fördröjningen i avrinningsområdet och kalibrerades separat för varje vattenföringsstation. Som anpassningsmått användes ”Nash Sutcliffe Efficiency” (NSE). NSE är det vanligaste anpassningsmåttet inom hydrologisk modellering. NSE mäter hur stor andel av variansen i mätningarna som en modell förklarar. En perfekt anpassning motsvarar NSE = 1. Bifurkationer, såsom till exempel Tärendöbifurkationen, överledningar, vattenuttag och

punktkällor etc. hanterades genom att den beräknade avrinningen först justerades för att få samma långtidsmedelvärde som den uppmätta vattenföringen.

Beräkningen innebär vissa förenklingar. I HYPE beräknas regn och snösmältning endast på landytor. Nederbörden på sjöar höjer vattenytan oavsett om den faller som regn eller snö. I dessa beräkningar inkluderades därför nederbörden på sjöar i regnkomponenten, eftersom responsen alltså blir samtidig som om all nederbörd hade fallit som regn. Beräkningsmodellen innebär också en förenkling av geografin, eftersom all nederbörd, snösmältning och avdunstning summeras i ett enda delområde.



Figur 2. *Schematisk skiss över den förenklade modellen för flödet i sjöar och vattendrag. h_i = mängd vatten (mm) och c_i=andelen regn i respektive magasin.*

Drivdata till beräkningen (*rain*, *melt* och *evap*) uppdaterades för varje dygn, medan beräkningarna i den förenklade icke-linjära modellen inom dygnet gjordes i steg för varje timme, av numeriska skäl, varefter resultaten summerades till dygnsvärden. Andelen regn i vattenföringen behandlades i modellen som ett konservativt spårämne, och beräknades för varje tidssteg med hjälp av en enkel blandningsekvation. Slutligen sattes andelen regn som orsak till det uppmätta flödet lika med c_2. På så sätt kan man säga att flödet alltid bestämdes av mätningarna, medan andelen regn uppskattades från den förenklade modellen enligt ovan.

Den använda metoden innebär att man gör en dynamisk uppdelning av till hur stor del en observerad flödesrespons har utlösts av impulser av regn respektive snösmältning. Däremot kan man inte säga något om sammansättningen hos vattnet i flödet. Även om ett kraftigt regn är den utlösande faktorn till ett flöde, är andelen nytt regnvatten i bäckens vatten oftast låg (se till exempel Rodhe, 1987). Metoden innebär att man behandlar de dynamiska volymerna av vatten i ett avrinningsområde, alltså det dränerbara vattnet. Som exempel så kan man tänka sig en sjö, som i allmänhet har sin största volym under tröskeln för utflödet. Sjön kan ha fyllts upp till tröskeln av smältvatten, men om nivån stiger över tröskeln på grund av regn så kommer tolkningen här vara att utflödet orsakas av regnet.

Eftersom uppdelningen gjordes för alla dagar användes HYPE-modellens beräknade flöde i stället för det uppmätta för de dagar då det saknades mätningar för att få kompletta serier vid alla stationerna. Trendanalys av andel regn gjordes för de högsta uppmätta flödena varje år, med hjälp av linjär regression.

4. Resultat och diskussion

Simulering av vattenföringen

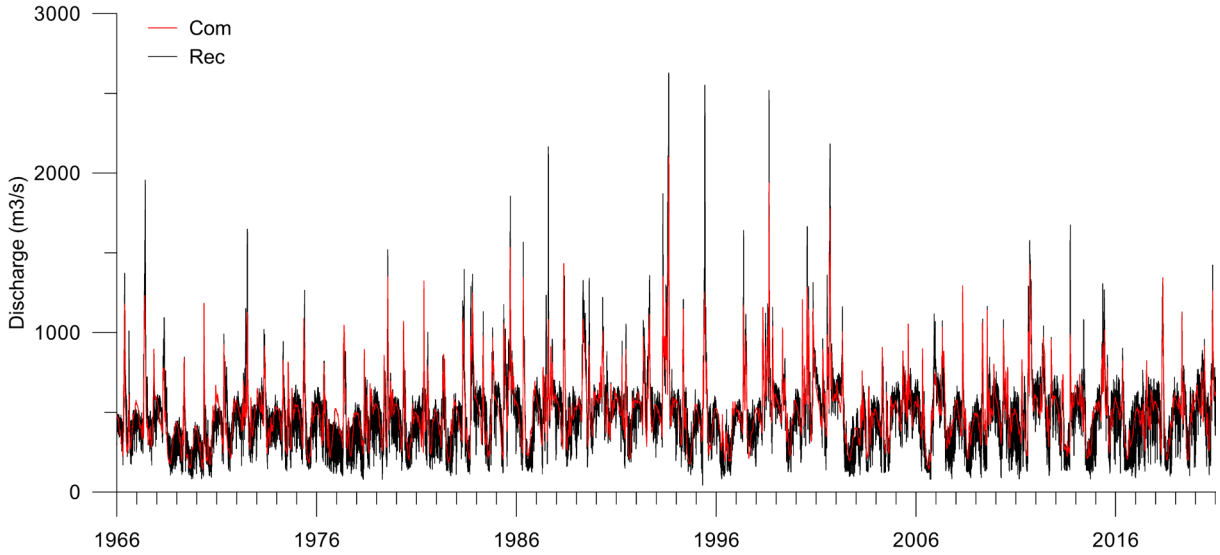
S-HYPE har hittills använts främst för beskrivning av förhållandena i modern tid, avseende till exempel klimat, markanvändning och regleringar. Modellen har kalibrerats i olika omgångar, mestadels med data efter 1996. För statistiska ändamål har modellen använts för simuleringar från och med 1981. I denna studie startade beräkningarna så tidigt som 1947. Långa simuleringar med modellen har gjorts och utvärderats relativt lite tidigare. S-HYPE-modellens anpassning till den långa tidsperioden 1961-2020 kan sammanfattas med ett genomsnittligt NSE för 580 stationer av 0.667. Det genomsnittliga volymfelet var -1.7 %. I de långa simuleringarna som gjordes här uppstod det i vissa områden problem med att inte all snö smälte bort på hög höjd i modellen. Snömängden ökade därmed över tiden i en liten del av området, främst i de övre delarna av Kalixälven och Luleälven. Trots detta, och trots att den använda modellversionen främst är kalibrerad för åren 2011-2020, så stämde modellen som helhet bra överens med mätvärdena även över längre tidsperioder. Tabell 1 visar anpassningen över hela de tillgängliga tidsperioderna för utvalda stationer, framförallt nära mynningarna i havet. Figur 3 visar anpassningen för Ångermanälven vid Sollefteå, som ett exempel.

Tabell 1. Anpassning till uppmätt vattenföring med den fullständiga S-HYPE-modellen, för utvalda stationer med långa mätserier.

Vattendrag och station	NSE	Period
Torneälven, Kukkolankoski	0.94	1961-2020
Kalixälven, Räktfors	0.94	1961-2020
Luleälven, Bodens krv	0.22	1972-2020
Piteälven, Sikfors krv	0.91	1961-2020
Skellefteälven, Kvistforsens krv	0.50	1962-2020
Vindelälven, Granåker	0.94	1980-2020
Umeälven, Stornorrfors krv	0.79	1961-2020
Ångermanälven, Sollefteå krv	0.70	1966-2020
Indalsälven, Östra Norn	0.89	1961-2020
Indalsälven, Bergeforsens krv	0.72	1965-2020
Ljungan, Skallböle krv	0.69	1961-2020
Ljusnan, Ljusne strömmars krv	0.80	1961-2020
Dalälven, Älvkarleby krv	0.81	1976-2020
Norrström, Stockholm	0.78	1981-2020
Motala ström, Norrköping	0.79	1991-2020
Emån, Emsfors	0.89	1961-2020
Mörrumsån, Mörrum	0.89	1961-2020
Helge å, Torsebro krv	0.90	1961-2020
Lagan, Ängabäcks krv	0.84	1961-2020
Viskan, Åsbro	0.93	1978-2020
Vänern, Vargöns krv	0.51	1961-2020

Även den förenklade modellen gav god överensstämmelse med mätningarna i oreglerade vattendrag. Tabell 2 visar NSE för den fullständiga S-HYPE-modellen jämfört med den förenklade modellen, för 289 stationer med en regleringsgrad < 5 %. S-HYPE är här i huvudsak kalibrerad för åren 2006-2020, medan den förenklade modellen är kalibrerad för alla åren i studien. Detta är sannolikt en av förklaringarna till att den enklare modellen här gav högre NSE i genomsnitt än den fullständiga S-HYPE-modellen. Ytterligare förklaringar är att den förenklade modellen även korrigerades för ett eventuellt volymfel vid kalibreringen, och att saknade mätvärden hade fyllts i med hjälp av den simulerade vattenföringen från HYPE.

En jämförelse mellan de två modellerna för Vindelälven vid Granåker visas i figur 4, där den förenklade modellen ser ut att stämma en aning sämre. Förklaringen är antagligen att den enkla modellen inte alls är distribuerad, det vill säga beskrivs som ett enda delområde, medan S-HYPE består av nästan 900 delområden. Resultaten från den förenklade modellen uteslöts ur analysen för ett fåtal stationer, för vilka överensstämmelsen blev mycket dålig (NSE < 0.3). I princip sorterades endast kraftigt reglerade områden bort på grund av detta kriterium. De kvarvarande områdena framgår av figur 5, liksom anpassningsmåttet NSE. I figuren visar cirklarnas storlek uppströmsarealen för respektive station, indelat i stora (> 2000 km^2), mellanstora (200-2000 km^2) och små (< 200 km^2). Uppströmsarean visas på detta sätt även i alla de efterföljande figurerna av samma typ.

