

ANALYS AV SNÖSMÄLTNINGSFÖRLOPP

Martin Häggström

Jörgen Sahlberg

ANALYS AV SNÖSMÄLTNINGSFÖRLOPP

**Martin Häggström
Jörgen Sahlberg**

Projektet är finansierat av Vattenregleringsföretagens Samarbetsorgan,
Hydrologiskt Utvecklingsarbete (VASO/HUVA)

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
Bakgrund	1
Metodik	2
Beskrivning av vårflödena 1983 och 1984	2
Markvattnets och tjälens betydelse för vårfloden	3
Justering av graddagfaktorn med avseende på luftfuktighet och vindstyrka	3
Energibalansberäkningar	4
Slutomdöme	5
Referenser	6

ANALYS AV SNÖSMÄLTNINGSFÖRLOPP

Bakgrund

Det har visat sig att HBV-modellen ibland missbedömer tidpunkten för vårflodens start och kraftigt överskattar eller underskattar hastigheten hos snösmältningen. Det har förekommit att starten har felprognosticerats med upp till en månad. Beror detta på dåliga indata eller på att HBV-modellen inte är tillräckligt bra? Svaret är troligtvis båda orsakerna.

Ett flertal studier har under senare år utförts vid SMHI med stöd av VASO/HUVA för att testa olika metoder att bättre förutsäga vårflodens start. Bl a använde sig Sannebjörk och Harlin (1990) av s k indikatorområden. Det har också gjorts försök att ändra HBV-modellens snörutin. Andersson (1990) testade en variant på en fullständig energibalanssekvation för snösmältning, samt en rutin baserad på max- och min-temperatur under dygnet. Speciellt testet för max- och min-temperatur visade lovande resultat och därför beslutades om en mer omfattande undersökning (Arnér, 1991). Denna undersökning visade emellertid inte någon signifikant förbättring, då snösmältningen baserades på max- och min-temperatur under dygnet istället för som normalt på medeltemperatur. Vid de ovan nämnda undersökningarna har testats hur olika ansatser på snörutiner påverkar snösmältningen. Det har gjorts för ett antal områden och under flera år. Ingen av de testade metoderna har emellertid medfört något genombrott vad gäller beräkningen av snösmältningsförloppet och vårflodens start.

På andra håll har också studier gjorts av hur man kan förbättra snörutinerna i avrinningsmodeller. En omfattande sådan studie har nyligen utförts av Vehviläinen (1992), som har testat olika snörutiner i några avrinningsområden i Finland. Förutom att simulera snösmältningsförloppet med olika temperaturindexmetoder (graddagmetoder) har han använt en energibalansmodell. Jämförelse av resultaten från två avrinningsområden visar att energibalansmetoden gav något sämre resultat än den bästa temperaturindexmodellen. Med andra ord blev resultatet, att en komplicerad energibalansmodell som kräver omfattande indata inte visade sig kunna ge bättre resultat än en enkel graddagmetod, som t ex används i HBV-modellen. Vehviläinen har också modellerat tjälbildningen för att undersöka om denna har någon inverkan på snösmältning och resulterande avrinning. Någon förbättring av resultaten gav emellertid inte den modell som var modifierad med tjälrutin.

Trots att det gjorts många försök att förbättra beräkningen av snösmältningsförloppet i HBV-modellen kvarstår alltså problemet. Därför har VASO/HUVA beviljat medel till den här studien, där målsättningen har varit att förutsättningslöst analysera varför modellen ibland överskattar eller underskattar hastigheten hos snösmältningen och då främst vid vårflodens start.

Metodik

Som lämpligt första testområde valdes avrinningsområdet för Gimån vid Gimdalsbyn. Fördelen med detta område är att det är ett rent skogsområde och inte blandat fjäll och skog. Dessutom har vattenföringen, på grund av områdets höga sjöandel, ett dämpat förlopp, vilket gör att det är lätt att få en överblick av vårflodsförloppet. Nackdelen är att de dämpade vattenföringsvariationerna kan göra att viktig information döljs. Till HBV-modell för området valdes den för dimensioneringsändamål kalibrerade modellen. Denna utgör också från och med 1993 prognosmodell för Gimån.

Avsikten var i början att välja ut ett antal år då modellen antingen startade vårfloden för sent eller för tidigt. För att lätt kunna analysera orsakerna till felaktigt modellerad vårflod utvaldes år som hade en distinkt tidpunkt för vårflodens igångsättande och dessutom inte störande smältperioder under vintern. På grund av tidsmässiga orsaker beslöts att koncentrera studien till endast två år, 1983 och 1984, och sedan i efterhand testa om teorierna håller under andra år. De två valda vårflodsperioderna har en förhållandevis likartad förhistoria och förlopp utom i avseendet att vårfloden i modellen det ena året startar för sent och det andra året för tidigt, se figur 1a och 1b.

Vår utgångspunkt var att de energibalansmodeller som tidigare prövats inte på ett riktigt sätt har speglat energibalansen för snötäcket. Vi har därför försökt analysera snösmältningsförloppet med hjälp av den på SMHI utvecklade PROBE-modellen.

Vi har även tittat på olika energibalanskomponenter enskilt för att om möjligt kunna finna samband med felaktigt modellerad vårflod. Bl a har vi försökt testa luftfuktighetens och vindens inverkan genom att justera modellens graddagfaktor.

Vi har även översiktsmässigt försökt avgöra i vilken mån markvattenhalt och tjäle skulle kunna ha betydelse för vårflodens start. Detta har främst gjorts genom att okulärt titta på plottningar av modellkörningar och observerade data.

Beskrivning av vårflödena 1983 och 1984

Hösten 1982 var förhållandevis nederbördsfattig. Kvarliggande snötäcke bildades från mitten av november. Under vintern förekom inga egentliga smältperioder varken enligt modellen eller enligt vattenföringsobservationerna. Dygnsmedeltemperaturer omkring 0 °C förekom dock vid ett flertal tillfällen varav det varmaste inträffade under några dagar i mitten av mars. Snötäcket kan således ha varit utsatt för viss avsmältning och omstöpning utan att detta resulterat i avrinning. Våravsmältningen startade i modellen den 17 april. Dagen innan hade snötäcket ett vatteninnehåll på 175 mm och markfuktigheten låg på 117 mm (FC = 190 mm). Vattenföringen var 7 m³/s enligt modellen och 8 m³/s enligt observationerna. Sedan skedde en kontinuerlig avsmältning vid en dygnsmedeltemperatur av i genomsnitt 4 °C tills modellens snötäcke var slut den 9 maj. Under snösmältningsperioden föll 34 mm regn och då främst koncentrerat till den 22-24 april då det kom 25 mm. Den observerade vattenföringsökningen började på allvar den 20 april och pågick sedan till kulmen den 10-14 maj. Modellens vattenföringsökning startade ett par dagar senare än den observerade och gick långsammare i början av förloppet. Kulmen skedde samtidigt som i verkligheten men på en lägre nivå och även vårflodsvolymen blev lägre än observerat.

Hösten 1983 var nederbördsrik och markvattenhalten hög då kvarliggande snötäcke började bildas i slutet av november. Före snöläggningen och i början av vintern förekom ordentligt kalla perioder och speciellt var januari månad mycket kall. Den kyliga inledningen av vintern

torde ha skapat djup tjäle. Dygnsmedeltemperaturer över 0 °C förekom under vintern endast under några enstaka dagar och då främst i december. Våravsmältningen startade i modellen den 6 april. Dagen innan hade snötäcket ett vatteninnehåll på 128 mm och markfuktigheten låg på 147 mm. Vattenföringen var 7 m³/s enligt modellen och 8 m³/s enligt observationerna. Avsmältning av snötäcket skedde sedan i modellen fram till snön var slut den 29 april. En viss avmattning av snösmältningen förekom dock 17-19 april på grund av kyligare väder. Genomsnittliga temperaturen under snösmältningen var ca 3 °C. Under snösmältningsperioden föll endast ca 8 mm spritt på flera tillfällen. Vattenföringsökningen i modellen började på allvar 16 april medan den i verkligheten kom igång 5 dygn senare. Hastigheten i vattenföringsökningen var sedan ungefär densamma i modellen och verkligheten. Vårflodsvolymen var något större i modellen än i verkligheten och detta gällde även för kulminationsnivån. Kulmen inträffade 6 maj i modellen och omkring 9 maj enligt observationerna.

