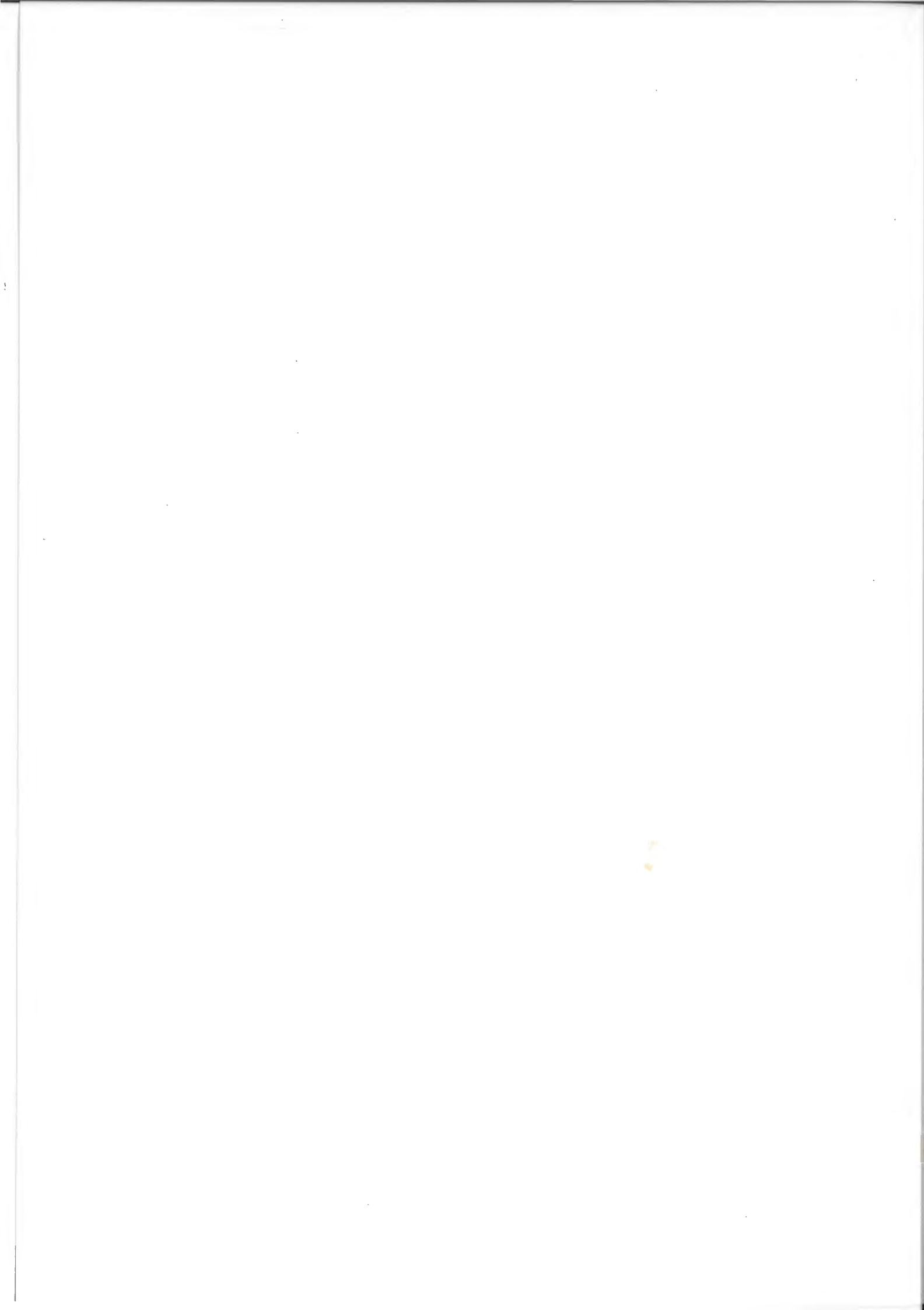




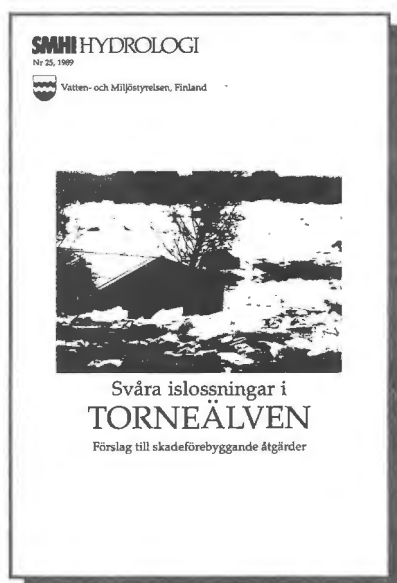
Anpassning av HBV-modellen till Torneälven



Anpassning av HBV-modellen till Torneälven

M Häggström

En underlags-
rapport till:



Arbetet är finansierat av
Länsstyrelsen i Norrbottens län och Statens Räddningsverk

INNEHÅLL

	Sid
FÖRORD	2
1. INLEDNING	3
2. HBV-MODELLEN	4
3. BESKRIVNING AV AVRINNINGSOMRÅDET OCH DESS KLIMAT	11
3.1 Avrinningsområdets karaktäristik	11
3.2 Klimat	14
4. MODELLANPASSNING TILL TORNEÄLVEN	15
4.1 Inledning i delområden	15
4.2 Indata	17
4.3 Kalibrering	20
4.4 Prognoser	24
5. SAMMANFATTNING	28
REFERENSER	29
Bilaga 1: Diskussion om fel hos vattenföringsberäkningen för Torneälven som kan ha förorsakats av ofullkomligheter i HBV-modellens struktur.	
Bilaga 2: Jämförelse mellan observerad och med HBV-modellen beräknad vattenföring vid Pajala och Karunki under vårfloden 1989. Modellen ej uppdaterad.	
Bilaga 3: Motsvarande som för bilaga 2 men med uppdaterad modell.	
Bilaga 4: Vattenföringsprognoser 10 dygn för Torneälven vid Karunki under vårfloden 1989.	
Bilaga 5: Långtidsprognoser av vattenföring för Torneälven vid Karunki under vårfloden 1989.	

FÖRORD

Torneälven, som är gränsflod mellan Sverige och Finland, har ofta problem med att isproppar bildas under vårfloden. Ispropparna dämmer upp vattnet med översvämningar som följd. Dessutom förorsakar de upptornade ismassorna skador på byggnader och annat som kommer i dess väg. Under senare år har det varit svåra isproppsproblem 1984, 1985 och 1986.

Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) i Sverige och Vatten- och Miljöstyrelsen i Finland har på grund av isproppsproblemen under de tre senaste åren arbetat med ett åtgärdsprogram. Detta har omfattat dels ett prognos- och varningssystem för vårflod och issituation och dels förslag till skadeförebyggande tekniska åtgärder. Föreliggande rapport beskriver SMHIs bidrag till prognossystem för vårfloden.

Vatten- och Miljöstyrelsen har också byggt upp ett system för vårflodsprognoser i Torneälven. De svenska och finska prognossystemen baseras på samma grundmodell men skiljer sig för övrigt något. Man gör på SMHI resp på Miljö- och Vattenstyrelsen separata prognoser men utbyter vanligen prognosresultat och samråder om bedömningen. Hittills har samarbetet främst skett med Bertel Vehviläinen, som anpassat det finska prognossystemet till Torneälven.

Ett flertal personer på SMHI har hjälpt till att färdigställa prognosmodellen för Torneälven. Speciellt måste nämnas Magnus Persson, som ansvarat för nödvändiga programändringar i prognossystemet. Gun Zachrisson, som ansvarar för totala åtgärdsprogrammet för Torneälven, har bidragit med värdefulla upplysningar. Utskriften av rapporten har gjorts av Gun Sigurdsson medan Agneta Lindblad och Anita Bergstrand renritat figurerna.

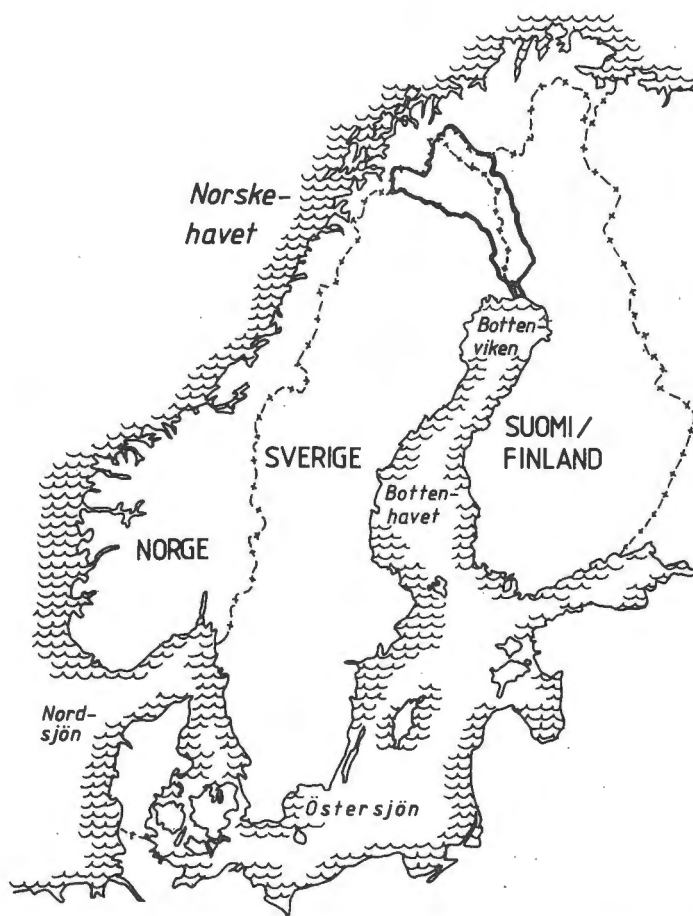
Norrköping i augusti 1989

Martin Häggström

1. INLEDNING

HBV-modellen, som är en på SMHI utvecklad avrinningsmodell, har anpassats till Torneälven. Med modellen kan vattenföringen beräknas utgående från nederbörd och lufttemperatur som indata. Det geografiska läget av Torneälvens avrinningsområde kan ses i figur 1.

Huvudsyftet med modellanpassningen har varit att få en metod att göra vårflodsprognoser för Torneälven. Speciellt är det den första fasen av vårfloden, då islossningen inträffar, som är av intresse. Med prognoser på vattenföringsutvecklingen som underlag kan man nämligen göra vidare prognoser på när islossningen äger rum. Stor betydelse har takten i vattenföringsökningen, eftersom den till en del bestämmer islossningens svårighetsgrad.

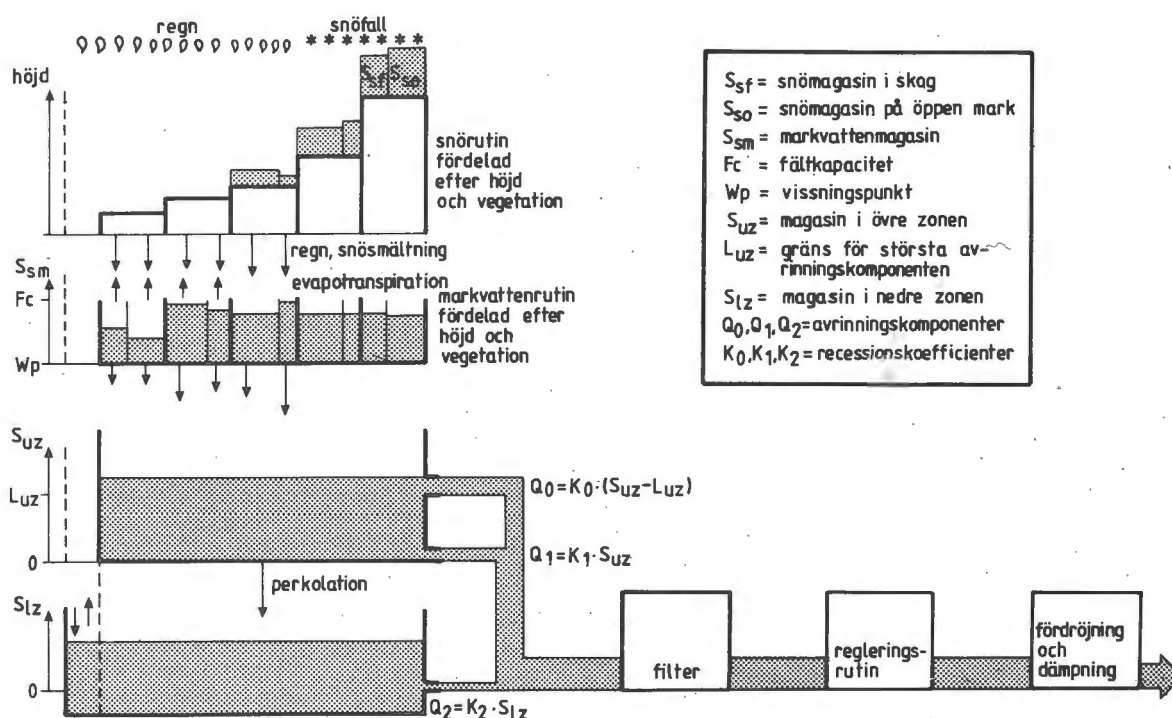


Figur 1. Geografiska läget av Torneälvens avrinningsområde.