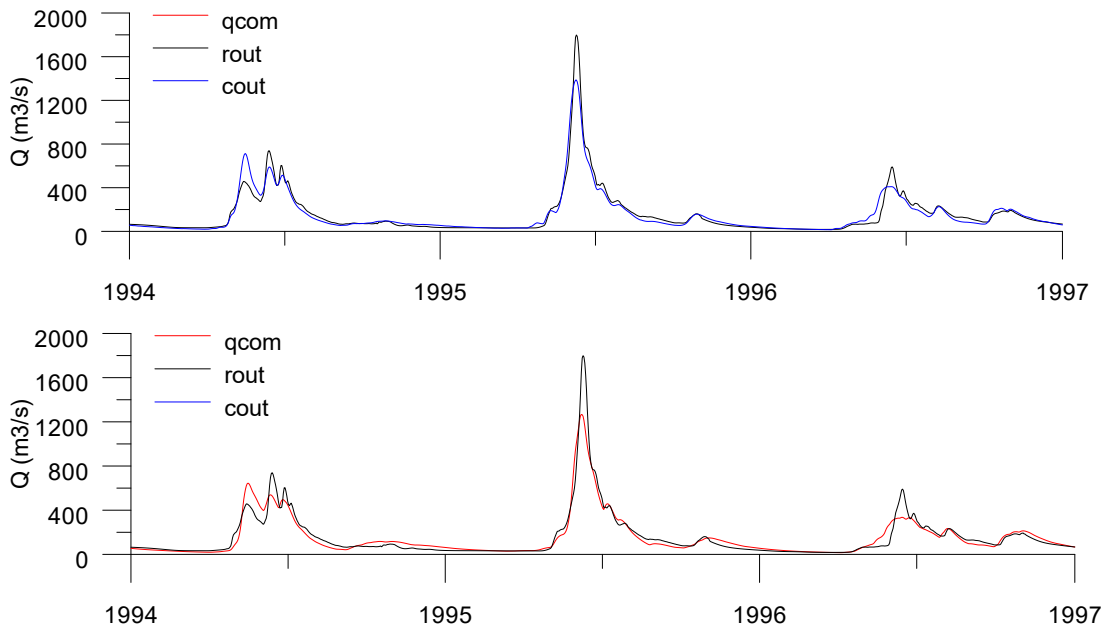


Figur 3. *S-HYPE-simulering för Ångermanälven vid Sollefteå.*

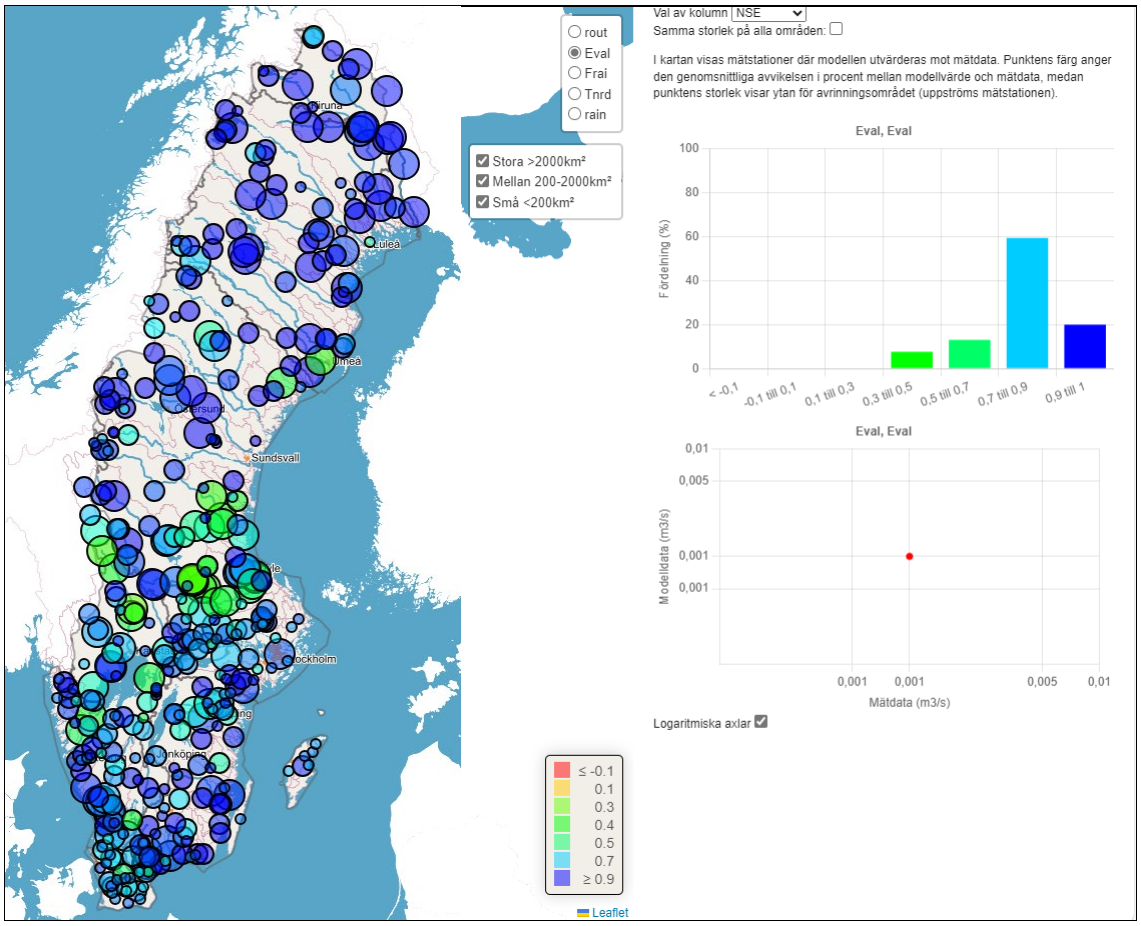
Tabell 2. *Anpassning till uppmätt vattenföring med den fullständiga S-HYPE-modellen respektive den förenklade modellen, för 289 stationer med regleringsgrad < 5 %. S-HYPE är i huvudsak kalibrerad för åren 2006-2020, medan den förenklade modellen är kalibrerad för alla åren i studien.*

Modell	S-HYPE	Förenklad
NSE	0.791	0.828

Det är värt att notera att medelvärdet för exponenten *p* i den enkla modellen (figur 2) blev cirka 2.1, för de 365 använda stationerna. Detta stämmer väl med tidigare studier. Exponenten 2 rekommenderades för både HBV-96-modellens responsfunktion (Lindström m.fl., 1996) och för sjöroutingen i S-HYPE (Lindström, 2016).



Figur 4. *Exempel på anpassning mot uppmätt vattenföring enligt den fullständiga S-HYPE-modellen (cout, överst) och med den förenklade modellen (qcom, nederst). Mätningar (rout) från stationen Granåker i Vindelälven.*



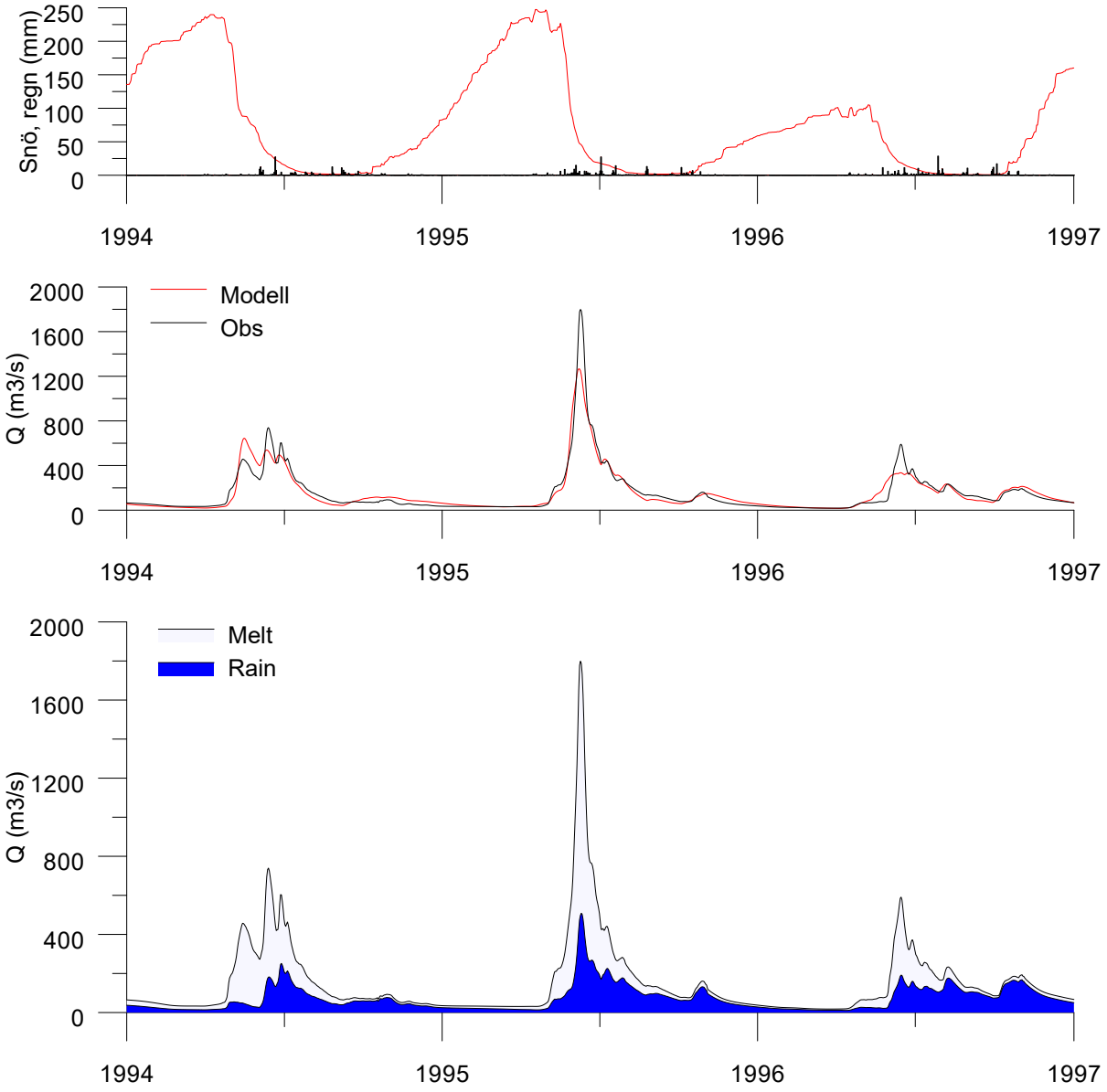
Figur 5. *NSE för den förenklade modellen, vid alla stationerna där NSE > 0.3. Cirklarnas storlek visar uppströmsarean för respektive station (stora, mellanstora eller små).*

Uppdelning i regn och snösmältning

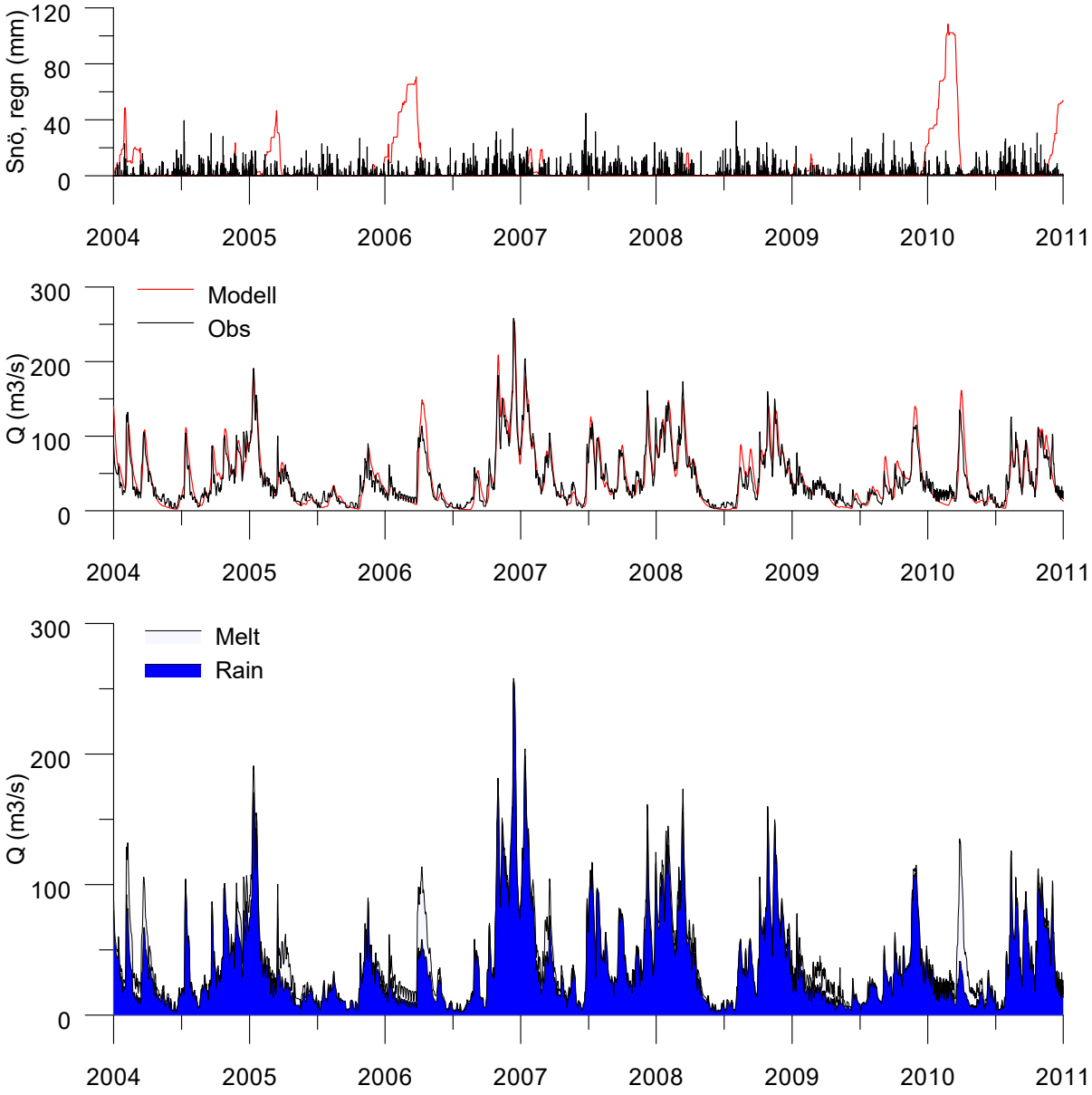
Figur 6 visar ett exempel på uppdelning i andelar regn och snösmältning för Vindelälven, stationen Granåker. Samma flödestillfälle som i figur 1 visas här. Enligt den nya uppskattningen (figur 6) var andelen regn som orsak till flödestoppen 28 %. Denna uppskattning är något lägre än den som visas i figur 1. I den tidigare använda metoden underskattades flödestoppen. I den nya metoden delas i stället det uppmätta flödet upp i komponenter, varför denna underskattning inte påverkar resultatet på samma sätt. Figur 7 visar en motsvarande uppdelning i flödes-komponenter för Viskan. I detta exempel domineras flödestoppen i december 2006 i stället av regn.

I figur 8 visas resultat från Torneälven, Bergslagen och Dalälven. Flödet 11 juni 1968 i Torneälven är det högsta som någonsin mätts upp i Sverige. Enligt denna analys orsakades det nästan uteslutande av snösmältning. Andelen regn beräknades till endast 12 %. Flödet i Bergslagen våren 1977 dominerades även det av snösmältning, med en uppskattad andel regn på 29 %. I figuren för Dalälven framträder bland andra vårfloden 1995, dominerad av snösmältning, och höstflödet i slutet av år 2000, orsakat av regn. Förutom nämnda höstflöde inträffade år 2000 även en relativt hög vårflod, och ett sommarflöde i juli, främst orsakat av regn. År 2000 var också året med högst medelavrinning från Sverige under åren 1900-2020 (Lindström, 2022).