Markvattnets och tjälens betydelse för vårfloden

Jämförelse mellan modellberäkningarna 1983 och 1984 visar att 1983 års vårflod startade vid en lägre markvattenhalt än vårfloden 1984. Därför gjordes en test där markvattenhalten 1983 höjdes till samma nivå som 1984. Det resulterade i att det modellerade vårflodsförloppet blev mycket likt det observerade både i fråga om stigningstakt och volym, men inte klart tidigare än det observerade som förhållandet var 1984. Felaktig markvattenhalt i modellen är dock inte trolig orsak till det olika modellbeteendet 1983 respektive 1984. Inget under hösten och vintern respektive år motiverar en uppdatering av markvattenmagasinet. Dessutom finns det år t ex 1974 då modellen startar för tidigt trots att markvattenmagasinet var ungefär lika låg som 1983. Testet visar alltså inte att felaktig markvattenhalt skulle vara någon huvudorsak till att modellen ibland startar vårfloden för tidigt eller för sent. Däremot indikerar det att rätt markvattenhalt vid vårflodens start är betydelsefullt. Sålunda bör t ex felmodellerade smältperioder under vintern uppdateras för att ge förutsättningar för rätt start och volym av vårfloden.

En faktor som är olika för de två vinterperioden innan respektive vårflod är att inledningen av vintern 1982/83 var mildare än inledningen av vintern 1983/84. Det gör att tjälbildningen var mer omfattande den senare vintern. Att detta skulle ha någon betydelse får vårflodens start kan dock inte urskiljas då man jämför andra år då vårfloden startar för sent eller för tidigt. I princip bör dock vårfloden starta tidigare vid kraftig tjäle, eftersom mer ytavrinning då kan förekomma. Troligtvis är emellertid ytavrinningen försumbar i skogsmark eller myrmark. För åkermark och annan slät öppen mark torde dock tjälen ha betydelse för vårflodens start.

Justering av graddagfaktorn med avseende på luftfuktighet och vindstyrka

En fördel med HBV-modellen är dess moderata indatabehov. Den graddagmetod som modellen använder för att beräkna snösmältningen är enkel och baseras endast på lufttemperatur som indata. Kan metoden förbättras genom att tillföra och utnyttja annan lättillgänglig indata? Vid de synoptiska väderstationerna observeras bl a också vindstyrka, relativ luftfuktighet och molnmängd. Att dessa vädervariabler har betydelse för snösmältningen råder knappast någon tvekan om. Ett sätt att förbättra graddagmetoden skulle därför vara att justera den med avseende på dessa vädervariabler. Vi har därför gjort försök till att modifiera graddagfaktorn beroende på luftfuktighet och vindstyrka.

Beträffande luftfuktigheten har utgångsteorin varit att den till snötäcket inkommande energin vid hög luftfuktighet huvudsakligen skulle gå till snösmältning, medan den vid låg luftfuktighet till en inte oväsentlig del också skulle gå till avdunstning. Eftersom ångbildningsvärmets

är stort skulle en sådan förklaring vara möjlig utan att för den skull vårflodsvolym i det senare fallet nämnvärt minskas av avdunstningen. Då relativa luftfuktigheten var lägre än den normala relativa fuktigheten ökades graddagfaktorn och tvärtom då relativa fuktigheten var lägre än sitt normalvärde. Några olika sätt att göra denna justering prövades och i figur 4a och 4b redovisas resultaten för 1983 och 1984, då justeringen gjordes enligt formeln $T_m \cdot (RH/RH_n)^2$, där T_m = modellens graddagtemperatur, RH = dygnsmedelvärdet av relativa fuktigheten och RH_n = normala relativa fuktigheten i april. Resultatet visade sig vara positivt. Den justerade graddagfaktorn var högre än den ordinarie i april 1983 och lägre i april 1984, dvs den justerade graddagfaktorn skulle kunna förbättra HBV-modellens snösmältning.

Vid test på andra vårflöden visade det sig emellertid att justeringen av graddagfaktorn ungefär lika ofta skulle ge en försämring som en förbättring av modellens vårflödesberäkning. I figur 5a och 5b redovisas resultaten 1988 och 1993, år då den justerade graddagfaktorn skulle ge försämring av modellberäkningen. Visserligen kan justeringsmetoden teoretiskt förfinas men resultatet var emellertid så nedslående att detta inte bedömdes ge någon förbättring av betydelse. Det verkar alltså som att en justering av graddagmetoden enbart med avseende på luftfuktigheten inte signifikant skulle kunna förbättra HBV-modellens simulering av vårfloden.

Vindstyrkan är en annan vädervariabel som bör påverka snösmältningen. Vid ökande vind blir omrörningen av luften vid snöytan större och därmed ökar värmeutbytet mellan luften och snön. Att avsmältningen därmed ökar är nog säkert, men att en justering av graddagfaktorn med avseende på vindstyrkan skulle ge signifikant förbättrad snösmältning i HBV-modellen är svårare att visa. Vi har visserligen inte gjort någon systematisk test av hur en sådan justering slår, men något entydigt samband verkar det inte finnas. Vissa år skulle en justering med avseende på vindstyrkan ge försämrade HBV-simulering av vårfloden.

Ovannämnda test att justera graddagfaktorn separat för luftfuktighet och vindstyrka har alltså inte pekat på någon framkomlig väg. Därmed är det inte sagt att det principiellt är en felaktig metod. En svårighet med metoden är att de observerade vädervariablerna inte är oberoende variabler. Lufttemperaturen är den klart viktigaste vädervariabeln för snösmältning, men hur man sedan skall kombinera och kvantifiera effekten av andra vädervariabler är osäkert. I den här undersökningen har det inte funnits utrymme till att testa en justering av graddagfaktorn annat än separat för luftfuktighet och i viss mån för vind samt endast i ett avrinningsområde.

Energibalansberäkningar

Den fullständiga energibalansen vid en snöyta består av följande värmeflöden: solinstrålning, netto långvågsstrålning, sensibelt värmeflöde och latent värmeflöde. I ett projekt som slutfördes 1988 skedde beräkningar med PROBE-modellen av sjöars temperaturförhållanden samt av sjöisars tillväxt och avsmältning (Sahlberg 1988). Denna PROBE version har använts i detta projekt för beräkning av värmebalansen vid en snöyta. Viss vidareutveckling har dock gjorts bl a genom att snöytans albedo låtits variera med en summerad lufttemperatur, på så sätt att ju högre värmesumman blir desto lägre blir albedot och därmed snösmältningen snabbare. Albedot har fått sjunka till en nedre gräns som satts till 0,5. Som jämförelse är albedot för ett istäcke typiskt 0,4.

De formuleringar på värmeflödena som används i PROBE-modellen behöver synoptiska meteorologiska ingångsdata på lufttemperatur, vindhastighet, relativ fuktighet och molning. Dessa data har därför extraherats var tredje timma från väderstationerna i närheten av Gimåns avrinningsområde dvs Hunge, Krångede och Fränsta. Som ett exempel visas i figur

2a och 2b hur molnigheten varierade under april 1983 respektive under april 1984. Vi ser att molnigheten varierade mer och i genomsnitt var betydligt lägre under 1984 än under 1983.

Beräkningarna med PROBE-modellen fick starta den 1 april för båda teståren 1983 och 1984. Modellen beräknade löpande snöytans temperatur, energibalansens olika komponenter samt eventuell snöavsmältning. I figur 3a och 3b visas hur värmeflödena varierade under april månad 1983 och 1984. Vi ser att variationerna i framförallt solinstrålningen är större 1984 än under 1983. Detta stämmer väl överens med att molnigheten var lägre 1984 jämfört med 1983, se figur 2a och 2b. Slutresultatet från beräkningarna redovisas i figurena 6a och 6b. HBV-modellens beräknade snötäcke jämförs där med det energibalansberäknade snötäcket. Kurvan för den energibalansberäknade snösmältningen startar från snömagasinets maxvärde, eftersom utgångspunkten för beräkningen utgörs av HBV-modellens snömagasin. Under 1983 startade avsmältningen samtidigt den 17 april i båda modellerna. Därefter följer avsmältningsskurvorna varandra. Avsmältningen med graddagsmetoden ger alltså samma resultat som den mer komplicerade energibalansmetoden. Däremot visar 1984 års vårflood stora skillnader mellan graddagsmetoden och energibalansmetoden, se figur 6b. I HBV-modellen började snötäcket smälta ordentligt den 8 april medan det enligt energibalansmetoden började smälta på allvar först den 15 april, med andra ord 7 dagar senare. Detta år visar tydligt att vårfloodens start skulle ha beräknats med större noggrannhet om energibalansmetoden hade använts.