2. HBV-MODELLEN

HBV-modellen är en begreppsmässig avrinningsmodell för kontinuerlig beräkning av vattenföring. Den har utvecklats på SMHI (Bergström, 1976) och består av ett antal beräkningsrutiner. Modellens struktur är relativt enkel och datorbehovet och indatakraven är moderata. Ett komplett prognosystem baserat på HBV-modellen har utvecklats vid SMHI för interaktiv användning på persondator.

Stora och heterogena avrinningsområden bör i modellen delas upp i delområden. Varje delområde kan sedan vidareuppdelas i zoner med avseende på höjdläge. Höjdzonerna kan delas in i vegetationszoner, varvid man i regel skiljer mellan skog och öppen mark. HBV-modellens struktur inom ett delområde visas i figur 2.

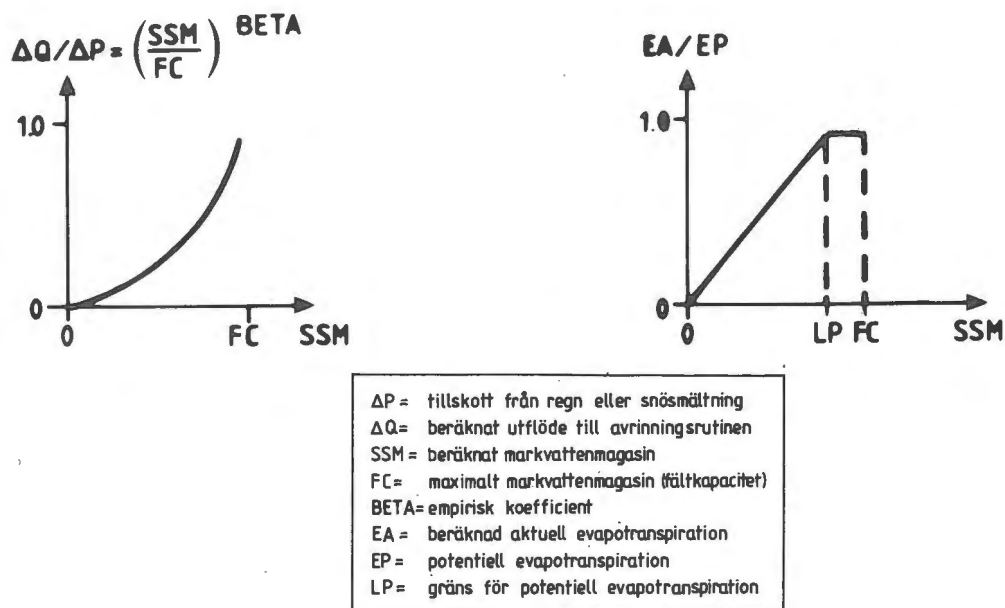


Figur 2. HBV-modellens basstruktur

Vanligtvis körs HBV-modellen med tidssteg av längden 1 dygn men kortare tidssteg ned till 1 timme kan användas. Indata utgörs av nederbörd och lufttemperatur mätt över samma perioder som modellens tidssteg, dvs vanligtvis dygnssummor av nederbörd och dygnsmedeltemperatur. För varje delområde görs en separat viktning av indatastationerna. Ett höjdberoende kan anbringas på både nederbörd och lufttemperatur. Detta korrigerar indata från den viktade medelhöjden för de använda stationerna till medelhöjden för respektive höjdzon. Dessutom finns det en allmän korrektionsparameter för nederbörden, som kan användas för att korrigera nederbörden, då stationerna inte är representativa för delområdet.

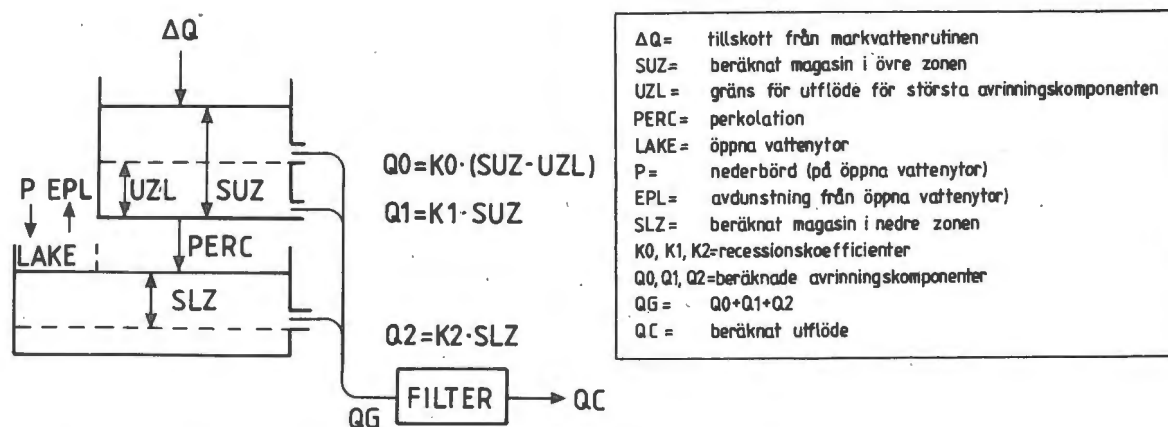
Modellens snörutin reglerar snöackumulation och snösmältning och arbetar separat inom varje höjdzon och vegetationszon. Den ger att nederbörden ackumulerar som snötäcke, då lufttemperaturen ligger under ett tröskelvärde, och snösmältning då temperaturen är över tröskelvärdet. Snösmältningens hastighet styrs med en graddagparameter. Det finns också en annan graddagparameter, som styr återfrysning av smältvatten i snötäcket.

Markvattenrutinen kontrollerar huvuddelen av avrinningsbildningen. Den arbetar separat för varje höjdzon och vegetationszon. Rutinen baseras på tre empiriska parametrar, BETA, FC och LP, vilket visas i figur 3. BETA styr fördelningen mellan inflödet i avrinningsrutinen (Q) och ökningen av markvattenhalten ($1 - Q$). För att undvika problem med ej linjaritet, matas rutinen i millimetersteg med vatten från regn eller snösmältning. Rutinen resulterar i ett litet tillskott till avrinningen då marken är torr och ett stort tillskott då markförhållandena är våta. FC är maximala markvattenhalten i modellen och LP är den markvattenhalt ovan vilken evapotranspirationen når sitt potentiella värde (EP). Den aktuella evapotranspirationen (EA) ökar med ökande markvattenhalt enligt ett linjärt samband.