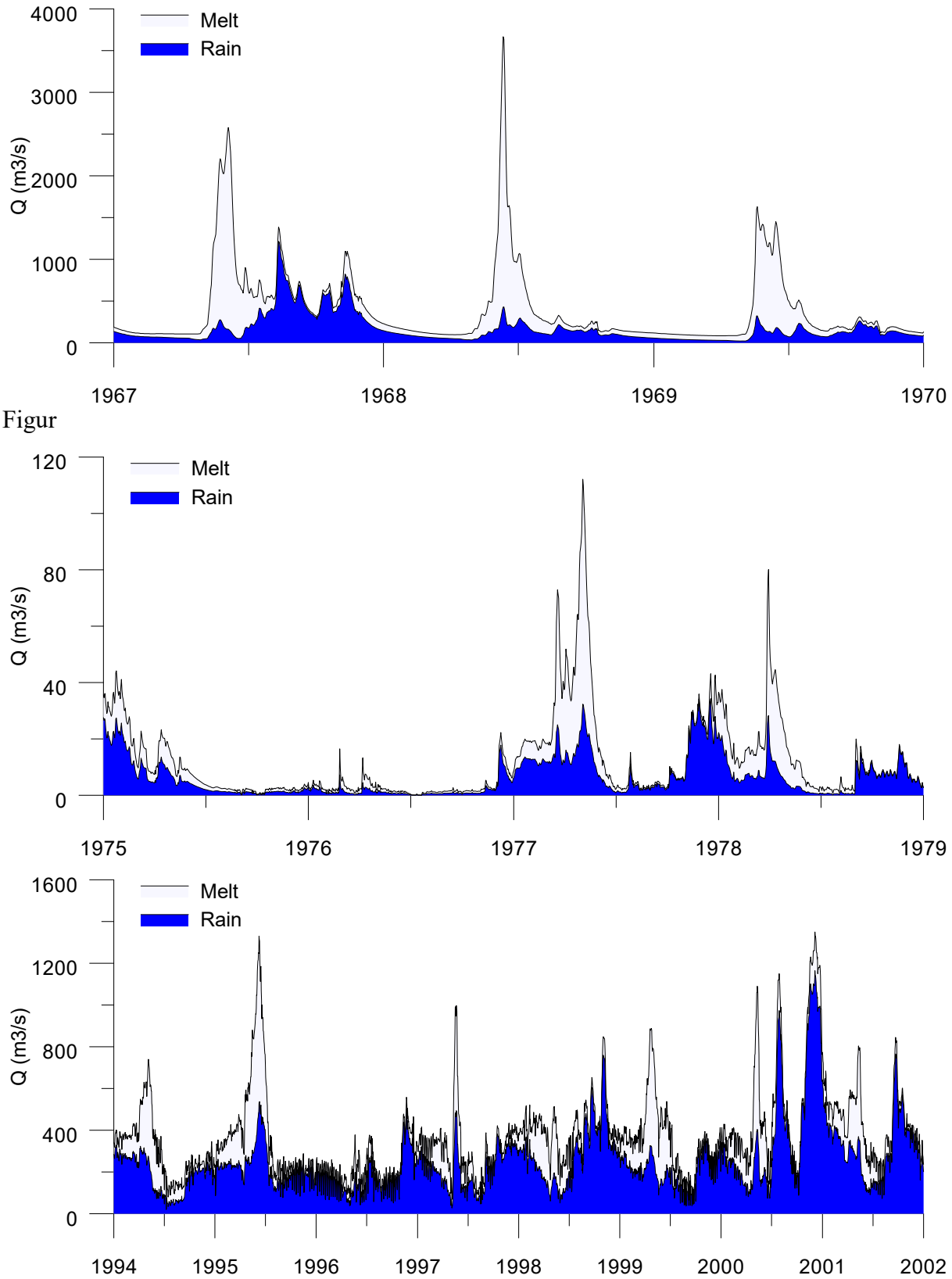
Fler exempel visas i figur 9. För Ljusnan nära utloppet i Bottenhavet framträder framförallt det snösmältningsdominerade vårflödet 1995 och sommarregnet år 2000. Vid stationen Skogsliden i Norralaån, utmed södra Norrlandskusten, syns det att alla de höga flödena domineras av snösmältning. Stationen är oreglerad. I Västerdalälven vid Mockfjärds kraftverk, som påverkas måttligt av regleringar uppströms, domineras vårfloden 1966 av snösmältning.



Figur 6. Exempel på uppdelning i andelar regn och snösmältning för Vindelälven, Granåker.

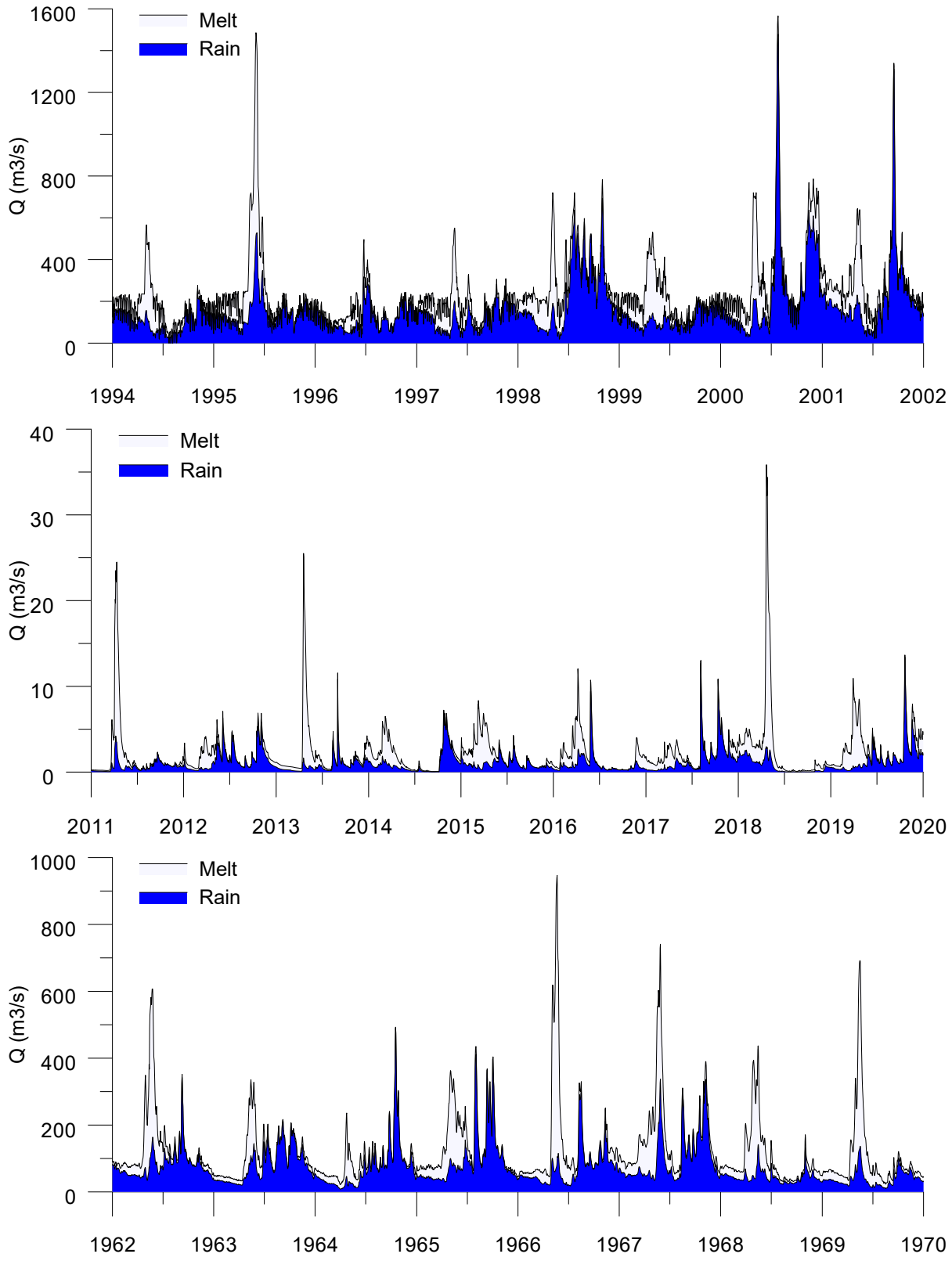


Figur 7. Exempel på uppdelning i andelar regn och snösmältning för Viskan, Åsbro.



Figur

Figur 8. *Andel regn i utvalda flödestillfällen, överst Torneälven, vid Kukkolankoski (1968), i mitten Svartån i Bergslagen, vid Karlslund (1977), och nederst Dalälven, vid Älvkarleby (1995 och 2000).*

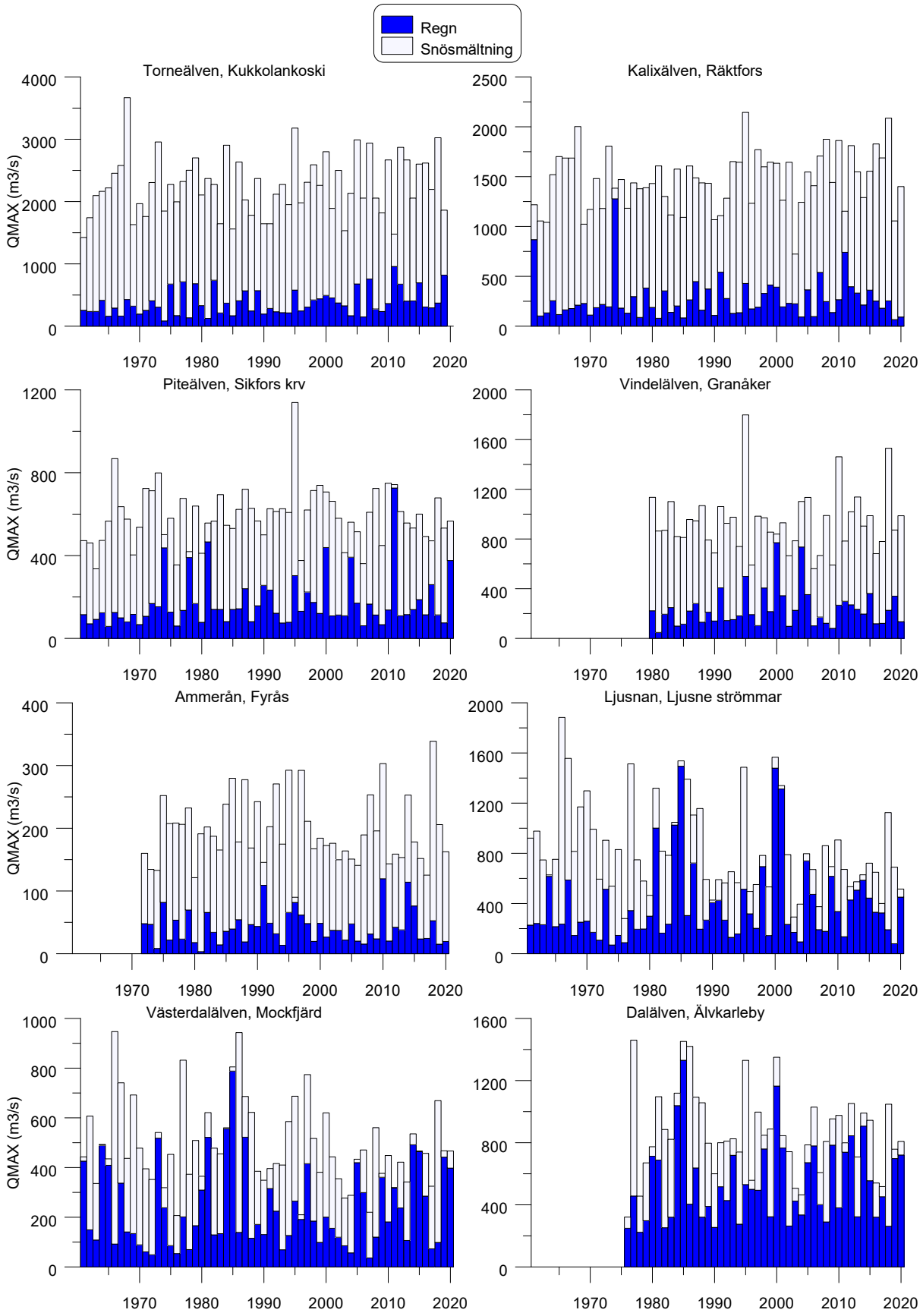


Figur 9. *Andel regn i utvalda flödestillfällen, överst Ljusnan, vid Ljusne strömmars krv (1995 och 2000), i mitten Norralaån, vid Skogsliden (2018) och nederst Västerdalälven vid Mockfjärds krv (1966).*