Man kan inte dra slutsatsen att energibalansmetoden är bättre än graddagsmetoden då enbart två år har testats. Jämförelse med justeringen av graddagsmetoden med avseende på luftfuktigheten visar att enstaka år kan ge vilseledande resultat. Tyvärr har inte resurserna räckt till för att ytterligare studera ett antal år för att därmed kunna dra några säkra slutsatser. Den låga energibalansberäknade snösmältningen 7-14 april 1984, trots ganska höga lufttemperaturer, är emellertid intressant och visar på möjligheter.

Slutomdöme

De analyser vi gjort för att utröna varför HBV-modellen ibland missbedömer tidpunkten för vårfloodens start och överskattar eller underskattar hastigheten hos snösmältningen har inte lett till något konkret och användbart resultat. På grund av uppdragets begränsade resurser har dock inte analyserna kunnat göras så omfattande att de testade teorierna kan förkastas. Vi anser därför fortfarande att både den enklare metoden att justera graddagsfaktorn och den mer omfattande energibalansberäkningen borde ha möjligheter att ge förbättrade snösmältningsrutiner. Den här undersökningen visar liksom tidigare undersökningar att det är svårt att finna någon metod för att modellera snösmältning, som är bättre än ett enkelt graddags samband. Problemet kvarstår alltså!

En annan svåranalyserad och så vitt vi vet inte undersökt faktor är väderstationernas representativitet. Att temperaturen vid en station är något olika beroende på om den närmaste omgivningen är snötäckt eller har barmark är en känd faktor. Hur t ex påverkas snösmältningsmodelleringen av att stationerna får barmark medan huvuddelen av avrinningsområdet är snötäckt? Är detta dessutom väderberoende?

Referenser

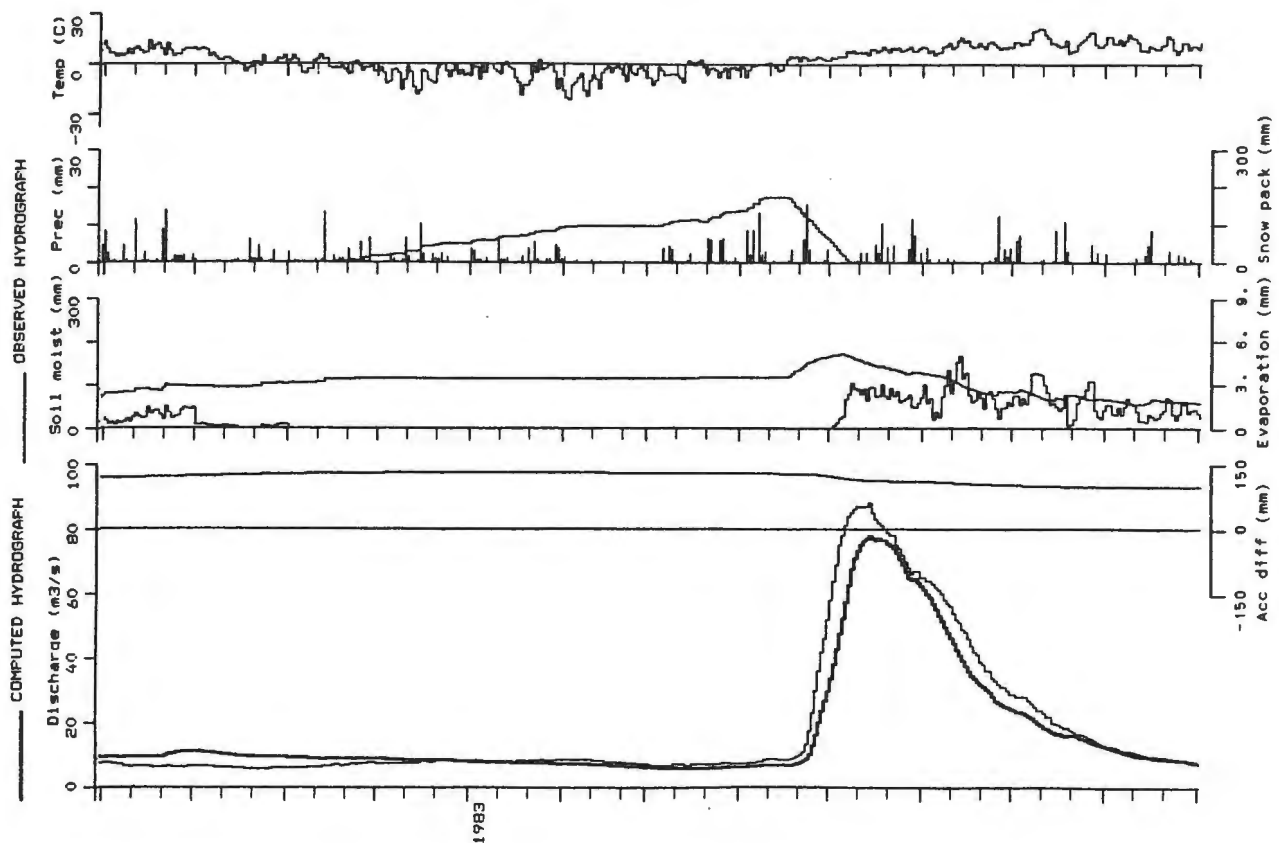
Andersson, L. 1990. Vårflodens start. Försök att förbättra HBV/PULS-modellernas snörutin. Vannet i Norden nr 4, 1990.

Arné, E. 1991. Simulering av vårflöden med HBV-modellen. SMHI Hydrologi, Rapport nr 32.

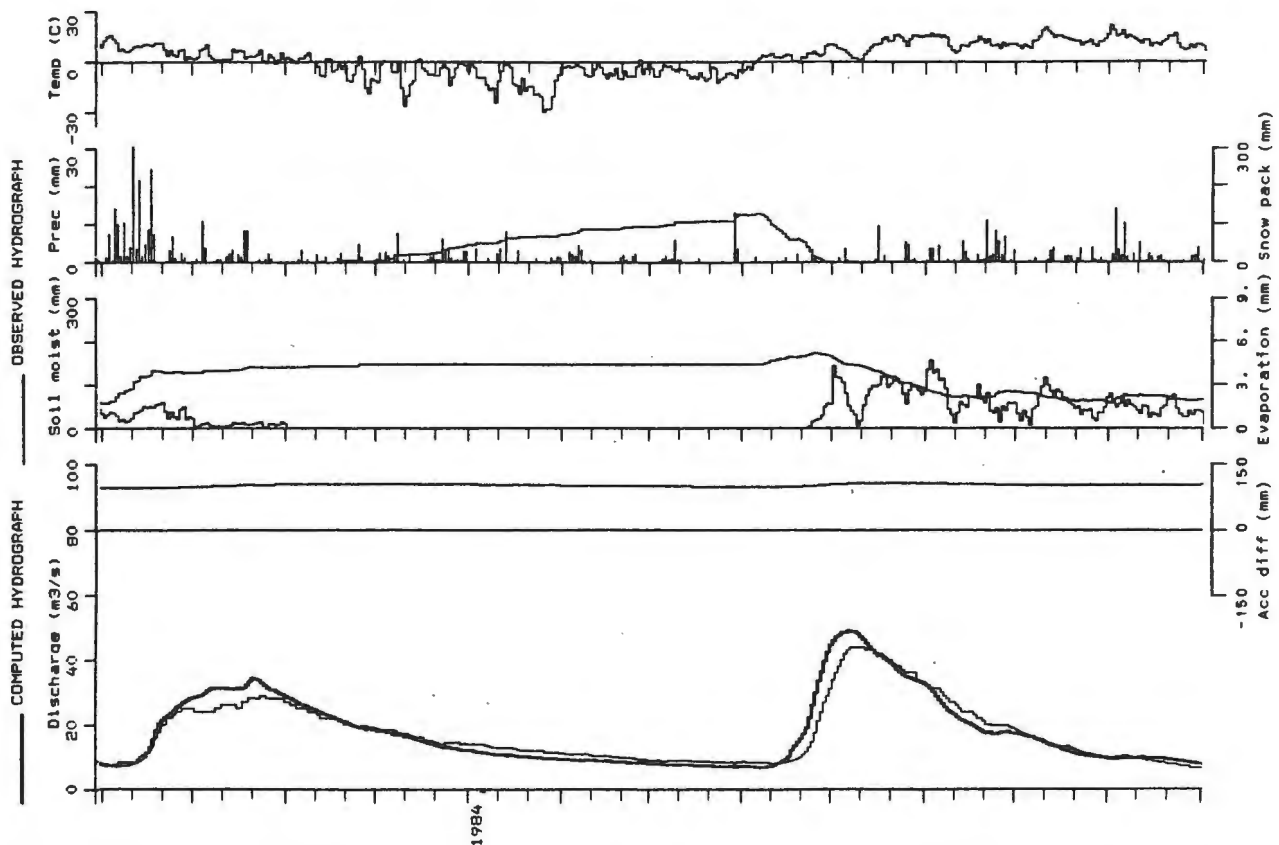
Sahlberg, J. 1988. Modelling the thermal regime of a lake during winter season. Cold Regions Science and Technology nr15, s151-159.