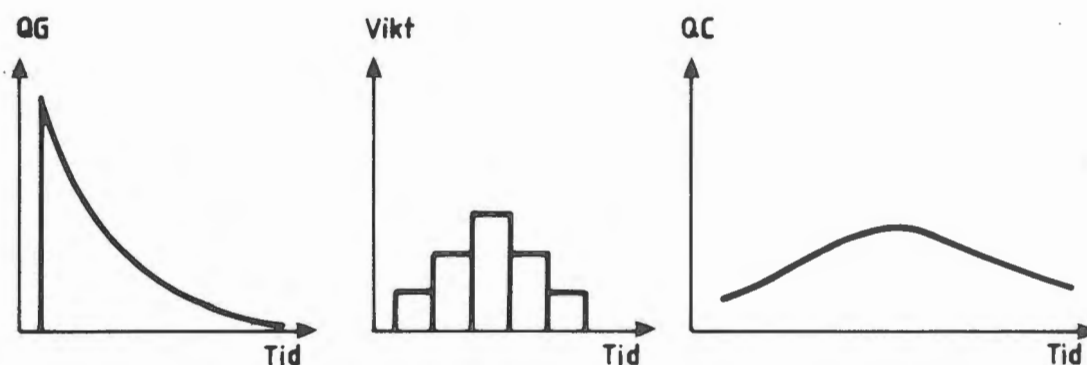
Figur 3. Schematisk presentation av markvatten och avdunstningsberäkningen i HBV-modellen.

Överskottsvatten (Q) från markvattenrutinen går till avrinningsrutinen eller som den också kallas modellens responsfunktion. Denna arbetar på delområdesbasis och styr magasinering och dämpning av avrinningen och därmed hur snabbt flödesförloppet skall bli, se figur 4. Effekterna av nederbörd och avdunstning på öppna vattenytor (LAKE) inkluderas. Rutinen består av två reservoarer, som med hjälp av recessionskoefficienter fördelar avrinningsbildningen i tiden och ett filter för att fördröja och utjämna flödet.



Figur 4. Avrinningsrutinen i HBV-modellen.

Den lägre reservoaren representerar den grundvatten- och sjömagasinering som bidrar till basflödet. Utflödet kontrolleras av recessionskoefficienten K_2 . Om tillflödet (Q) från markvattenmagasinet överskrider perkolationskapaciteten (PERC), kommer den övre reservoaren att börja fyllas och dräneras av koefficienten K_1 . Detta representerar mer ytligt grundvatten. När magasinet överskrider UZL, startar en ännu snabbare dränering styrd av koefficienten K_0 . Det sammanlagda utflödet från reservoarerna (Q_G) passerar genom ett enkelt filter med en triangulär viktsfördelning, se figur 5. Filtret representerar att vattnet har olika rinntid från olika delar av delområdet för att nå utflödespunkten.



Figur 5. Presentation av avrinningsfiltrets effekter i HBV-modellen.

Magasineringen i en sjö eller ett regleringsmagasin, som finns i utloppet av ett delområde, kan tas hänsyn till med en speciell regleringsrutin. Utflödet styrs med en eller flera vattenstånds-vattenföringsrelationer till vilka olika regleringsvillkor kan sättas, som bestämmer hur tappningen skall ske. Man kan bl a ta hänsyn till varierande regleringsgränser under året och regelbundet årstidsberoende tappning. Utflödet kan också styras av tillrinningen och modifieras av snömagasinet.

Utflödet från de olika delområdena adderas i den ordning de bidrar till totala flödet i vattendraget. Den fördröjning och utjämning av flödet,

som sker i flodfåran på sträckan fram till nedströmsliggande delområdets utloppspunkt, tas i beaktande med en speciell beräkningsrutin. Denna baseras på Muskingums metod för flödestransformering i vattendrag.

HBV-modellen kalibreras med ett manuellt förfarande. Vanligen är en 5-10 årsperiod med data tillräcklig. Genom att justera parametervärdena försöker man vid kalibreringen att undan för undan förbättra överensstämmelsen mellan modellberäknad och observerad hydrograf. För att bedöma anpassningen används främst följande tre kriteria:

1. Visuellt jämförelse mellan modellberäknad och observerad hydrograf.
2. Kontinuerlig registrering av den ackumulerade skillnaden mellan modellberäknad och observerad hydrograf.
3. Den förklarade variansen uttryckts som:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n [Q_{\text{comp}}(t) - Q_{\text{obs}}(t)]^2}{\sum_{t=1}^n [Q_{\text{obs}}(t) - \overline{Q_{\text{obs}}}]^2}$$

där: Q_{comp} = modellberäknad vattenföring (m^3/s),
 Q_{obs} = observerad vattenföring (m^3/s),
 t = tidsvariabel (vanligtvis dygn)
 n = antal tidssteg

$\overline{Q_{\text{obs}}}$ = den observerade vattenföringens medelvärde för aktuell period.

Det första kriteriet är det viktigaste. Vid den visuella jämförelsen kan man också ta speciell hänsyn till det som är av störst betydelse för den aktuella modellenpassningen. Det kan till exempel vara flödestoppar, om huvudändamålet med modellenpassningen är prognoser för flödesvarningar. Förutom ovanstående kriteria kan jämförande uppritningar av varaktighetskurvorna för den modellberäknade och den observerade vattenföringen vara till stöd för kalibreringen. Det är önskvärt att spara några års data för en oberoende testperiod.

HBV-modellen används i regel för prognosändamål. Innan man gör en prognos körs modellen på observerade data fram till och med tidssteget (dygnet) före första prognostidssteget. Om det finns en tydlig differens mellan den modellberäknade och den observerade hydrografen, kan uppdatering av modellen övervägas. HBV-modellen uppdateras genom justeringar av antingen några dagars indata eller modelltillståndet med avsikt att reducera differensen. Uppdateringsproceduren är en manuell iterativ procedur, och vanligtvis accepteras den modellberäknade hydrografen efter några få körningar. För snösmältningsförhållanden finns det också en halvautomatisk procedur för uppdatering av temperaturen. Man skall vara något försiktig med uppdatering och medveten om att uppdateringsproceduren kan introducera nya fel.