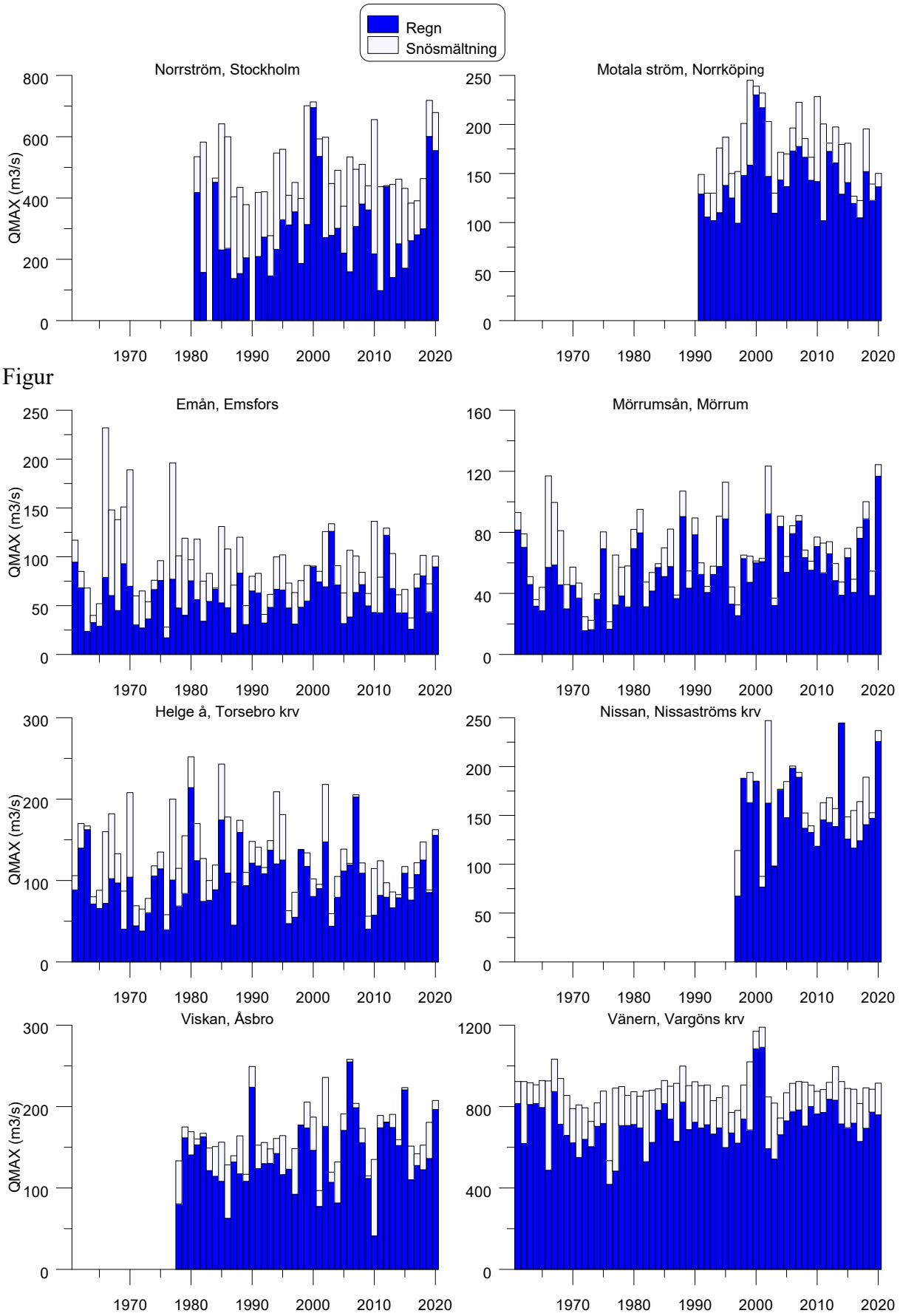
Figurerna 10 och 11 sammanfattar de högsta flödena för varje år, vid utvalda stationer, samt till hur stor andel respektive flödestopp orsakats av regn. För t.ex. Torneälven nära mynningen i Bottenviken, är andelen regn låg varje år, se även figur 8. I de nordliga älvarna dominerar snösmältningen mestadels, särskilt för de oreglerade Torneälven, Kalixälven och Vindelälven, och den mycket måttligt reglerade Piteälven. För de mest reglerade områdena ger den enkla modell som används här inte tillräckligt bra resultat för att kunna visas här. Längre söderut förekommer höga flöden mestadels orsakade av regn; till exempel i Ljusnan och Dalälven. I södra Sverige dominerar regnen som orsak till de högsta flödena.

Andelen regn i medeltal för de högsta flödena varje år visas i figur 12. Praktiskt taget alla områdena har genomsnittliga andelar mellan 10 och 90 %. Gradienten i nord-sydlig riktning är uppenbar, såsom förväntat. I södra Sverige, syns dessutom en skillnad mellan väst och öst, med större andel regn i väst. Här ingår alla stationer för vilka anpassningen var tillräckligt hög (NSE>0.3). Åtskilliga reglerade områden ingår alltså.

Figur 13 visar andelen regn i de allra högsta flödena vid varje station. Jämfört med kartan för medelvärdena (figur 12) är spridningen här större. Enstaka flödestillfällen slår genom här, såsom exempelvis regnflödet i september 1985 i Voxnan och i delar av Dalälven. Denna händelse innefattade till exempel dammraset i Noppikoski. Båda dessa vattendrag är emellertid reglerade. I figur 13 framgår det att förhållandevis fler av de högsta flödena orsakas av regn än vad medelkartan (figur 12) visar. Som påpekats ovan är dock också spridningen större, och medelandelarna i båda kartor är faktiskt lika, nämligen 53 %. Man kan alltså knappast säga att andelen regn i de allra högsta flödena är högre än vid medelhöga flöden. För de lägst reglerade vattendragen, med en regleringsgrad < 5 %, syns det att andelen regn är marginellt lägre än i figur 13, som även innefattar måttligt reglerade områden. Inga kraftigt reglerade områden ingår i någon av uppdelningarna i regn och snösmältning. Tolkningen påverkas dock av att flera faktorer påverkar bilden, till exempel sjöprocent, andelen nederbörd under året som faller som snö. Påverkan från regleringen studeras därför vidare nedan.

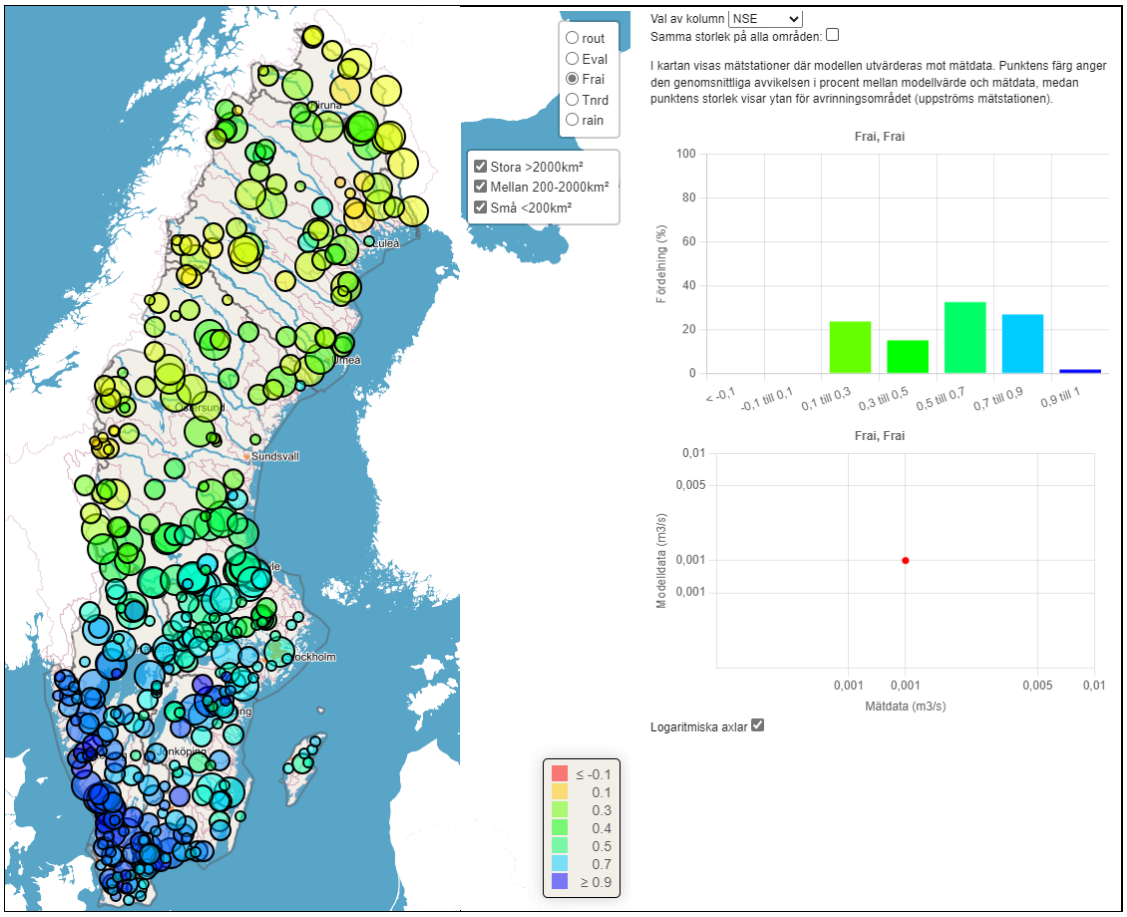


Figur 10. Andel regn i årsmax, utvalda stationer, norra och mellersta Sverige.

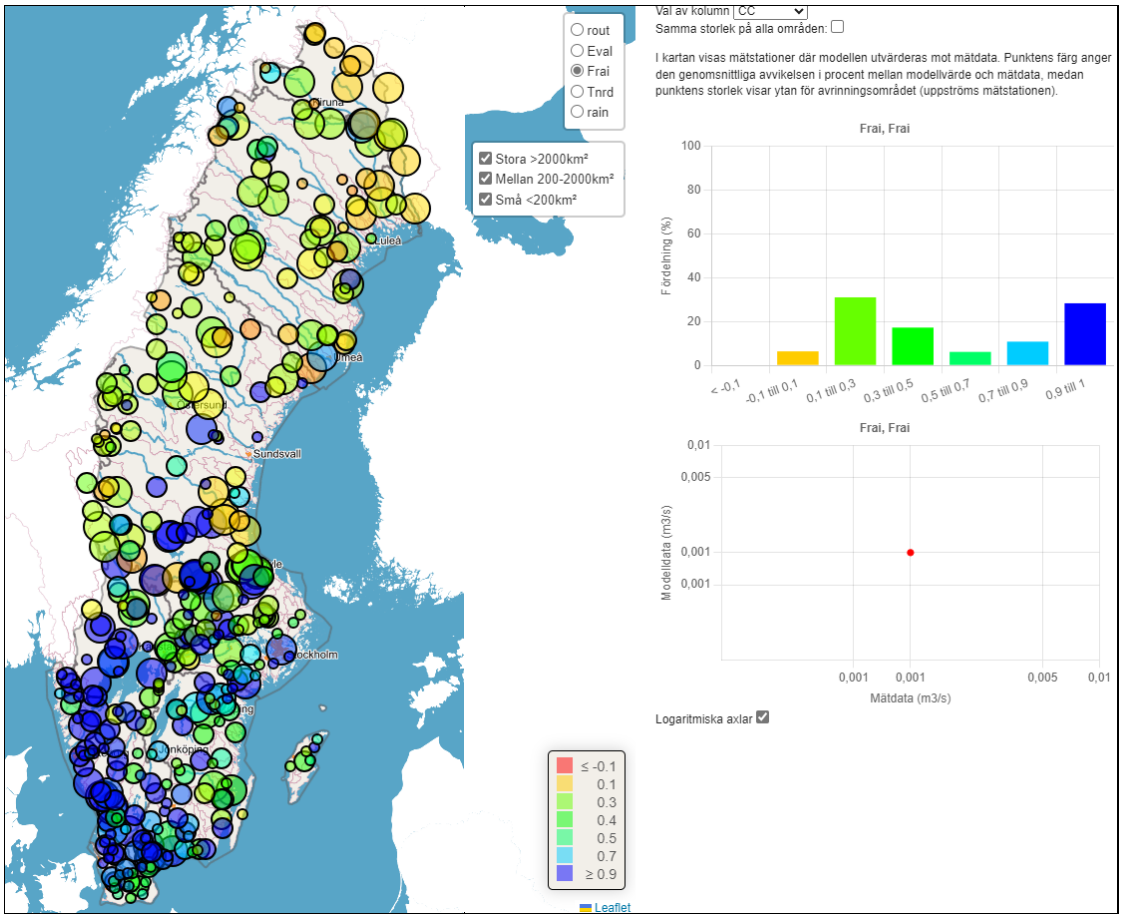


Figur

Figur 11. Andel regn i årsmax, utvalda stationer, södra Sverige.



Figur 12. Andel regn i medeltal för de högsta flödena varje år, vid varje station.



Figur 13. Andel regn i de allra högsta flödena vid varje station.

Utveckling över tiden

I tabell 3 redovisas utvalda högflöden och beräknad andel regn som orsak till flödesmax. Här följer en diskussion av flödena i kronologisk ordning. Ytterligare information finns i kunskaps-banken på SMHI:s hemsida under Historiska översvämningar och i Lindström (2022).