Sannebjörk, A. och Harlin, J. 1990. Vårflodens start. Prognosering med hjälp av små avrinningsområden och HBV-modellen. Vannet i Norden nr 4, 1990.

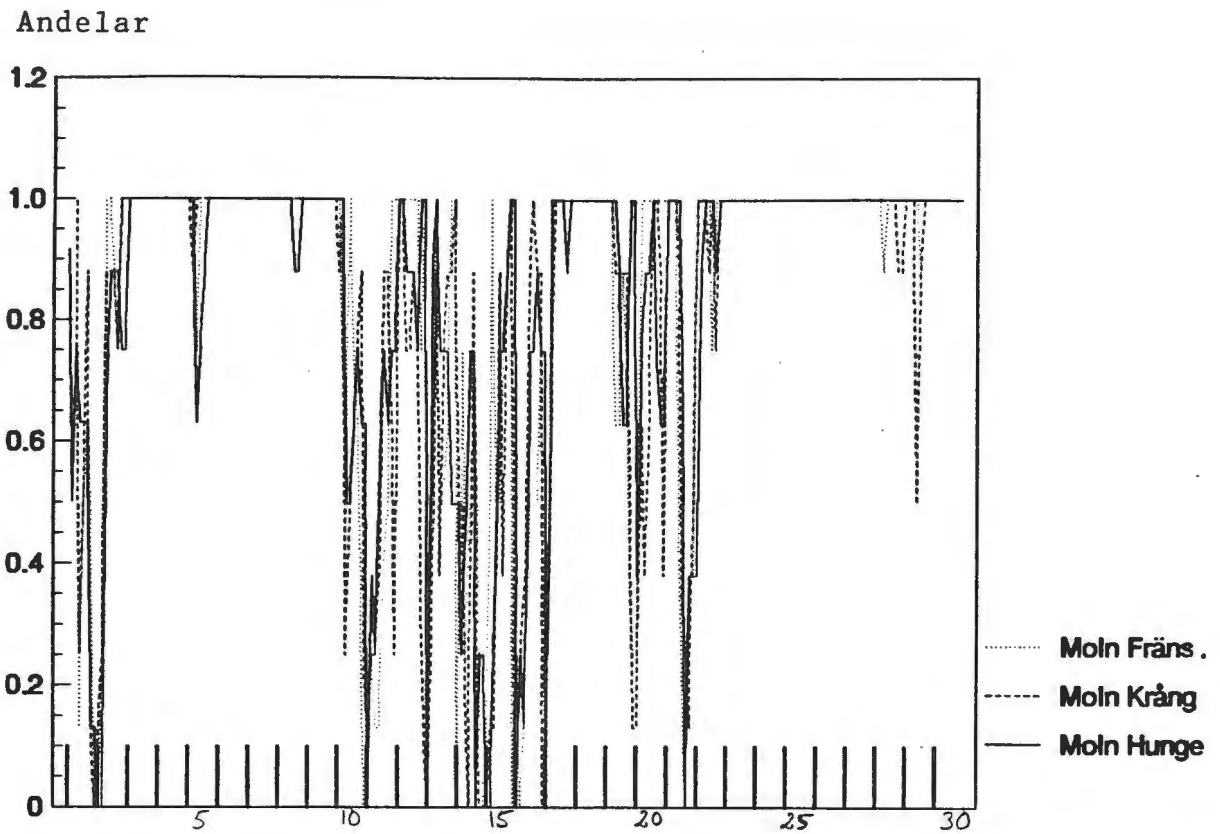
Vehviläinen, B. 1992. Snow cover models in operational watershed forecasting. National Board of Waters and Environment, Helsingfors.



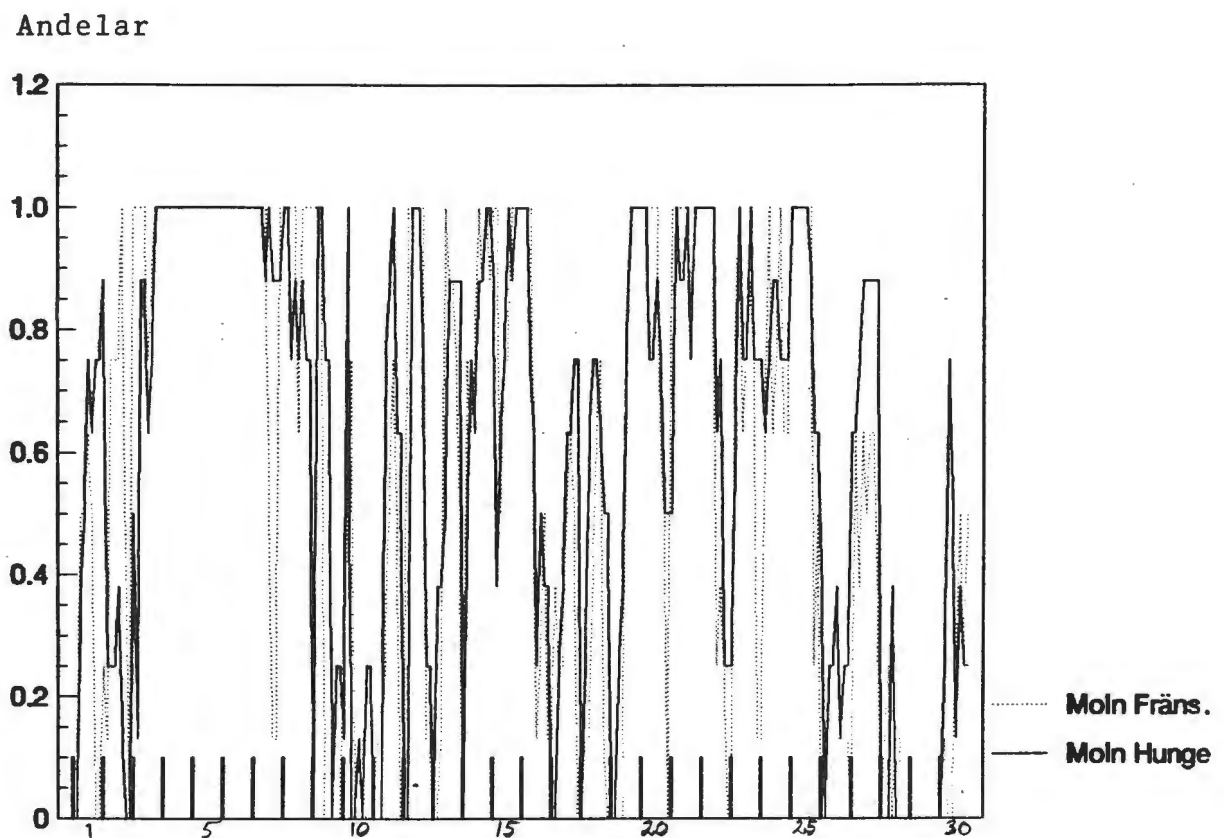
Figur 1a. Framkörning av HBV-modellen för perioden september 1982 - augusti 1983.