HBV-modellen kan användas både för korttidsprognoser och långtidsprognoser.

Korttidsprognoserna har sin största användning vid flödessituationer. Vattenföringsutvecklingen prognoseras fram till det kulminationen har passerat. En meteorologisk prognos används för indata, och det finns möjlighet att använda alternativa nederbörds- och temperatursekvenser i samma körning. Detta är ofta önskvärt beroende på den låga tillförlitligheten för längre meteorologiska prognoser och då speciellt för nederbördsprognoser. För snösmältningsförhållanden är det ofta mest användbart att köra modellen med ett antal temperaturalternativ.

Långtidsprognoser används huvudsakligen för två ändamål: Förutsägelse av flödestopp och av avrinningsvolym. För reglering av vattenkraftmagasin är tillrinningsvolymen fram till ett förutbestämt datum ofta av störst intresse, medan intresset i andra områden koncentreras mot fördelningen av flödestoppar. Det senare är naturligtvis mest betydelsefullt, om höga flöden är huvudproblemet. För andra floder kan prognoser på lågvattenfö-

ringen vara det viktigaste. Modellen använder nederbörds- och temperaturdata från motsvarande datum under tidigare år som indata för ett antal simuleringar. I regel används data från minst 10 år, men ofta från 20 år eller mer. Genomsnittsvärdet utgör prognosen, som alltså baseras dels på tillståndet i modellmagasinen vid prognostillfället och dels på de senaste årens klimat under prognosperioden. Fördelningen av de olika simuleringarna ger underlag för en statistisk tolkning som bifogas prognosen.

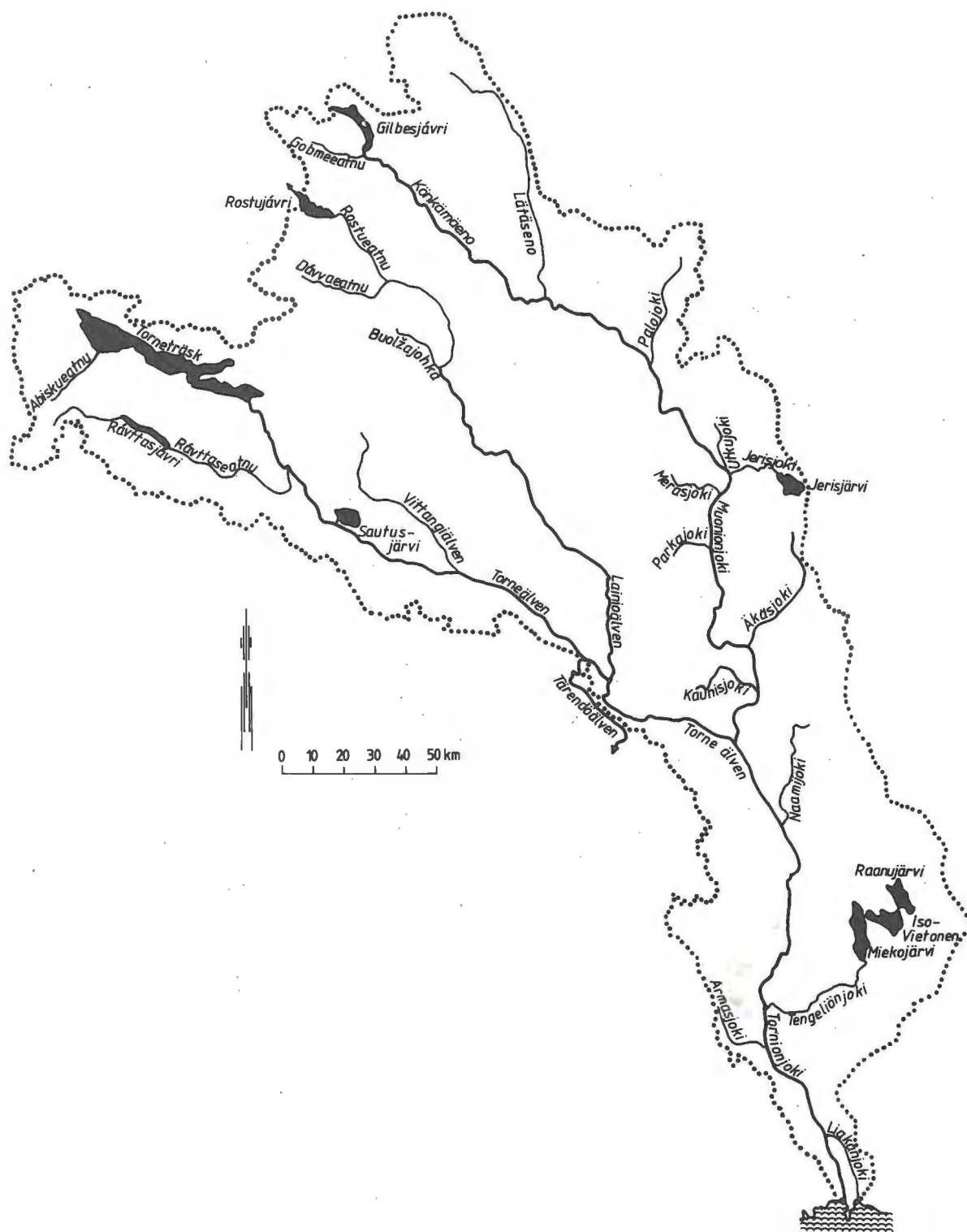
3. BESKRIVNING AV AVRINNINGSSOMRÅDET OCH DESS KLIMAT

3.1 Avrinningsområdets karaktäristik

Torneälven är en av de största floderna i Norden med ett totalt avrinningsområde på ca 40 200 km². På grund av bifurkationer är dock det effektiva avrinningsområdet mindre eller ca 34 500 km². Torneälven har sina källflöden i Skandinaviska fjällkedjan i gränsområdet mellan Sverige, Finland och Norge. Mynningen sker i norra änden av Bottenviken. Till ca 57 % ligger det effektiva avrinningsområdet i Sverige medan Finland har 42 % och Norge 1 %. Gränsen mellan Sverige och Finland följer nedre delen av Torneälven och huvudtillflödet Muonioälven. I figur 6 finns en karta över avrinningsområdet, där de viktigaste sjöarna och vattendragen har angetts.