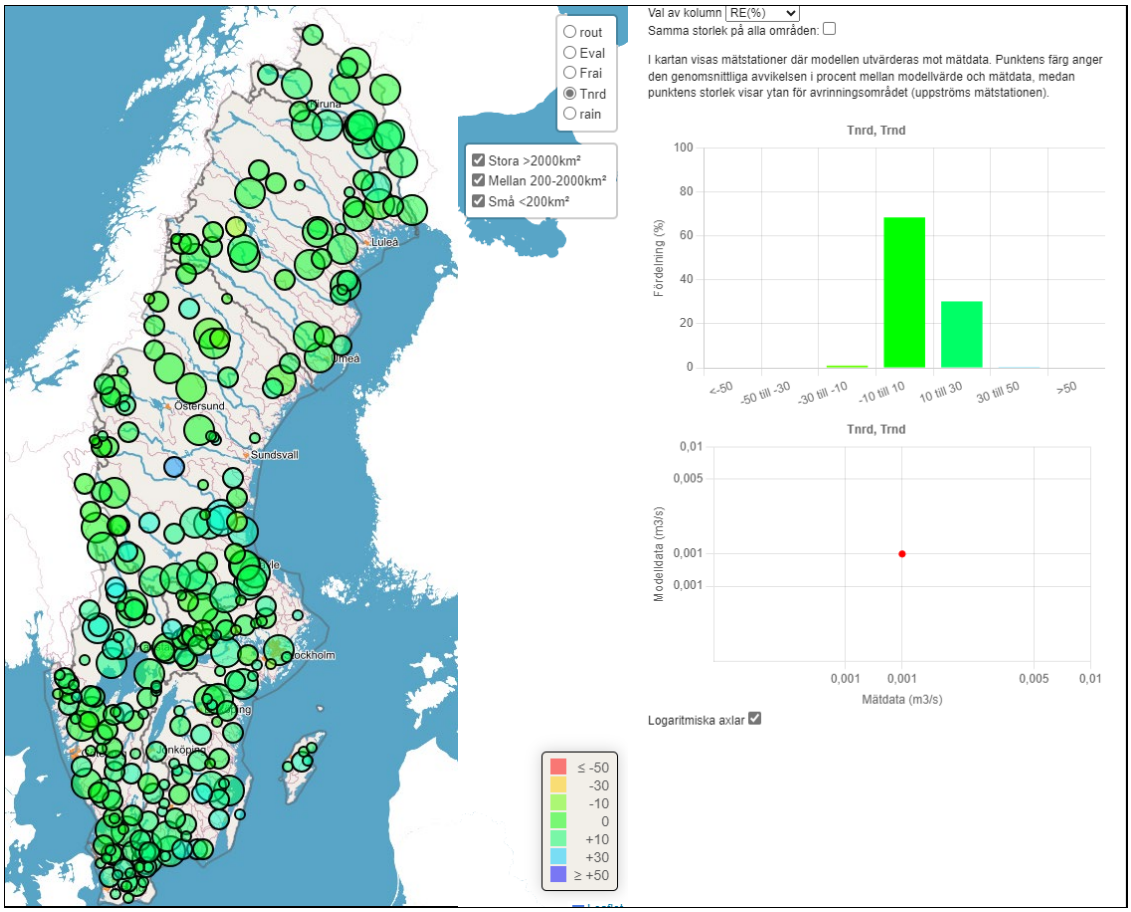
Vintern 1966 var både kall och snörik. Vårflödena i tabellen för detta år dominerades av snösmältning (cirka 10-30 % regn). Rekordflödet 1968 i Torneälven, orsakades som tidigare nämnt, nästan enbart av snösmältning (12 % regn). Vintern 1977 bjöd på ovanligt mycket snö i södra Sverige. Den efterföljande vårfloden dominerades följaktligen av snösmältning. Decemberflödet i Helge å 1980 orsakades å sin sida mest av regn. Regnflödet i bland andra Voxnan och Oreälven i september 1985 var ett renodlat regnflöde. Vårfloden 1986, dominerad av snösmältning, var kraftig i bland annat södra Norrland. Århundradets flöde, försommaren 1995, märktes av ända från Klarälven i söder till norra Norrland. Den uppskattade andelen regn var stabil i dessa områden, cirka 20-30 %. Sannolikt var orsaken främst en sen och intensiv snösmältning. Snötäcket var inte exceptionellt stort den vintern. Sommar- och höstflödena år 2000 orsakades främst av regn. Flödestillfället, med översvämningar i Arvika med mera, sträckte sig in på 2001, med kulmination i Göta älv i slutet av januari. Vinterflödet i Nissan 2002 orsakades av en kombination av regn (66 %) och snösmältning. Höstflödena 2006 i Västsverige, med översvämningar i bland annat Mölndal, och en något senare flödes-kulmination i Lagan, orsakades av långvarigt regn. Det överraskande flödet i Hårkan i maj 2010 orsakades av ungefär lika delar snösmältning och regn. Brusaån, ett biflöde till Emån, drabbades av flera sommarregn under en period i början av 2000-talet, varav det högsta 2012.

Vintern 2018 var det åter dags för nära nog rekordmycket snö, och en mycket snabb snösmältning, i stora delar av Norrland. Alla flödena i tabellen från denna vårflod dominerades av snö-smältning. Tabellen rundas av med två regnflöden från södra Sverige vintern 2019/2020.

Tabell 3. Utvalda högflöden och beräknad andel regn som orsak till flödesmax. HARO = huvudavrinnings-område.

HARO	Vattendrag och station	Datum	Flödesmax (m3/s)	Andel regn (%)
74	Emån, Emsfors	1966-05-11	232	34
53	Västerdalälven, Mockfjärds krv	1966-05-22	947	10
48	Ljusnan, Ljusne strömmars krv	1966-05-24	1883	13
1	Torneälven, Kukkolankoski	1968-06-11	3667	12
61	Svartån, Karlslund	1977-05-04	112	29
53	Dalälven, Älvkarleby krv	1977-05-17	1460	31
88	Helge å, Torsebro krv	1980-12-15	252	85
53	Oreälven, Skattungen	1985-09-08	283	99
48	Voxnan, Alfta krv	1985-09-11	361	98
51	Testeboån, Konstdalsströmmen	1986-05-07	137	16
52	Gavleån, Tolvfors krv	1986-05-10	169	27
53	Österdalälven, Idre	1995-06-01	534	25
18	Byskeälven, Byske	1995-06-02	382	20
108	Klarälven, Höljes krv	1995-06-02	816	24
4	Kalixälven, Räktfors	1995-06-03	2144	20
108	Klarälven, Edsforsens krv	1995-06-06	948	31
13	Piteälven, Sikfors krv	1995-06-09	1139	27
28	Vindelälven, Granåker	1995-06-10	1799	28
67	Motala ström, Norrköping	1999-04-27	245	65
42	Gimån, Gimdalsby	2000-07-26	131	86
53	Lillälven, Borgärdet	2000-07-27	153	88
61	Kolbäcksån, Ramnäs krv	2000-11-22	184	95
108	Byälven, Säffle damm	2000-11-28	410	98
108	Göta älv, Vargöns krv	2001-01-20	1190	92
101	Nissan, Nissaströms krv	2002-02-03	247	66
105	Viskan, Åsbro	2006-12-13	258	99
108	Säveån, Solveden	2006-12-16	87	97
98	Lagan, Ängabäck krv	2007-01-14	282	98
40	Hårkan, Hotagen	2010-05-19	663	46
74	Brusaån, Brusafors krv	2012-07-09	19	98
47	Norralaån, Skogsliden	2018-04-22	36	8
7	Råneälven, Niemisel	2018-05-13	605	9
40	Ammerån, Fyrås	2018-05-15	339	16
61	Norrström, Stockholm	2019-12-23	718	84
86	Mörrumsån, Mörrum	2020-03-05	124	94

Figur 14 visar att andelen regn i medeltal för de högsta flödena varje år har ökat en aning i stora delar av landet. Tendensen verkar tydligast i Mellansverige. Detta är vad man kan förvänta av den ökade temperaturen.



Figur 14. Trend i andelen regn i medeltal för de högsta flödena varje år (uttryckt som % per 30 år).

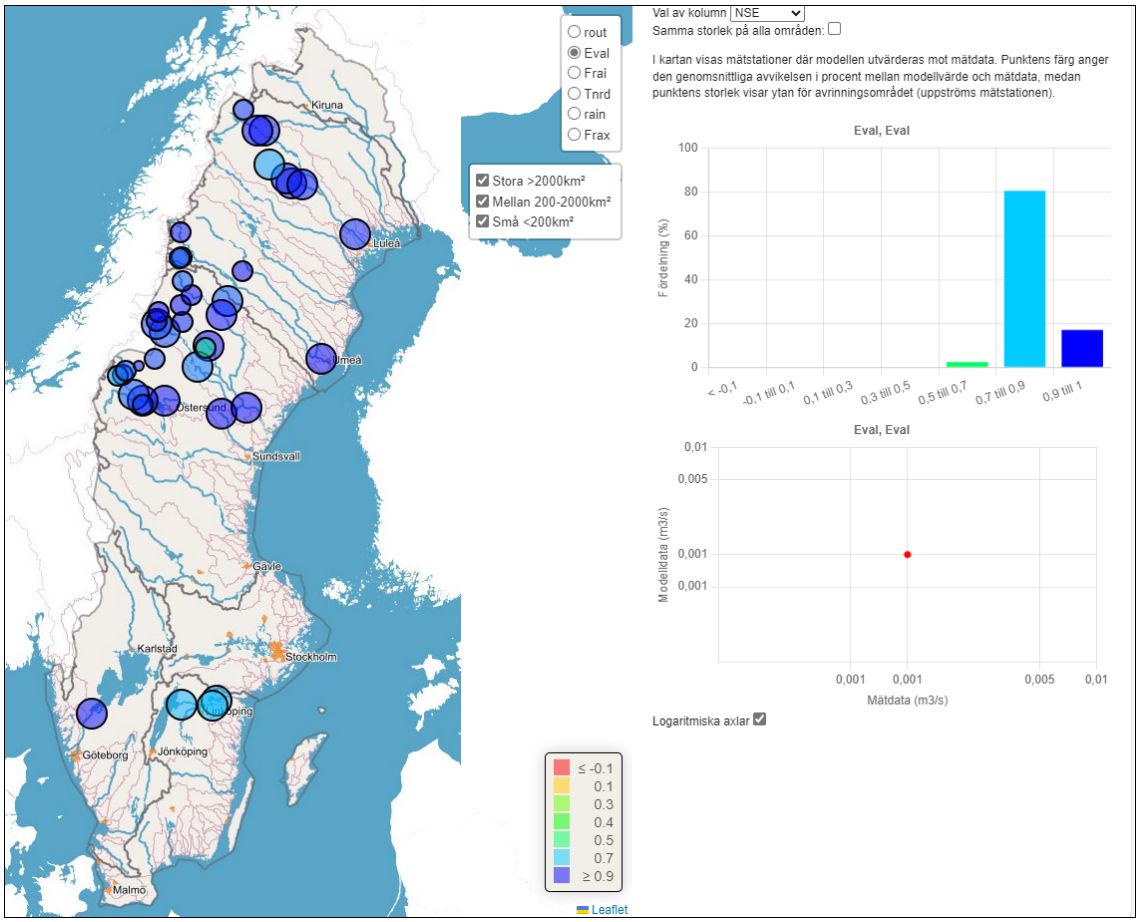
Rekonstruktionsberäkningar QN

Den kompletterande analysen baserad på rekonstruktionsberäkningarna QN redovisas nedan. Den förenklade modellen stämde mycket bra med QN-beräkningarna, se tabell 4 och figur 15. Det är framförallt för de stora reglerade älvarna i norr: Luleälven, Umeälven, Ångermanälven och Indalsälven som analysen tillför information av värde jämfört med den mer omfattande analysen ovan. Tabell 4 visar NSE för den fullständiga S-HYPE-modellen jämfört med den förenklade modellen, för de 41 stationerna för vilka det fanns rekonstruktionsberäkningar för naturliga flöden, QN. S-HYPE är här i huvudsak kalibrerad för åren 2006-2020, medan den förenklade modellen är kalibrerad för de specifika åren med data 1999-2008. Liksom i den tidigare delen gav den enklare modellen här högre NSE i genomsnitt än den fullständiga S-HYPE-modellen.