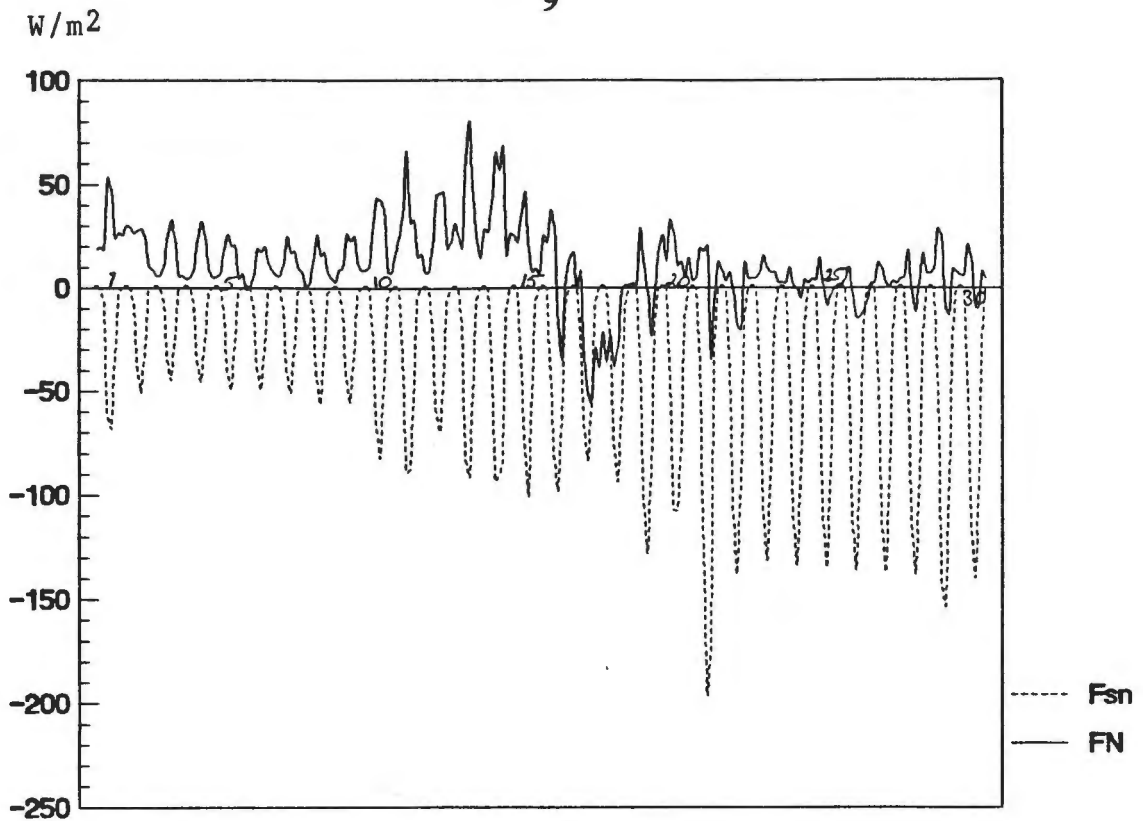
Figur 1b. Framkörning av HBV-modellen för perioden september 1983 - augusti 1984.



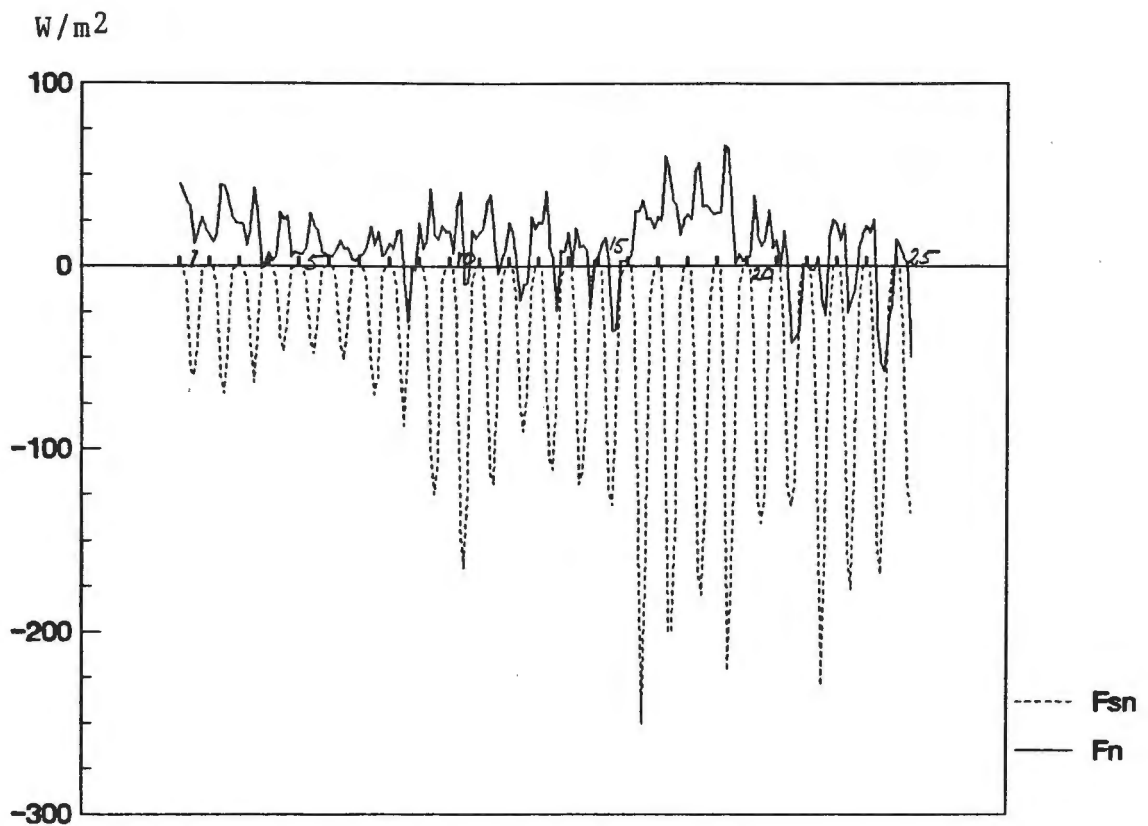
Figur 2a. Molnighet i april 1983 enligt väderstationerna Fränsta, Krångede och Hunge. Värdet 1.0 betyder att himmlen är helt molntäckt.



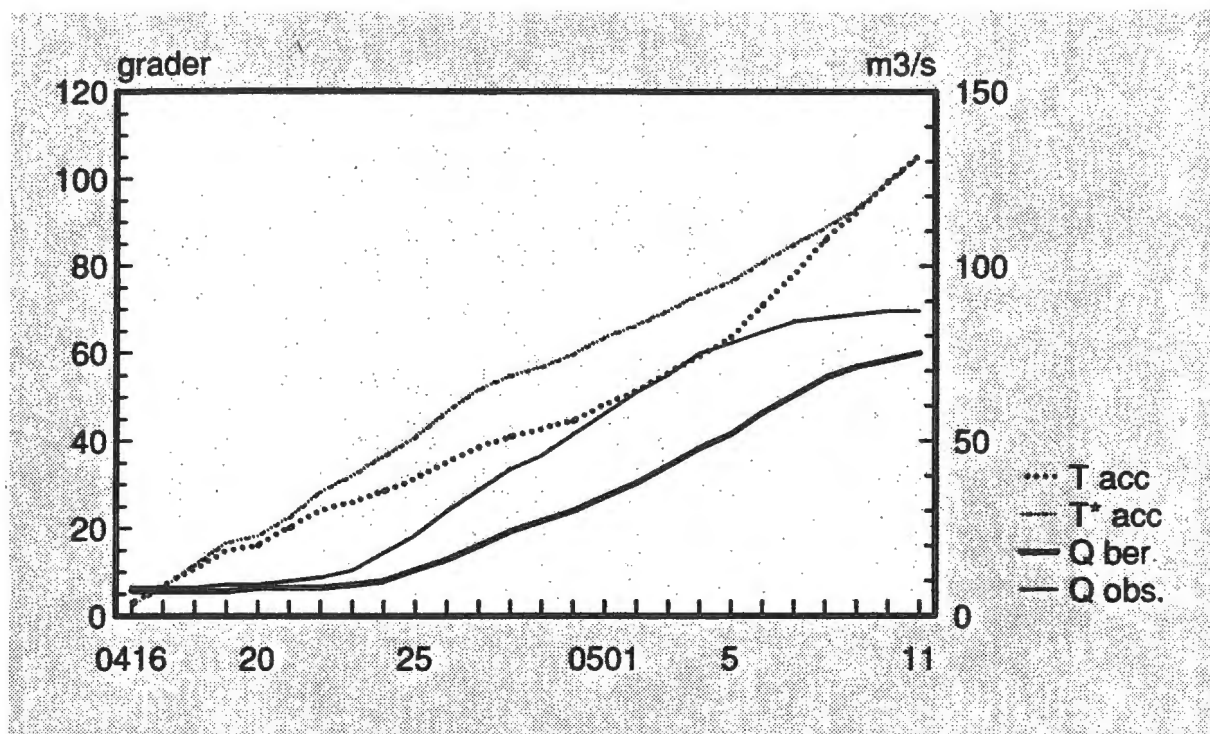
Figur 2b. Molnighet i april 1984 enligt väderstationerna Fränsta och Hunge. Värdet 1.0 betyder att himmlen är helt molntäckt.