Helt övervägande delen av Torneälvens avrinningsområde ligger på en flack urberggrund täckt med moränjor. Områdets västligaste del har dock yngre bergarter geologiskt tillhörande fjällkedjan och betydande områden med kalt berg eller mycket tunnt moräntäcke. Karaktäristisk vegetationstyp för större delen av avrinningsområdet är barrskog med stor andel myrmark. I övre delen av avrinningsområdet finns också betydande områden med fjällbjörkskog och kalfjäll. Mindre än 1 % av avrinningsområdet består av jordbruksmark, som främst är belägen i den breda dalgången omkring älvens nedre lopp. (Sammandrag från Hjort, 1971.)

Sjöandelen i Torneälvens avrinningsområde är drygt 4 % med Torneträsk som den ojämförligt största sjön. Den är belägen i områdets fjälldel och har en areal av 322 km². Övre delen av flodsystemet består av tre huvudgrenar: Torneälven, Lainioälven och Muonioälven vilka rinner i sydostlig till sydlig riktning. Vattenföringsmässigt viktigast är Muonioälven trots att den namnmässigt är en biflod. Vid sammanflödet har Muonioälven en medelvattenföring av 160 m³/s och huvudälven 135 m³/s. Älvens nedre



Figur 6. Huvuddräneringsmönstret i Torneälvens avrinningsområde.

del rinner i sydlig riktning och passerar genom ett par stora sel. Vid älvens utlopp i Bottenviken finns ett deltaområde och totala vattenföringen är där ca $375 \text{ m}^3/\text{s}$.

Bifurkationer utgör ett viktigt inslag i Torneälvens dräneringssystem. Den mest betydande bifurkationen finns vid Junosuando där i genomsnitt 57 % av övre Torneälvens vattenföring avleds via Tärendöälven till Kalixälven. Därmed förlorar Torneälven i medeltal ca $83 \text{ m}^3/\text{s}$ vilket motsvarar 22 % av totala vattenföringen vid utloppet. En annan betydande bifurkation finns i nedre delen av älven nära Karunki, där Liakanjoki avleder i medeltal $23 \text{ m}^3/\text{s}$ från huvudälven. Detta medför att vattenföringen vid Tornio-Haparanda är något lägre än vid Karunki. Liakanjoki har dock sitt utlopp i samma deltaområde som huvudälven. Övriga bifurkationer är av mindre betydelse men nämnas kan att sjön Rostujavri har två utlopp varav ca 60 % eller $3 \text{ m}^3/\text{s}$ i medeltal avvattnas mot Norskehavet.

Torneälven och dess huvudbiflöden är oreglerade men inom avrinningsområdet finns vissa vattenregleringar varav främst i Tengeliönjoki. Regleringarna beräknas emellertid inte i någon högre grad påverka vattenföringen i huvudälven. För flottningsändamål fanns tidigare ett stort antal små regleringsdammar i tillflödena. Numera är dock dessa i allmänhet utrivna. En annan mänsklig verksamhet som i betydande grad kan påverka avrinningsförloppet är det allt intensivare skogsbruket. En viktig faktor därvidlag torde vara att man under senare år har dikat stora arealer skogs- och myrmark. Det gör att dräneringen underlättas och att huvudälvarna därmed bör svara snabbare på tillflödet från regn och snösmältning.

Förutom ovannämnda faktorer torde mänskliga aktiviteter inte ha så stor betydelse för avrinningsförloppet i Torneälven. Befolkningstätheten är nämligen låg eller ca $2 \text{ invånare}/\text{km}^2$. I huvudsak bor man i nära anslut-

ning till älvarna medan mellanliggande områden närmast kan betecknas som ödemark. Största befolkningskoncentrationen finns i nedre delen av älvdalen med bl a tvillingstäderna Tornio och Haparanda samt ett flertal mindre tätorter och byar. Största enskilda tätort är emellertid gruvstaden Kiruna i övre delen av avrinningsområdet.

3.2 Klimat

Torneälvens avrinningsområde ligger i ett gränsområde mellan utpräglat maritimt klimat i väster och kontinentalt i öster. Årsmedeltemperaturen är ungefär 0 °C i områdets centrala del med något varmare vid kusten och kyligare i de högre belägna områdena i norr. Kallaste månaderna är januari och februari och varmast är juli. Amplituden mellan kallaste och varmaste månadstemperatur ökar från väster till öster på grund av avtagande maritimt inflytande. I områdets centrala del är medeltemperaturen för januari ca -13 °C och för juli 14 °C.

Nederbörds klimatet präglas av att området ligger på läsidan av Skandinaviska fjällkedjan i förhållande till de nederbördsalstrande sydvästvindarna. Detta gör att den observerade årsnederbörden är under 400 mm i ett stort område öster om fjällkedjan inklusive i Torneträsksdalgång. Mot kusten ökar nederbörden och i nedre delen av älvdalen är den ca 550 mm/år. I fjälltrakterna gör regnskuggeffekten att nederbördens variationer är stora. De största nederbördsmängderna faller i högfjällsområdena söder och väster om Torneträsk med över 1000 mm per år.