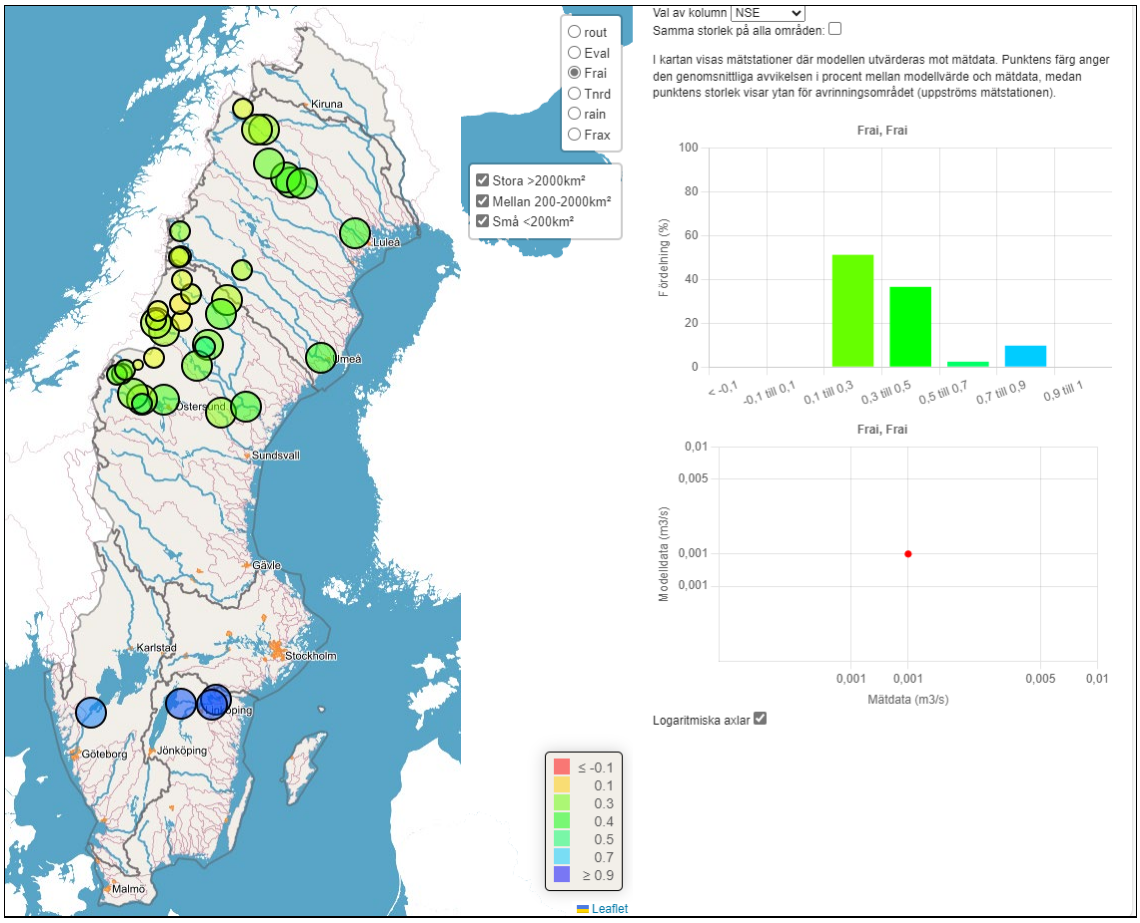
Alla områden med QN-beräkningar är kraftigt reglerade områden som sorterades bort i den tidigare analysen. Figur 16 visar att även i dessa älvar skulle de högsta flödena vanligtvis ha snösmältning som dominerande orsak, med en genomsnittlig andel regn under 50 % i praktiskt taget alla stationerna i dessa fyra älvar. Vid de allra högsta flödena under perioden (1999-2008) är spridningen, liksom ovan, större (figur 17). Här är andelen regn högre i Luleälven och Umeälven, men låg vid utloppen av Ångermanälven och Indalsälven.

Tabell 4. *Anpassning till uppmätt vattenföring med den fullständiga S-HYPE-modellen respektive den förenklade modellen, för 41 stationer i reglerade vattendrag. Anpassningen avser QN-beräkningar. S-HYPE är i huvudsak kalibrerad för åren 2006-2020, medan den förenklade modellen är kalibrerad för alla åren i studien.*

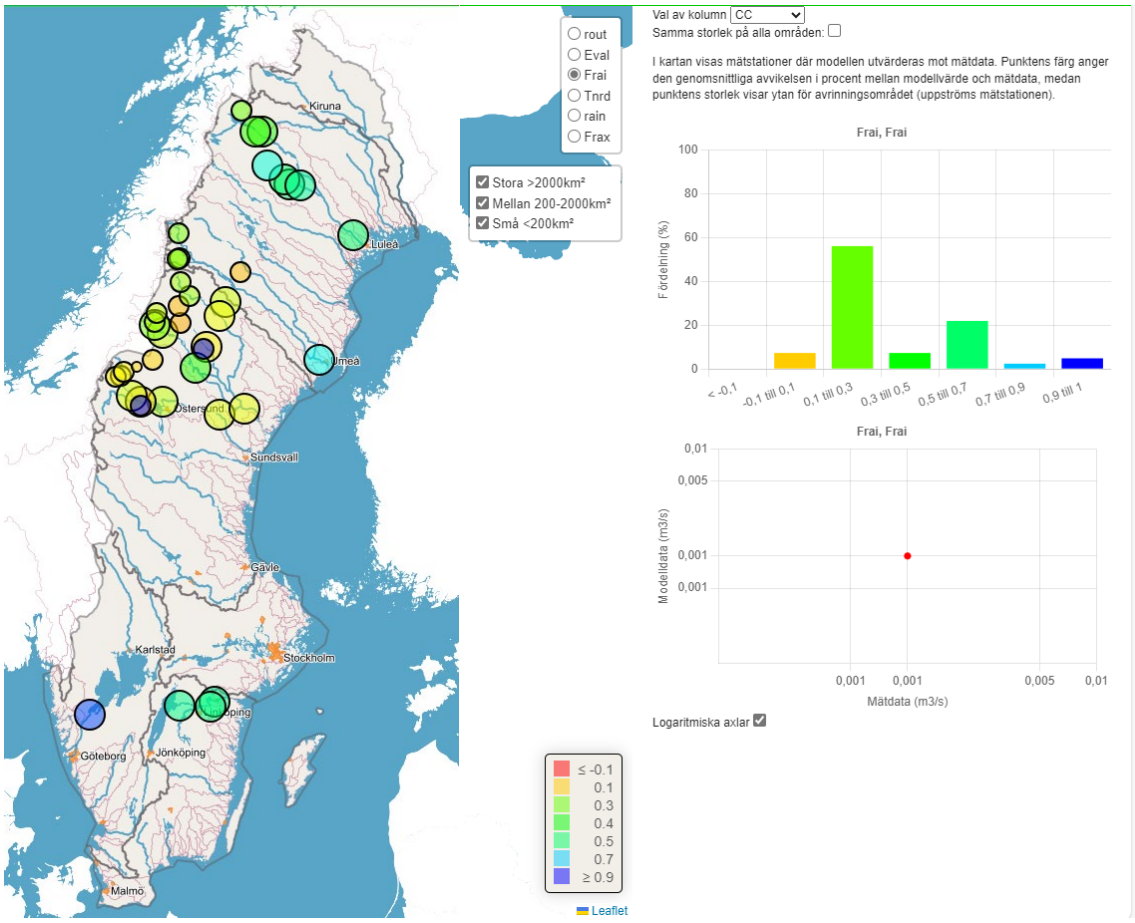
Modell	S-HYPE	Förenklad
NSE	0.788	0.847



Figur 15. *NSE för den förenklade modellen, vid alla stationerna med rekonstruktionsberäkningar (QN).*



Figur 16. Andel regn i medeltal för de högsta flödena varje år, vid varje station, rekonstruktionsberäkningar QN.

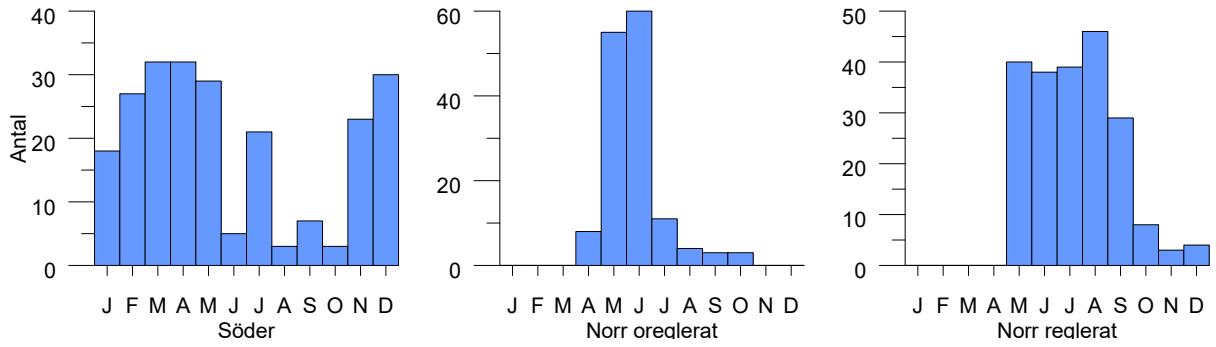


Figur 17. Andel regn i de allra högsta flödena vid varje station, rekonstruktionsberäkningar QN.

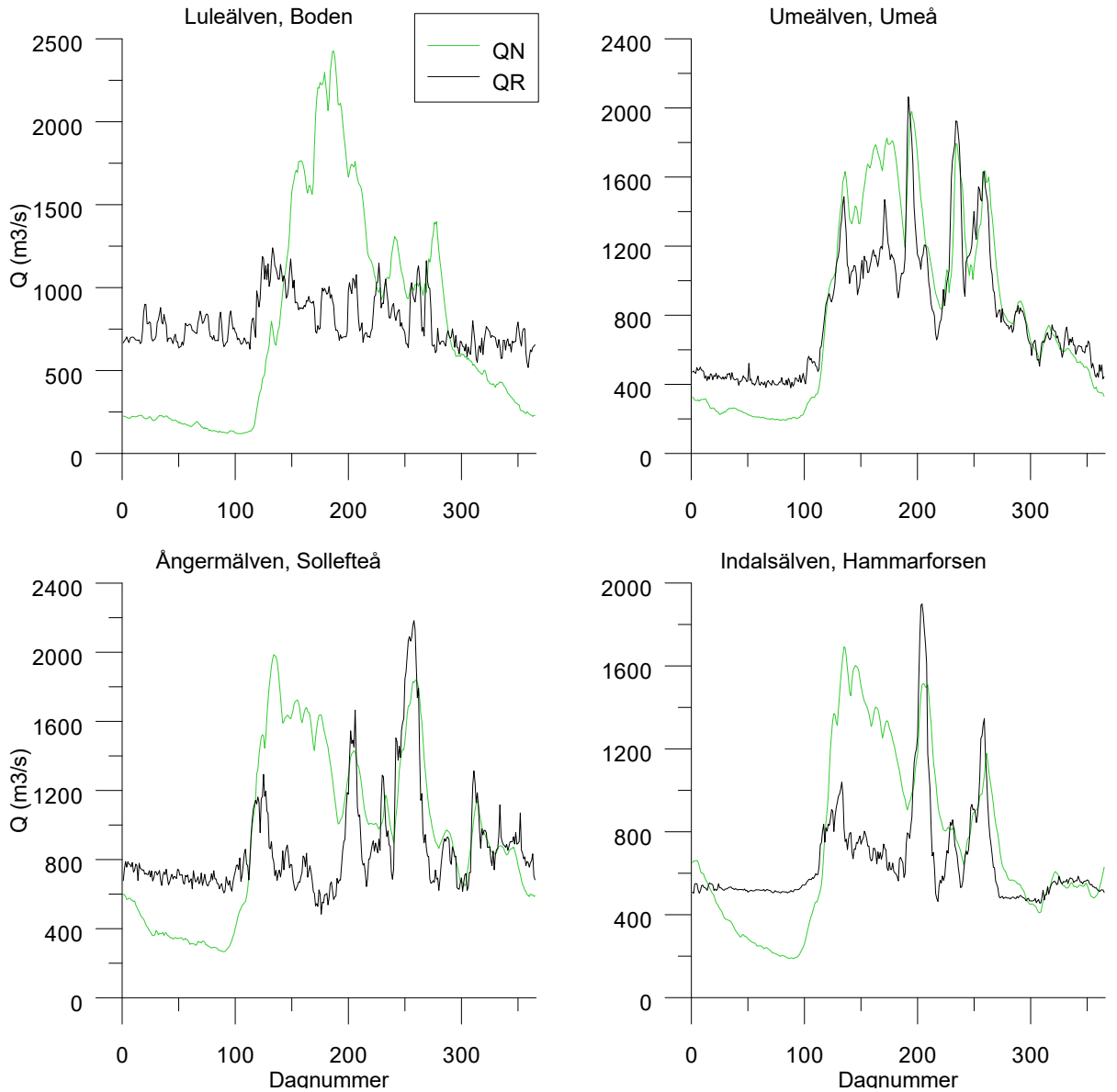
Tidpunkt under året för de höga flödena

Figur 18 visar i vilken månad den högsta uppmätta vattenföringen inträffade vid totalt 581 mätstationer. Analysen omfattar åren 1961-2020, dock med olika periodlängder. De områden där stationen ligger norr om 60 graders latitud räknas som norra Sverige. Under 5 % regleringsgrad räknas här som oreglerat. I södra Sverige ser man att de höga flödena inträffar framförallt under vinterhalvåret, eller närmare bestämt november-maj. Under juni-oktober inträffar få höga flöden, med undantag för juli. Vinterflödena orsakas av både regn och snösmältning, medan vårflödena i mars och april rimligen till stor del oraskas av snösmältning. I de oreglerade vattendragen i norra Sverige är de högsta flödena tydligt samlade i maj och juni, då snösmältningen dominerar. I de reglerade vattendragen i norr är bilden mer blandad. De högsta flödena inträffar typiskt under månaderna maj-september. Magasinen fylls upp av snösmältningen, och ju längre in på sommar och höst desto vanligare är det med regn som utlösande faktor till att man kan behöva spilla i kraftverken, vilket leder till de höga flödena i reglerade vattendrag. Denna bild stämmer kvalitativt överens med den i figur 12, med snösmältning som dominerande faktor i norr, och ökad andel regn i söder.