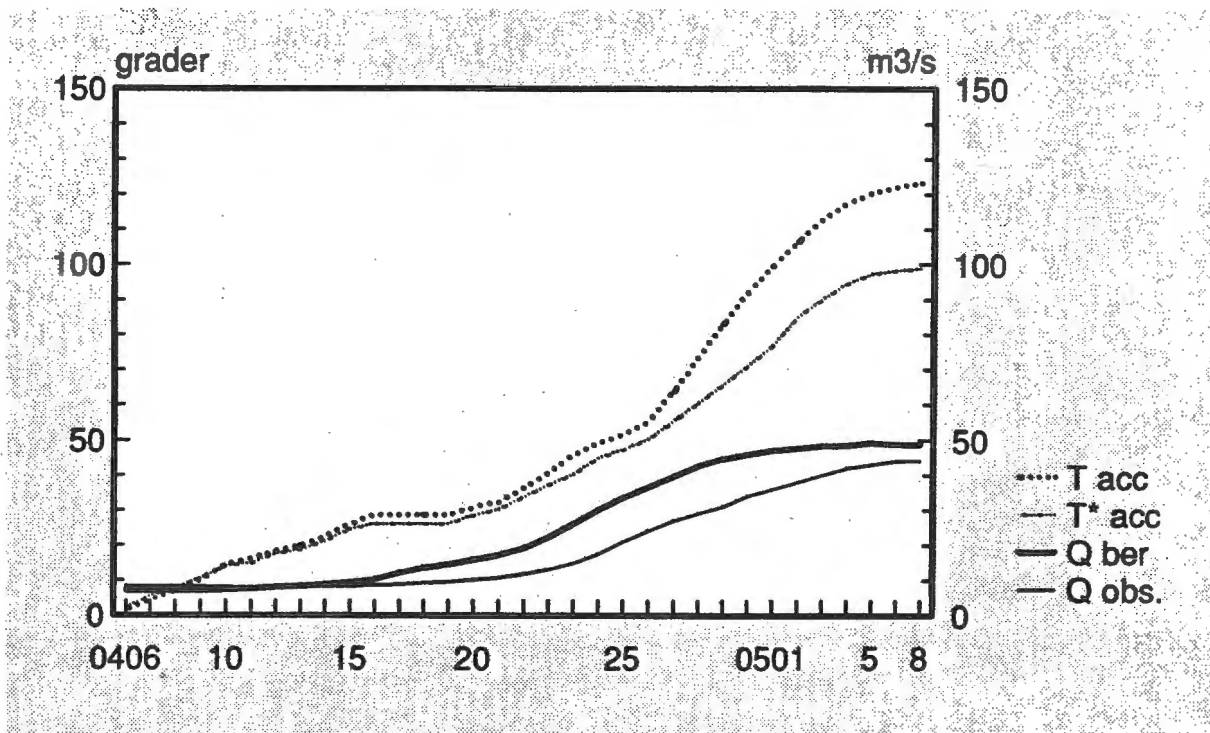
Figur 3a. Beräknat energiutflöde i april 1983 för snötäcket i Gimdalsbyns avrinningsområde. F_{sn} = solinstrålning, FN = summan av långvågsstrålning, avdunstning och sensibelt värme. Negativa flöden innebär värme-flöden in i snötäcket.



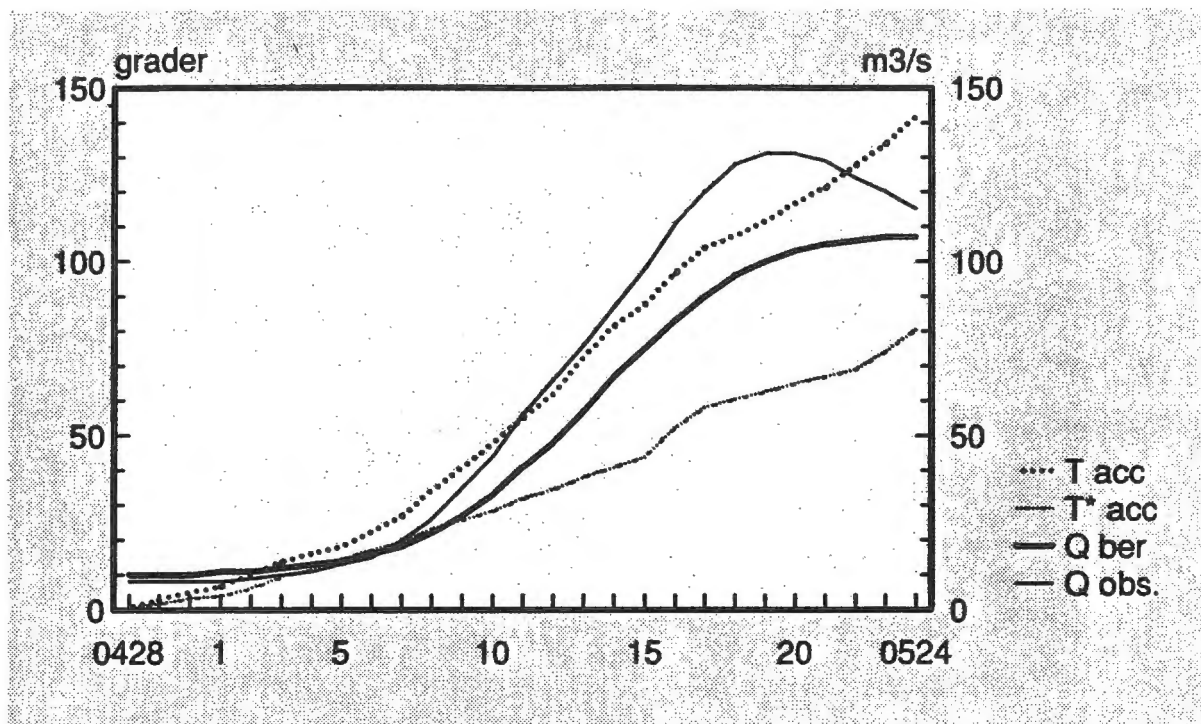
Figur 3b. Beräknat energiutflöde i april 1984 för snötäcket i Gimdalsbyns avrinningsområde. F_{sn} = solinstrålning, FN = summan av långvågsstrålning, avdunstning och sensibelt värme. Negativa flöden innebär värme-flöden in i snötäcket.