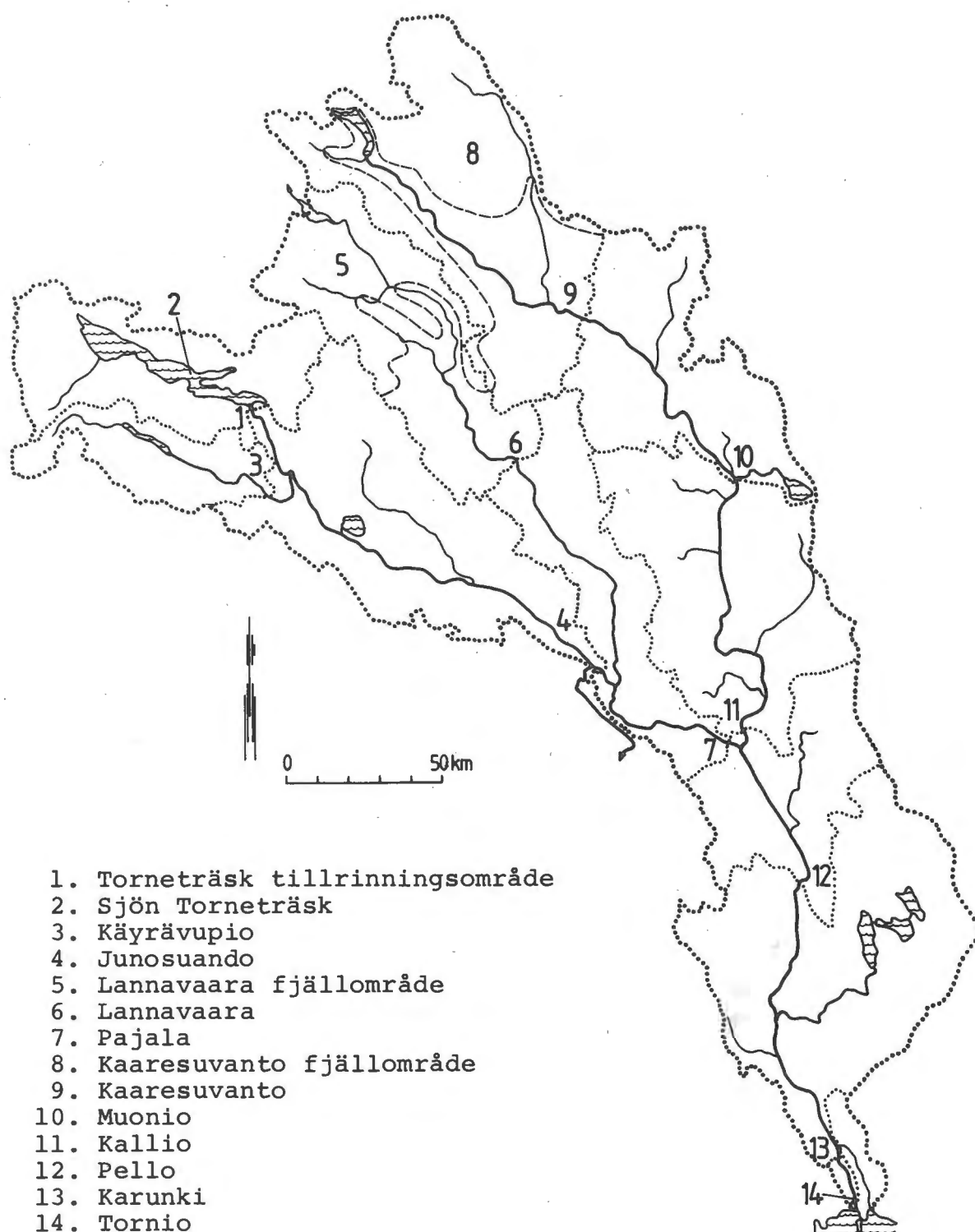
I huvuddelen av området faller 35-40 % av årsnederbörden i form av snö. I fjälltrakterna är andelen snönederbörd större och i de västra delarna mer än 50 %. Antalet dagar med sammanhängande snötäcke ökar från ca 175 vid Bottenvikskusten till mer än 225 i fjälltrakterna. I avrinningsområdets centrala del ligger snötäcke ungefär från 20 oktober till 20 maj (Pershagen, 1969).

4. MODELLANPASSNING TILL TORNEÄLVEN

4.1 Indelning i delområden

HBV-modellen för Torneälven har delats in i ett antal delområden, se figur 7. För utloppet av varje delområde beräknar modellen vattenföringen och prognoser kan göras på vattenföringsutvecklingen. Delområdesindelningen har gjorts med utgångspunkt från att befintliga vattenföringsstationer i Torneälvens avrinningsområde skall kunna utnyttjas som kontrollpunkter i modellen. Det gäller de svenska stationerna Torneträsk, Junosuando, Lannavaara, Pajala och Kallio samt de finska Kaaresuvanto, Muonio, Pello och Karunki. Medelvattenföringen vid de nämnda stationerna är 63, 147, 44, 134, 160, 82, 123, 320, och 370 m³/s.

De lokala avrinningsområdena mellan vattenföringsstationerna har fått utgöra delområden i modellen. För att inte vissa delområden skall bli alltför inhomogena ur avrinningssynpunkt har dock i några fall en ytterligare uppdelning gjorts. Sålunda har avrinningsområdena för vattenföringsstationerna Lannavaara och Kaaresuvanto vardera delats upp i två lika stora områden. Gränsen mellan dessa har dragits så att på ena sidan finns huvudsakligen kalfjäll och på den andra skogs- och myrlandskap. Avrinningsområdet för Torneträsk har delats in i sjön Torneträsk och tillrinningsområdet för sjön. Det senare består av fjällnatur varav mest kalfjäll. Som delområde i modellen har också utnyttjats avrinningsområdet för den år 1966 nedlagda vattenföringsstationen Käyrävuopio i Ravtaseatnu. Även detta delområde utgörs till stor del av kalfjäll. Av övriga delområden är det främst Junosuando som har kalfjäll men dock till en ganska liten andel. För övrigt är skogs- och myrlandskap helt förhärskande.



Figur 7. Delområden i HBV-modellen för Torneälven.

Förutom de delområden, som avgränsats på ovan nämnda sätt, har ett litet delområde skapats i nedre delen av älven mellan Karunki och Tornio. Det är för att prognoser skall kunna göras på vattenföringen vid städerna Tornio och Haparanda. Sektionen vid Tornio är också nedersta punkten i modellstrukturen för Torneälven och ingen anpassning har gjorts för modellberäkning av totala utflödet i havet. Det skulle dock kunna göras men för närvarande tillåter inte modellstrukturen att bifurkationer handhas på sådant sätt att modellen beräknar vattenföringen både vid Tornio och för totala utflödet i havet.

De två stora bifurkationerna, vid vilka Tärendöälven och Liakanjoki leder bort en del av vattenflödet, finns vid utloppen av delområdena Junosuo resp Karunki. Modellen utnyttjar där de fördelningssamband, som fastställts mellan flodgrenarna, för att reducera vattenföringen innan den adderas till avrinningen från nedströmsliggande områden. Speciellt under vintersäsongen stämmer dock inte dessa fördelningssamband helt, eftersom isdämningen kan variera och vara olika betydelsefull i flodgrenarna. Den därmed erhållna felaktiga vattenföringsberäkningen med modellen är dock av mindre betydelse för den totala vattenföringen i nedre delen av Torneälven.