I figur 19 visas det högsta flödet för varje dagnummer på året för det uppmätta (QR) och rekonstruerade naturliga flödet (QN). Här framgår återigen omfördelningen från vår till höst och vinter, vilket ju är själva syftet med regleringen. De allra högsta flödena i de reglerade älvarna skulle under naturliga förhållanden alltså ha uppstått i samband med snösmältning, men i och med regleringen har inslaget av regn som utlösande faktor ökat.



Figur 18. *Månaden när den högsta uppmätta vattenföringen inträffade vid totalt 581 mätstationer åren 1961-2020, obs olika periodlängder. De områden där stationen ligger norr om 60 graders latitud räknas som norr. Under 5 % regleringsgrad räknas här som oreglerat.*



Figur 19. *Högsta flödet för varje dagnummer på året (1-365), 1999-2008, för uppmätt (QR) och rekonstruerat naturligt flöde (QN).*

5. Slutsatser

En förenklad modell utvecklades för denna studie, för omräkning av regn, snösmältning och avdunstning från den kompletta S-HYPE-modellen, till vattenföring vid mätstationer. Denna enkla modell gav god anpassning mot mätdata, och är ett exempel på hur goda simuleringsresultat kan uppnås med mycket enkla medel, såsom ofta är fallet inom hydrologisk modellering. En fördel med detta enkla angreppssätt är att det även går att tillämpa för andra modeller än HYPE.

Med hjälp av den framtagna modellen kunde andelen regn som orsak till höga flöden uppskattas. Resultaten stämmer överens med dem som togs fram i en tidigare studie av Lindström m.fl. (1993), men den nya studien omfattar ett betydligt större material i tid och rum. Praktiskt taget alla områdena har genomsnittliga andelar regn mellan 10 och 90 % som orsak till de högsta flödena varje år. Gradienten i nord-sydlig riktning i flödesorsak är tydlig. De högsta flödena i oreglerade vattendrag i Norrland orsakas i första hand av snösmältning. En mindre del av flödena kan kallas kombinationsflöden, och en ännu mindre andel domineras av regn.

Det enskilt högsta uppmätta flödestillfället i Sverige, i juni 1968 i Torneälven, orsakades nästan helt av snösmältning, och bestod enligt resultaten till endast 12 % av regn. Likaså orsakades det kända flödestillfället i maj och juni 1995, som påverkade många oreglerade vattendrag i landet ända från Klarälven i söder till Torneälven i norr, främst av snösmältning. I södra Sverige, däremot, uppstår de högsta flödena oftast vintertid, genom kombinationer av regn och snösmältning, med en övervikt för regn. I södra Sverige, syns dessutom en skillnad mellan väst och öst, med större andel regn i väst.

Nedströms större regleringar blir bilden annorlunda, eftersom magasinen har byggts för att fånga upp snösmältningen. Syftet med regleringarna är ju främst att spara vatten från vårfloden till hösten och vintern när den naturliga tillrinningen i norr oftast är låg, och elbehovet stort. Här kan de högsta utflödena i stället utlösas av regn på sommaren och hösten när magasinen fyllts upp av vårfloden. Dessa regn kan vara nog så besvärliga eftersom mängderna och den geografiska placeringen av dessa är svåra att prognosera.

Andelen regn som orsak till de högsta flödena har ökat något under perioden 1961-2020, vilket stämmer överens med den ökande temperaturen under denna period.

6. Rekommendationer för framtida arbeten

Förslag på kompletterande analyser och vidareutveckling av denna studie skulle kunna vara att:

- Analysera lokala beräkningar nedströms viktigare regleringar, såsom till exempel nedströms Storsjön i Jämtland. På så sätt kan man analysera den naturliga, lokala tillrinningen mellan större regleringsmagasin.
- Förlänga mätserierna till att omfatta perioden 1951-2023. 2023 var ett hydrologiskt sett ovanligt innehållsrikt år, med närapå rekordhögt vårflöde i Torneälven.
- Använda länkade serier för vissa av mätserierna så att dessa kan förlängas bakåt i tiden. Dessa måste i så fall gås genom innan de används för att säkerställa att förhållandena inte skiljer för mycket mellan olika delperioder.
- Ytterligare förfina den förenklade modellen.

7. Referenser

af Klintberg, L., Bergström, S., Ehlin, U., Ohlsson, P.-E. & Sjöborg, K.-Å. (1990) Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Slutrapport från Flödeskommittén. Statens Vattenfallsverk, Svenska Kraftverksföreningen, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut.

Bergström, S. (1976) Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments. SMHI Reports RHO, No. 7, Norrköping.

Brandt, M., Bergström, S., Gardelin, M. & Lindström, G. (1987) Modellberäkning av extrem effektiv nederbörd. SMHI Rapport Hydrologi 14.

Lindström, G., Harlin, J. & Olofsson, J. (1993) Uppföljning av Flödeskommitténs riktlinjer. SMHI Hydrologi Nr 46, 1993.

Lindström, G. (1996) Analys av orsakerna till översvämningarna i de svenska älvarna 1995. Hydrologidagarna 21-22 mars 1996, Chalmers Tekniska Högskola, Inst. för vattenbyggnad, Inst. för geologi, Meddelande nr 97.

Lindström, G., Gardelin, M., Johansson, B., Persson, M. & Bergström, S. (1996) HBV-96 - En areellt fördelad modell för vattenkrafthydrologin, SMHI RH 12, 1996, Norrköping.

Lindström, G., Pers, C., Rosberg, J., Strömqvist, J. & Arheimer, B. (2010) Development and testing of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) water quality model for different spatial scales. Hydrology Research 41.3–4, 295-319.

Lindström, G. (2016) Lake water levels for calibration of the S-HYPE model. Hydrology Research 47,4, pp. 672-682. doi: 10.2166/nh.2016.019.

Lindström, G. (2022) Klimat, vattentillgång och höga flöden i Sverige 1860–2020. Energiforsk Rapport 2022:902. ISBN 978-91-7673-902-0.

Rodhe, A. (1987) The Origin of Streamwater Traced by Oxygen-18. Uppsala University, Dept. of Physical Geography, Division of Hydrology, Report Series A, No. 41

Strömqvist, J., Arheimer, B., Dahné, J., Donnelly, C. & Lindström, G. (2012) Water and nutrient predictions in ungauged basins: set-up and evaluation of a model at the national scale, Hydrological Sciences Journal, 57:2, 229-247.

Svenska kraftnät, Energiföretagen Sverige och SveMin (2022) Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar - Utgåva 2022.

SMHIs publiceringar

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

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Report Meteorology and Climatology)	1974
RH (Report Hydrology)	1990
RO (Report Oceanography)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985
KLIMATOLOGI	2009

I serien HYDROLOGI har tidigare utgivits:

1. Bengt Carlsson (1985)
   Hydrokemiska data från de svenska fältforskningsområdena

2. Martin Häggström och Magnus Persson (1986)
   Utvärdering av 1985 års vårflödesprognoser

3. Sten Bergström, Ulf Ehlin, SMHI, och Per-Eric Ohlsson, VASO (1986)
   Riktlinjer och praxis vid dimensionering av utskov och dammar i USA. Rapport från en studieresa i oktober 1985

4. Barbro Johansson, Erland Bergstrand och Torbjörn Jutman (1986)
   Skåneprojektet - Hydrologisk och oceanografisk information för vattenplanering - Ett pilotprojekt

5. Martin Häggström (1986)
   Översiktlig sammanställning av den geografiska fördelningen av skador främst på dammar i samband med septemberflödet 1985

6. Barbro Johansson (1986)
   Vattenföringsberäkningar i Södermanlands län - ett försöksprojekt

7. Maja Brandt (1986)
   Areella snöstudier

8. Bengt Carlsson, Sten Bergström, Maja Brandt och Göran Lindström (1987)
   PULS-modellen: Struktur och tillämpningar

9. Lennart Funkquist (1987
   Numerisk beräkning av vågor i kraftverksdammar

10. Barbro Johansson, Magnus Persson, Enrique Aranibar and Robert Llobet (1987)
    Application of the HBV model to Bolivian basins

11. Cecilia Ambjörn, Enrique Aranibar and Roberto Llobet (1987)
    Monthly streamflow simulation in Bolivian basins with a stochastic model

12. Kurt Ehlert, Torbjörn Lindkvist och Todor Milanov (1987)
    De svenska huvudvattendragens namn och mynningspunkter

13. Göran Lindström (1987)
    Analys av avrinningsserier för uppskattning av effektivt regn

14. Maja Brandt, Sten Bergström, Marie Gardelin och Göran Lindström (1987)
    Modellberäkning av extrem effektiv nederbörd

15. Håkan Danielsson och Torbjörn Lindkvist (1987)
    Sjökarte- och sjöuppgifter. Register 1987

16. Martin Häggström och Magnus Persson (1987)
    Utvärdering av 1986 års vårflödesprognoser

17. Bertil Eriksson, Barbro Johansson, Katarina Losjö och Haldo Vedin (1987)
Skogsskador – klimat

18. Maja Brandt (1987)
Bestämning av optimalt klimatstationsnät för hydrologiska prognoser

19. Martin Häggström och Magnus Persson (1988)
Utvärdering av 1987 års vårflödesprognoser

20. Todor Milanov (1988)
Frysförluster av vatten

21. Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval and Maria Elvira Vega (1988)
Application of the HBV model to the upper Río Cauca basin

22. Mats Moberg och Maja Brandt (1988)
Snökartläggning med satellitdata i Kultsjöns avrinningsområde

23. Martin Gotthardsson och Sten Lindell (1989)
Hydrologiska stationsnät 1989. Svenskt Vattenarkivkolumn

24. Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval y Maria Elvira Vega (1989)
Aplicacion del modelo HBV a la cuenca superior del Río Cauca

25. Gun Zachrisson (1989)
Svåra islossningar i Torneälven. Förslag till skadeförebyggande åtgärder

26. Martin Häggström (1989)
Anpassning av HBV-modellen till Torneälven

27. Martin Häggström and Göran Lindström (1990)
Application of the HBV model for flood forecasting in six Central American rivers

28. Sten Bergström (1990)
Parametervärden för HBV-modellen i Sverige. Erfarenheter från modellkalibreringar under perioden 1975 – 1989

29. Urban Svensson och Ingemar Holmström (1990)
Spridningsstudier i Glan

30. Torbjörn Jutman (1991)
Analys av avrinningens trender i Sverige

31. Mercedes Rodriguez, Barbro Johansson, Göran Lindström, Eduardo Planos y Alfredo Remont (1991)
Aplicacion del modelo HBV a la cuenca del Río Cauto en Cuba

32. Erik Arnér (1991)
Simulering av vårflöden med HBV-modellen

33. Maja Brandt (1991)
Snömätning med georadar och snötaxeringar i övre Luleälven

34. Bent Göransson, Maja Brandt och Hans Bertil Wittgren (1991)
Markläckage och vattendragstransport av kväve och fosfor i Roxen/Glan-systemet, Östergötland

35. Ulf Ehlin och Per-Eric Ohlsson, VASO (1991)
Utbyggd hydrologisk prognos- och varningstjänst.
Rapport från studieresa i USA 1991-04-22—30

36. Martin Gotthardsson, Pia Rystam och Sven-Erik Westman (1992)
Hydrologiska stationsnät 1992/Hydrological network. Svenskt Vattenarkiv

37. Maja Brandt (1992)
Skogens inverkan på vattenbalansen

38. Joakim Harlin, Göran Lindström, Mikael Sundby (SMHI) och Claes-Olof Brandesten (Vattenfall Hydropower AB) (1992)
Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer för dimensionering av hel älv

39. Sten Lindell (1993)
Realtidsbestämning av arealnederbörd

40. Svenskt Vattenarkiv (1995)
Vattenföring i Sverige. Del 1.Vattendrag till Bottenviken.

41. Svenskt Vattenarkiv (1995)
Vattenföring i Sverige. Del 2.Vattendrag till Bottenhavet.

42. Svenskt Vattenarkiv (1993)
Vattenföring i Sverige. Del 3.Vattendrag till Egentliga Östersjön

43. Svenskt Vattenarkiv (1994)
Martin Vattenföring i Sverige. Del 4. Vattendrag till Västerhavet

44. Martin Häggström och Jörgen Sahlberg (1993)
Analys av snösmältningsförlopp

45. Magnus Persson (1993)
Utnyttjande av temperaturens persistens vid beräkning av volymsprognoser med HBV-modellen

46. Göran Lindström, Joakim Harlin och Judith Olofsson (1993)
Uppföljning av Flödeskommitténs riktlinjer

47. Bengt Carlsson (1993)
Alkalinitets- och pH-förändringar i Umeälven orsakade av minimitappning

48. Håkan Sanner, Joakim Harlin and Magnus Persson (1994)
Application of the HBV model to the Upper Indus River for inflow forecasting to the Tarbela dam