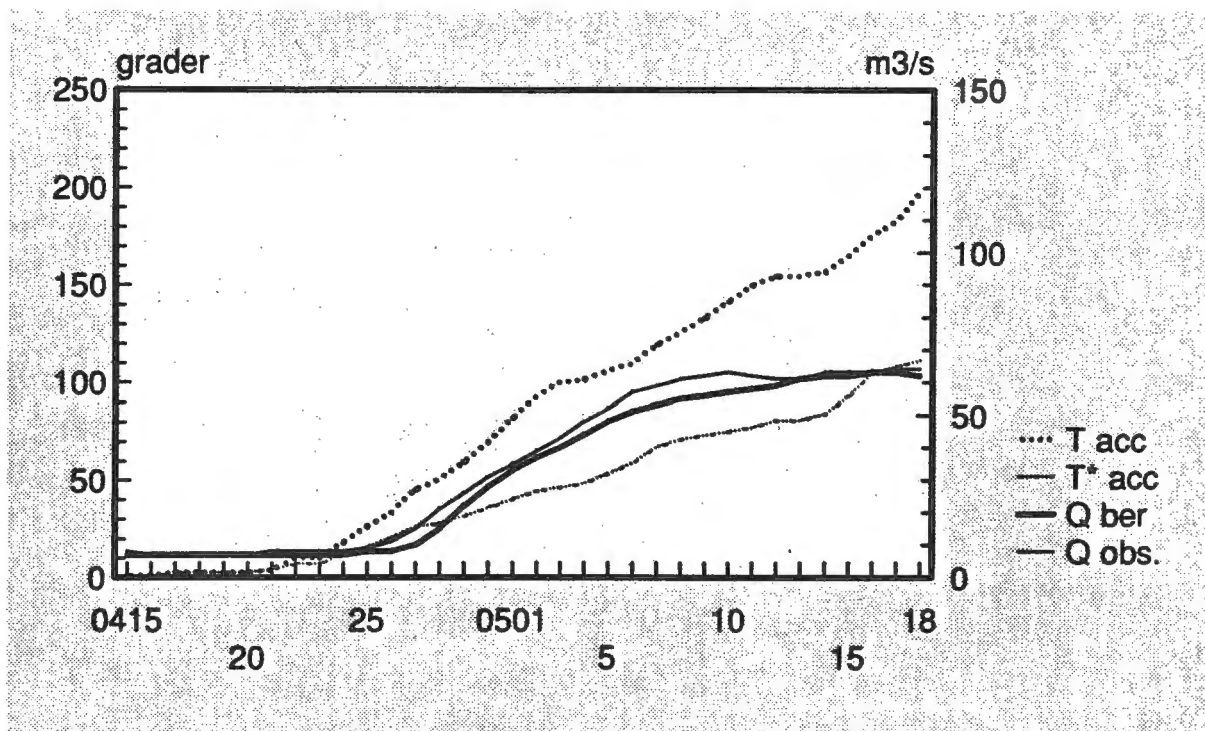
Figur 4a. Ackumulerade värden för Gimdalsbyn under vårfloden 1983 på graddagtemperatur till HBV-modellen, justerad graddagtemperatur med avseende på luftfuktighet, HBV-beräknad vattenföring och observerad vattenföring.



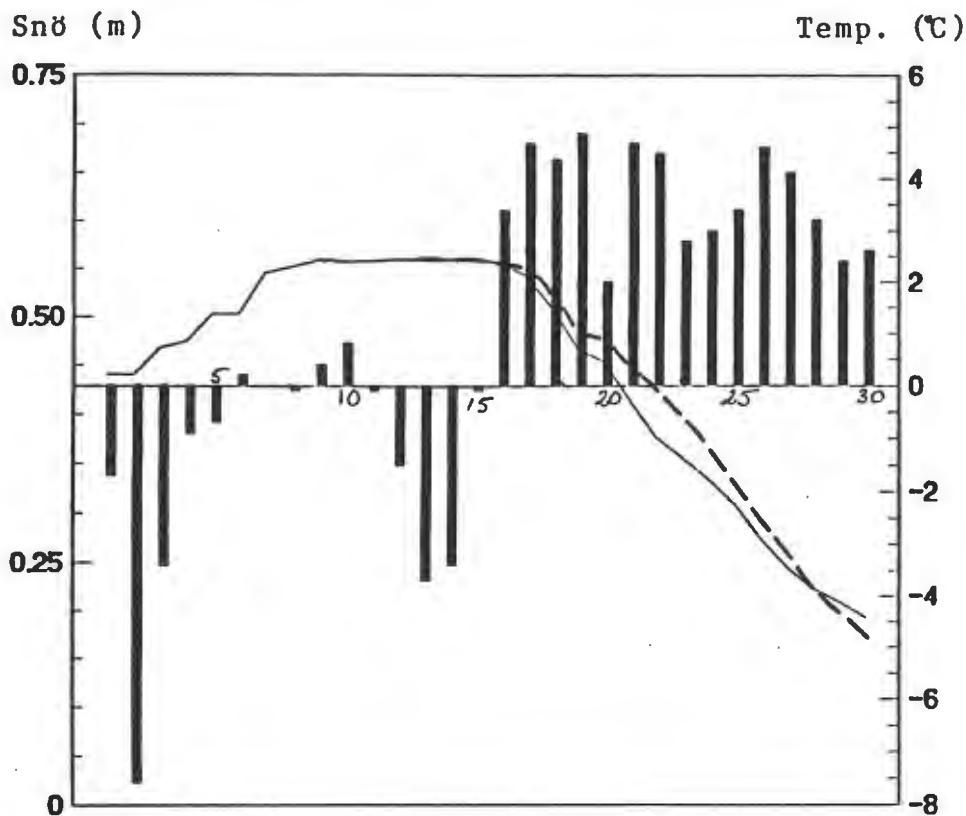
Figur 4b. Ackumulerade värden för Gimdalsbyn under vårfloden 1984 på graddagtemperatur till HBV-modellen, justerad graddagtemperatur med avseende på luftfuktighet, HBV-beräknad vattenföring och observerad vattenföring.



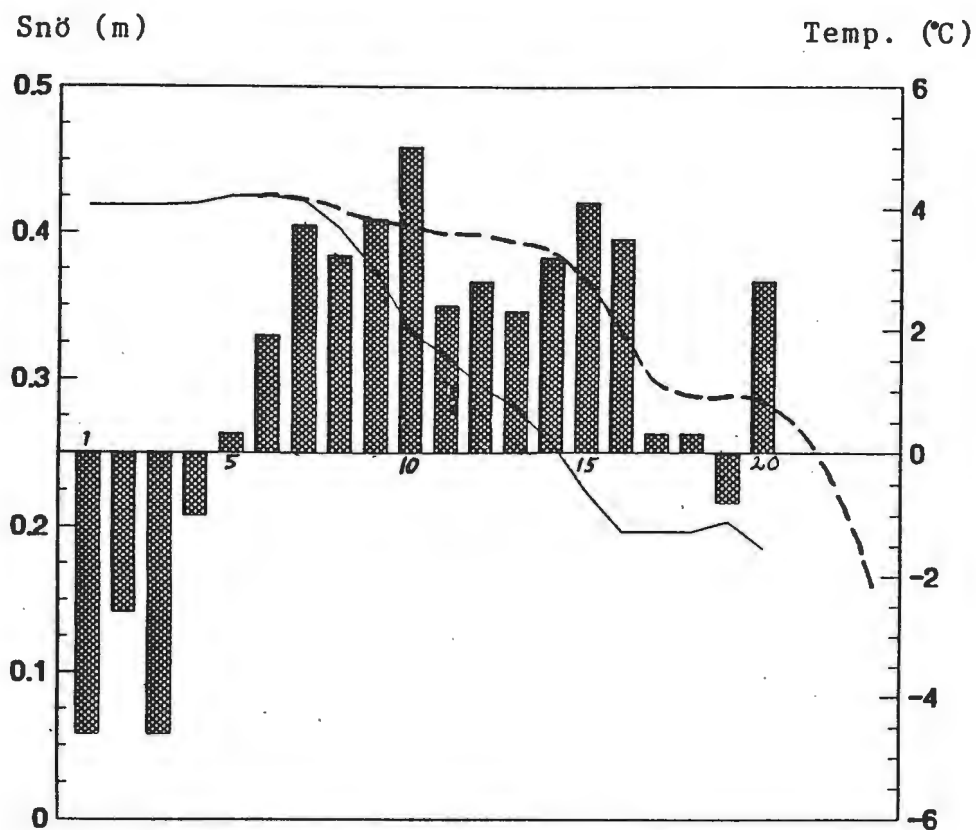
Figur 5a. Ackumulerade värden för Gimdalsbyn under vårfloden 1988 på graddagtemperatur till HBV-modellen, justerad graddagtemperatur med avseende på luftfuktighet, HBV-beräknad vattenföring och observerad vattenföring.



Figur 5b. Ackumulerade värden för Gimdalsbyn under vårfloden 1993 på graddagtemperatur till HBV-modellen, justerad graddagtemperatur med avseende på luftfuktighet, HBV-beräknad vattenföring och observerad vattenföring.



Figur 6a. HBV-modellens beräknade snömagasin 1983 (hel linje) jämfört med det energibalansberäknade snömagasinet (streckad linje) utgående samma startvärde. HBV-modellens lufttemperatur anges i form av staplar.