49. Maja Torbjörn Jutman och Hans Alexandersson Brandt, (1994)
Sveriges vattenbalans. Årsmedelvärden 1961 - 1990 av nederbörd, avdunstning och avrinning

50. Svenskt Vattenarkiv (1994)
Avrinningsområden i Sverige. Del 3. Vattendrag till Egentliga Östersjön och Öresun

51. Martin Gotthardsson (1994)
Svenskt Vattenarkiv.
Översvämningskänsliga områden i Sverige

52. Åsa Evremar (1994)
Avdunstningens höjdberoende i svenska fjällområden bestämd ur vattenbalans och med modellering

53. Magnus Edström och Pia Rystam (1994)
FFO - Stationsnät för fältforsknings-områden 1994

54. Zhang Xingnan (1994)
A comparative study of the HBV model and development of an automatic calibration scheme

55. Svenskt Vattenarkiv (1994)
Svenskt dammregister - Södra Sverige

56. Svenskt Vattenarkiv (1995)
Svenskt dammregister - Norra Sverige

57. Martin Häggström (1994)
Snökartering i svenska fjällområdet med NOAA-satellitbilder

58. Hans Bertil Wittgren (1995)
Kvävetransport till Slätbaken från Söderköpingsåns avrinningsområde

59. Ola Pettersson (1995)
Vattenbalans för fältforskningsområden.

60. Barbro Johansson, Katarina Losjö, Nils Sjödin, Remigio Chikwanha and Joseph Merka (1995)
Assessment of surface water resources in the Manyame catchment – Zimbabwe

61. Behzad Koucheki (1995)
Älvtemperaturers variationer i Sverige under en tioårsperiod

62. Svenskt Vattenarkiv (1995)
Sänkta och torrlagda sjöar

63. Malin Kanth (1995)
Hydrokemi i fältforskningsområden

64. Mikael Sundby, Rikard Lidén, Nils Sjödin, Helmer Rodriguez, Enrique Aranibar (1995)
Hydrometeorological Monitoring and Modelling for Water Resources Development and Hydropower Optimisation in Bolivia

65. Maja Brandt, Kurt Ehlert (1996)
Avrinningen från Sverige till omgivande hav

66. Sten Lindell, Håkan Sanner, Irena Nikolushkina, Inita Stikute (1996)
Application of the integrated hydrological modelling system IHMS-HBV to pilot basin in Latvia

67. Sten Lindell, Bengt Carlsson, Håkan Sanner, Alvina Reihan, Rimma Vedom (1996)
Application of the integrated hydrological modelling system IHMS-HBV to pilot basin in Estonia

68. Sara Larsson, Rikard Lidén (1996)
Stationstäthet och hydrologiska prognoser

69. Maja Brandt (1996)
Sedimenttransport i svenska vattendrag exempel från 1967-1994

70. Svenskt Vattenarkiv (1996)
Avrinningsområden i Sverige. Del 4. Vattendrag till Västerhavet

71. Svenskt Vattenarkiv (1996)
Svenskt sjöregister. 2 delar

72. Sten Lindell, Lars O Ericsson, Håkan Sanner, Karin Göransson SMHI Malgorzata Mierkiewicz, Andrzej Kadlubowski, IMGW (1997)
Integrated Hydrological Monitoring and Forecasting System for the Vistula River Basin. Final report

73. Maja Brandt, Gun Grahn (1998)
Avdunstning och avrinningskoefficient i Sverige 1961-1990. Beräkningar med HBV-modellen

74. Anna Eklund (1998)
Vattentemperaturer i sjöar, sommar och vinter - resultat från SMHIs mätningar

75. Barbro Johansson, Magnus Edström, Katarina Losjö och Sten Bergström (1998)
Analys och beräkning av snösmältningsförlopp

76. Anna Eklund (1998)
Istjocklek på sjöar.

77. Björn Bringfelt (1998)
An evapotranspiration model using SYNOP weather observations in the Penman-Monteith equation

78. Svenskt Vattenarkiv (1998)
Avrinningsområden i Sverige. Del 2 Vattendrag till Bottenhavet

79. Maja Brandt, Anna Eklund (1999)
Snöns vatteninnehåll Modellberäkningar och statistik för Sverige

80. Bengt Carlsson (1999)
Some facts about the Torne and Kalix River Basins.
A contribution to the NEWBALTIC II workshop in Abisko June 1999

81. Anna Eklund (1999)
Isläggning och islossning i svenska sjöar

82. Svenskt Vattenarkiv (2000)
Avrinningsområden i Sverige. Del 1. Vattendrag till Bottenviken

83. Anna Eklund, Marie Gardelin, Anders Lindroth (2000)
Vinteravdunstning i HBV-modellen - jämförelse med mätdata

84. Göran Lindström, Mikael Ottosson Löfvenius (2000)
Tjäle och avrinning i Svartberget – studier med HBV-modellen

85. Bengt Carlsson och Göran Lindström (2001)
HBV-modellen och flödesprognoser

86. Josef Källgården (2001)
Snow distribution in a mountainous region.A remote sensing study

87. Johan Andréasson, Anders Gyllander, Barbro Johansson, Josef Källgården, Sten Lindell, Judith Olofsson, Angela Lundberg (2001)
Snötaxering med georadar - Bättre vårflödesprognoser med HBV-modellen?

88. Deliang Chen, Barbro Johansson (2003)
Temperaturens höjdberoende – En studie i Indalsälvens avrinningsområde

89. Agne Lärke, Håkan Sanner, Anna Johnell (2003)
Utvärdering av SMHI:s prognos- och varningstjänsts verksamhet under flödena januari t o m mars 2002 i sydvästra Sverige

90. Johan Jansson (2003)
Satellite data on snow cover in the HBV model. Method development and evaluation

91. Charlotta Pers (2003)
BIOLA – BIOgeochemical LAke Model Manual

92. Carl Granström (2003)
Utvärdering av SMHIs prognos- och varningstjänsts verksamhet under flödet i området runt Emån juli 2003

93. Carl Granström (2003)
Modell för prognos av tidpunkt och karaktär för islossningen i Torne älv

94. Maja Brandt och Gun Grahn, SMHI. Erik Årnfelt och Niclas Bäckman, Länsstyrelsen Östergötland (2004)
Anpassning av TRK-systemet från nationell till regional nivå samt scenarioberäkningar för kväve – Tester för Motala Ström

95. Carl Granström (2004)
Utvärdering av SMHIs hydrologiska prognos- och varningstjänst under flödet i södra Lappland juli 2004

96. Carl Granström (2004)
Utvärdering av SMHIs hydrologiska prognos- och varningstjänst under flödet i Småland juli 2004

97. Carl Granström (2004)
Utvärdering av SMHIs hydrologiska prognos- och varningstjänst under flödet i nordvästra Lappland juli 2004

98. Tahsin Yacoub, Ylwa Westman, Håkan Sanner, Bernth Samuelsson (2005)
Detaljerad översvämningskarta för Eskilstunaån. Ett projekt inom KRIS-GIS

99. Carl Granström (2005)
Utvärdering av SMHIs hydrologiska prognos- och varningstjänst under vårfloden i fjällen juni 2005

100. Tahsin Yacoub, Håkan Sanner (2006)
Vattenståndsprognoser baserade på översiktlig kartering. En fallstudié

101. Göran Lindström (2006)
Regional kalibrering av HBV-modellen

102. Kurt Ehlert (2006)
Svenskt Vattendragsregister

103. Charlotta Pers (2007)
HBV-NP Model Manual

104. Barbro Johansson, Göran Lindström, Jonas Olsson, Tahsin Yacoub, Günter Haase, Karin Jacobsson, Anna Johnell, Håkan Sanner (2007)
Översvämningsprognoser i områden med ofullständiga data. Metodutveckling och utvärdering

105. Carl Granström, Anna Johnell, Martin Häggström (2007)
Utvärdering av SMHIs hydrologiska prognos- och varningstjänst under höga flöden i sydvästra Sverige - nov 2006 till jan 2007

106. Johan Andréasson, Sara-Sofia Hellström, Jörgen Rosberg, Sten Bergström (2007)
Översiktlig kartpresentation av klimat-förändringars påverkan på Sveriges vattentillgång - Underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen

107. Berit Arheimer, Charlotta Pers (2007)
Kväveretention i svenska sjöar och vattendrag – betydelse för utsläpp från reningsverk

108. Calle Granström, Martin Häggström, Sten Lindell, Judith Olofsson, Anna Eklund (2007)
Utvärdering av SMHIs hydrologiska prognos- och varningstjänst under höga flöden i Götaland – juni och juli 2007

109. Niclas Hjerdt, Markus Andersén, Christer Jonsson och Dan Eklund (2007)
Hydraulik i Klarälvens torrfåra vid tappningar från Höljes kraftverksdamm

110. Sara-Sofia Hellström, Göran Lindström (2008)
Regional analys av klimat, vattentillgång och höga flöden

111. Calle Granström, Linda Gren, Magdalena Dahlin, Sara-Sofia Hellström (2008)
Utvärdering av SMHIs hydrologiska prognos- och varningstjänst under höga flöden under vårfloden 2008

112. Gitte Berglöv, Jonas German, Hanna Gustavsson, Ulrika Harbman, Barbro Johansson (2009)
Improvement HBV model Rhine in FEWS. Final report

113. Katarina Norén, Carl Granström, Roger Eriksson (2010)
Utvärdering av SMHIs hydrologiska prognos- och varningstjänst under vårfloden i södra Sverige 2010

114. Katarine Norén, Carl Granström, Roger Eriksson (2010)
Utvärdering av SMHIs hydrologiska prognos- och varningstjänst under vårfloden i Norrland 2010

115. Gunn Persson, Sara-Sofia Asp, Karin Dyrestam, Dan Eklund, Anders Gyllander, Kristoffer Hallberg, Anna Johnell, Yacoub Tahsin och Else-Marie Wingqvist (2011)
Detaljerad översvämningskartering av nedre Torneälven

116. Jonas Olsson, Johan Södling, Fredrik Wetterhall (2011)
Högupplösta nederbördsdata för hydrologisk modellering: en förstudie

117. Sven Fremling, Thore Karlin, Birgitta Raab, Eva Edquist, Anna Eklund (2012)
Is på sjöar och älvar

118. Gunn Persson (2011)
Islossning i Torneälven

119. Göran Lindström, Alena Bartosova, Niclas Hjerdt och Johan Strömqvist (2017)
Uppehållstider i ytvatten i relation till vattenkvalitet -NET, ett generellt uppskalningsverktyg

120. Katarina Stensen, Aino Krunegård, Kristina Rasmusson, Bettina Matti, Niclas Hjerdt (2019)
Sveriges vattentillgång utifrån perspektivet vattenbrist och torka – Delrapport 1 i regeringsuppdrag om åtgärder för att motverka vattenbrist i ytvattentäkter.

121. Katarina Stensen, Bettina Matti, Kristina Rasmusson, Niclas Hjerdt (2019)
Modellstudie för att undersöka åtgärder som påverkar lågflöden – Delrapport 2 i regeringsuppdrag om åtgärder för att motverka vattenbrist i ytvattentäkter.

122. Göran Lindström (2019)
Hydrologiska aspekter på åtgärder mot vattenbrist och torka inom avrinningsområden.

123. Karin Jacobsson, Daniel Carlsson (2020)
Historisk specifik flödeseffekt. Lutningar och bredder för historiska förhållanden Pilotsträckan Motala ström mellan Vättern och Roxen.
(ej publicerad)

124. Johan Strömqvist, Eva Johansson, Maria Elenius, Elisabeth Bölenius, Maria Bertrand, Carin Hayer (2020)
Förbättrad vattenbalansberäkning genom inkludering av jordbruksbevattning

125. Niclas Hjerdt (2020)
Trender i vattenbalans 1961-2019
(ej publicerad)

126. Karin Lundgren Kownacki (2020)
Ökad kunskap om Sveriges vattenuttag

127. Jessica Henestål, Jenny Ranung, Anders Gyllander, Åsa Johnsen, Håkan Olsson, Ola Pettersson, Ylva Westman, Else-Marie Wingqvist (2015)
Arbete med SVAR version 2012_1 och 2012_2, Svenskt Vattenarkiv, en databas vid SMHI

128. Ylva Westman, Håkan Olsson, Ola Pettersson, Else-Marie Wingqvist, Daniel Björkert (2017)
Arbete med SVAR version 2016, Svenskt Vattenarkiv, en databas vid SMHI

129. Åsa Johnsen (2021)
(ej publicerad)

130. Sara Schützer, Maria Elenius, Kristina Isberg, Johan Temnerud (2023)
Nedströmseffekter från återvätning av dikad skog på torv

131. Diala Abdoush, Daniel Björkert, Kristina Danielsson, Anna Engblom, Åsa Johnsen, Ola Pettersson (2024)
SVAR 2022

Denna sida är avsiktligt blank

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01

ISSN 0283-7722