Figur 6b. HBV-modellens beräknade snömagasin 1984 (hel linje) jämfört med det energibalansberäknade snömagasinet (streckad linje) utgående samma startvärde. HBV-modellens lufttemperatur anges i form av staplar.

SMHI HYDROLOGI

Nr	Titel
1	Bengt Carlsson Hydrokemiska data från de svenska fältforskningsområdena. Norrköping 1985.
2	Martin Häggström och Magnus Persson Utvärdering av 1985 års vårflödesprognoser. Norrköping 1986.
3	Sten Bergström, Ulf Ehlin, SMHI, och Per-Eric Ohlsson, VASO Riktlinjer och praxis vid dimensionering av utskov och dammar i USA. Rapport från en studieresa i oktober 1985. Norrköping 1986.
4	Barbro Johansson, Erland Bergstrand och Torbjörn Jutman Skåneprojektet - Hydrologisk och oceanografisk information för vatten- planering - Ett pilotprojekt. Norrköping 1986.
5	Martin Häggström Översiktlig sammanställning av den geografiska fördelningen av skador främst på dammar i samband med septemberflödet 1985. Norrköping 1986.
6	Barbro Johansson Vattenföringsberäkningar i Södermanlands län - ett försöksprojekt. Norrköping 1986.
7	Maja Brandt Areella snöstudier. Norrköping 1986.
8	Bengt Carlsson, Sten Bergström, Maja Brandt och Göran Lindström PULS-modellen: Struktur och tillämpningar. Norrköping 1987.
9	Lennart Funkquist Numerisk beräkning av vågor i kraftverksdammar. Norrköping 1987.
10	Barbro Johansson, Magnus Persson, Enrique Aranibar and Robert Llobet Application of the HBV model to Bolivian basins. Norrköping 1987.

- | Nr | Titel |
|----|---|
| 11 | Cecilia Ambjörn, Enrique Aranibar and Roberto Llobet
Monthly streamflow simulation in Bolivian basins with a stochastic model.
Norrköping 1987. |
| 12 | Kurt Ehlert, Torbjörn Lindkvist och Todor Milanov
De svenska huvudvattendragens namn och mynningspunkter.
Norrköping 1987. |
| 13 | Göran Lindström
Analys av avrinningsserier för uppskattning av effektivt regn.
Norrköping 1987. |
| 14 | Maja Brandt, Sten Bergström, Marie Gardelin och Göran Lindström
Modellberäkning av extrem effektiv nederbörd.
Norrköping 1987. |
| 15 | Håkan Danielsson och Torbjörn Lindkvist
Sjökarte- och sjöuppgifter. Register 1987.
Norrköping 1987. |
| 16 | Martin Häggström och Magnus Persson
Utvärdering av 1986 års vårflödesprognoser.
Norrköping 1987. |
| 17 | Bertil Eriksson, Barbro Johansson, Katarina Losjö och Haldo Vedin
Skogsskador - klimat.
Norrköping 1987. |
| 18 | Maja Brandt
Bestämning av optimalt klimatstationsnät för hydrologiska prognoser.
Norrköping 1987. |
| 19 | Martin Häggström och Magnus Persson
Utvärdering av 1987 års vårflödesprognoser.
Norrköping 1988. |
| 20 | Todor Milanov
Frysförluster av vatten.
Norrköping 1988. |

- | Nr | Titel |
|----|---|
| 21 | Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval and Maria Elvira Vega
Application of the HBV model to the upper Río Cauca basin.
Norrköping 1988. |
| 22 | Mats Moberg och Maja Brandt
Snökartläggning med satellitdata i Kultsjöns avrinningsområde.
Norrköping 1988. |
| 23 | Martin Gotthardsson och Sten Lindell
Hydrologiskt stationsnät.
Svenskt Vattenarkiv
Norrköping 1989. |
| 24 | Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval y Maria Elvira Vega
Aplicacion del modelo HBV a la cuenca superior del Río Cauca.
Norrköping 1989. |
| 25 | Gun Zachrisson
Svåra islossningar i Torneälven. Förslag till skadeförebyggande åtgärder.
Norrköping 1989. |
| 26 | Martin Häggström
Anpassning av HBV-modellen till Torneälven.
Norrköping 1989. |
| 27 | Martin Häggström and Göran Lindström
Application of the HBV model to six Centralamerican rivers.
Norrköping 1990. |
| 28 | Sten Bergström
Parametervärden för HBV-modellen i Sverige.
Erfarenheter från modellkalibreringar under perioden 1975 - 1989.
Norrköping 1990. |
| 29 | Urban Svensson och Ingemar Holmström
Spridningsstudier i Glan.
Norrköping 1990. |
| 30 | Torbjörn Jutman
Analys av avrinningens trender i Sverige.
Norrköping 1991. |

- | Nr | Titel |
|----|---|
| 31 | Mercedes Rodriguez, Barbro Johansson, Göran Lindström, Eduardo Planos y Alfredo Remont
Aplicacion del modelo HBV a la cuenca del Río Cauto en Cuba.
Norrköping 1991. |
| 32 | Erik Arnér
Simulering av vårflöden med HBV-modellen.
Norrköping 1991. |
| 33 | Maja Brandt
Snömätning med georadar och snötaxeringar i övre Luleälven.
Norrköping 1991. |
| 34 | Bent Göransson, Maja Brandt och Hans Bertil Wittgren
Markläckage och vattendragstransport av kväve och fosfor i Roxen/Glan-systemet, Östergötland.
Norrköping 1991. |
| 35 | Ulf Ehlin och Per-Eric Ohlsson, VASO
Utbyggd hydrologisk prognos- och varningstjänst.
Rapport från studieresa i USA 1991-04-22--30.
Norrköping 1991. |
| 36 | Martin Gotthardsson, Pia Rystam och Sven-Erik Westman
Hydrologiska stationsnät/Hydrological network.
Svenskt Vattenarkiv.
Norrköping 1992. |
| 37 | Maja Brandt
Skogens inverkan på vattenbalansen.
Norrköping 1992. |
| 38 | Joakim Harlin, Göran Lindström, Mikael Sundby (SMHI) och Claes-Olof Brandesten (Vattenfall Hydropower AB).
Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer för dimensionering av hel älv.
Norrköping 1992. |
| 39 | Sten Lindell
Realtidsbestämning av arealnederbörd.
Norrköping 1993. |
| 40 | Svenskt Vattenarkiv
Vattenföring i Sverige. Del 1. Vattendrag till Bottenviken.
Under utgivning. |

Ne	Titel	H5
41	Svenskt Vattenarkiv Vattenföring i Sverige. Del 2. Vattendrag till Bottenhavet. Under utgivning.	
42	Svenskt Vattenarkiv Vattenföring i Sverige. Del 3. Vattendrag till Egentliga Östersjön. Norrköping 1993.	
43	Svenskt Vattenarkiv Vattenföring i Sverige. Del 4. Vattendrag till Västerhavet. Under utgivning.	
44	Martin Häggström och Jörgen Sahlberg Analys av snösmältningsförlopp. Norrköping 1993.	

SMHI Reports HYDROLOGY (RH)

- | Nr | Titel |
|----|---|
| 1 | Sten Bergström, Per Sandén and Marie Gardelin
Analysis of climate-induced hydrochemical variations in till aquifers.
Norrköping 1990 |
| 2 | Maja Brandt
Human impacts and weather-dependent effects on water balance and water quality in some Swedish river basins.
Norrköping 1990 |
| 3 | Joakim Harlin
Hydrological modelling of extreme floods in Sweden.
Norrköping 1992 |
| 4 | Sten Bergström
The HBV model - its structure and applications.
Norrköping 1992 |
| 5 | Per Sandén and Per Warfvinge
Modelling groundwater response to acidification.
Norrköping 1992 |
| 6 | Göran Lindström
Floods in Sweden — Trends and occurrence.
Norrköping 1993 |
| 7 | Sten Bergström and Bengt Carlsson
Hydrology of the Baltic Basin. Inflow of fresh water from rivers and land for the period 1950 - 1990.
Norrköping 1993 |
| 8 | Barbro Johansson
Modelling the effects of wetland drainage on high flows.
Norrköping 1993 |



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping. Tel 011-15 80 00. Telex 64400 smhi s.