4.2 Indata

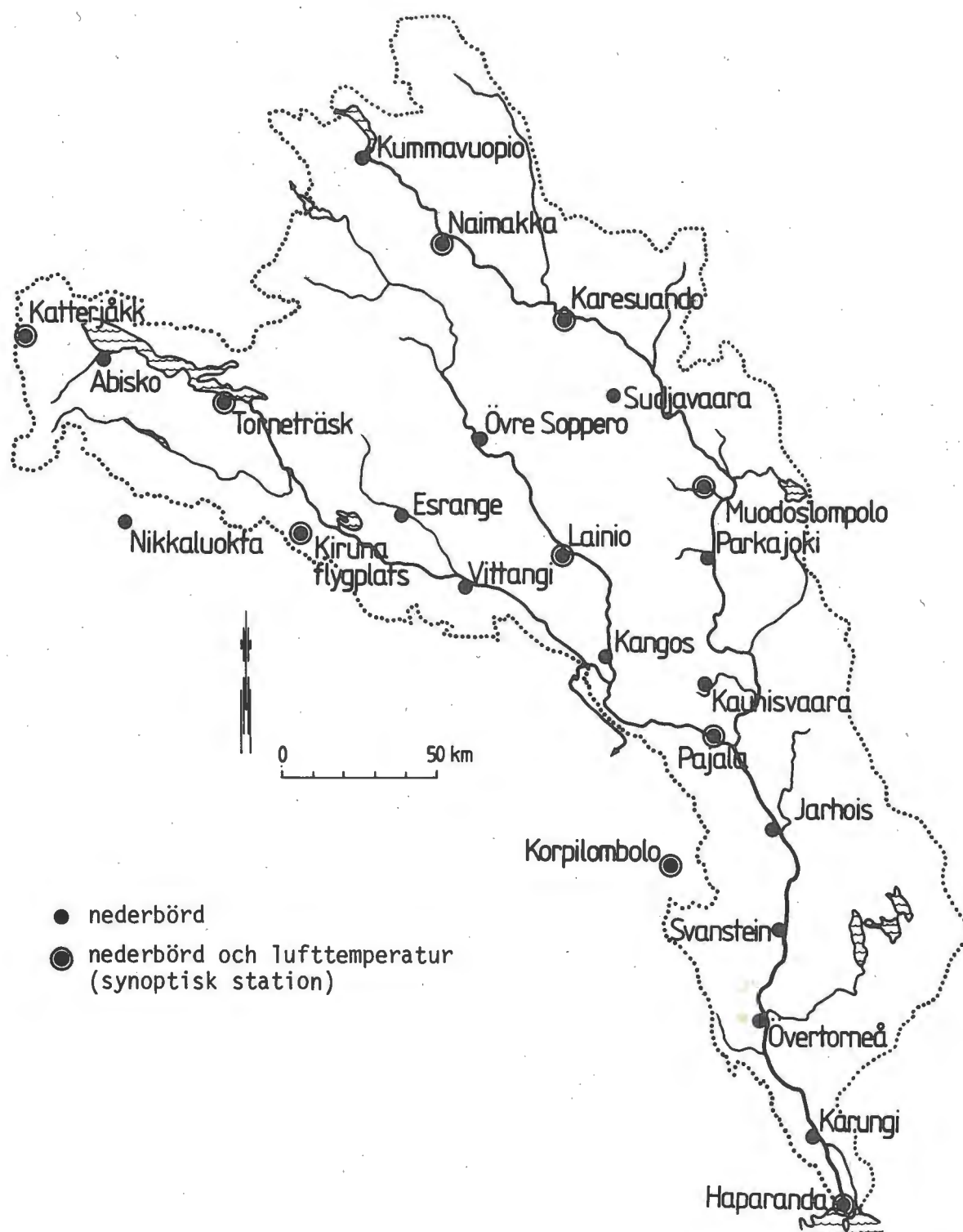
Som indata till modellen används dygnsvärden av nederbörds- och temperaturobservationer. Av praktiska skäl har data från endast svenska stationer använts. Det svenska stationsnätet täcker dock någorlunda även den finska delen av avrinningsområdet, eftersom detta är relativt smalt.

Beträffande nederbörden har i princip eftersträövats att grunda modellberäkningarna på så många observationsserier som möjligt. Därför har i den svenska delen av avrinningsområdet samtliga igångvarande nederbördssta-

tioner med observationsserier av åtminstone några års längd utnyttjats. Även ett par närbelägna stationer från Kalixälvens avrinningsområde har använts. För temperaturen är den geografiska variationen mindre och därför har det ansetts tillräckligt att använda dataserier från enbart det synoptiska observationsnätet. De använda nederbörds- och temperaturstationerna finns angivna i figur 8. För både nederbörden och temperaturen gäller, att då stationerna inte varit igång under hela modellens kalibreringsperiod eller data saknas av någon annan orsak, har ersättning gjorts med data från någon närliggande station. Ersättningsstationens data har därvid först korrigerats för att ta hänsyn till skillnaden mellan stationerna.

Nederbörden resp temperaturen för varje delområde representeras av ett viktat medelvärde av observationsdata från ett antal stationer i eller i närheten av delområdet. Stationsviktningen har i princip baserats på Thiessen-polygoner men viss möda har lagts ned på att justera viktningen för att få en bättre modellanpassning. En del stationer har fått betydligt större betydelse än andra beroende på ojämna geografisk fördelning av både nederbörds- och temperaturstationer. Speciellt dålig är stationsnätstäckningen i övre delen av Lainioälvens avrinningsområde. Även de östligaste delarna av avrinningsområdet är dåligt täckt, eftersom finska stationer ej har använts.

Modellen kan köras utan att indata finns tillgängliga från alla stationer. Detta görs också normalt under en viss period före en prognossituation, för att man inte speciellt skall behöva ringa upp klimatstationer och inhämta data. Modellen använder därvid indata från komplett stationsnät så långt fram i tiden som dessa finns inlagrade i SMHI:s klimatdatabank med ordinarie lagringsrutiner, dvs i regel fram till mellan 1 och 2 månader före prognosdatum. Därefter används endast indata



Figur 8. Indatastationer till HBV-modellen för Torneälven.

från det synoptiska stationsnätet. De övriga stationernas nederbörd ersätts då av nederbörden vid någon synoptisk station men med eventuell korrigering för att ta hänsyn till olika medelnederbörd. Med ovanstående förfaringssätt minimieras det manuella arbetet med att inhämta data utan att resultatet för vårflödesprognoser torde bli nämnvärt försämrat. Huvuddelen av snömagasinet byggs nämligen upp med data från komplett stationsnät. Även då data tillfälligt saknas från någon synoptisk station fungerar modellen. I extremfall kan modellen köras om data finns vid endast någon av stationerna Pajala eller Lainio, men då blir resultatet givetvis sämre.

HBV-modellen använder potentationell evapotranspiration som en övre gräns för beräkning av aktuell evapotranspiration. I modellanpassningen för Torneälven har använts normalvärden av potentationella evapotranspirationen och dessa har baserats på beräknade månadsmedelvärden för perioden 1961-1978 (Eriksson, 1981). För att inte få abrupta hopp i månadsskiftena har dock i stället för direkta månadsvärden använts värden som erhållits vid interpolation mellan vissa fastställda datum.

4.3 Kalibrering

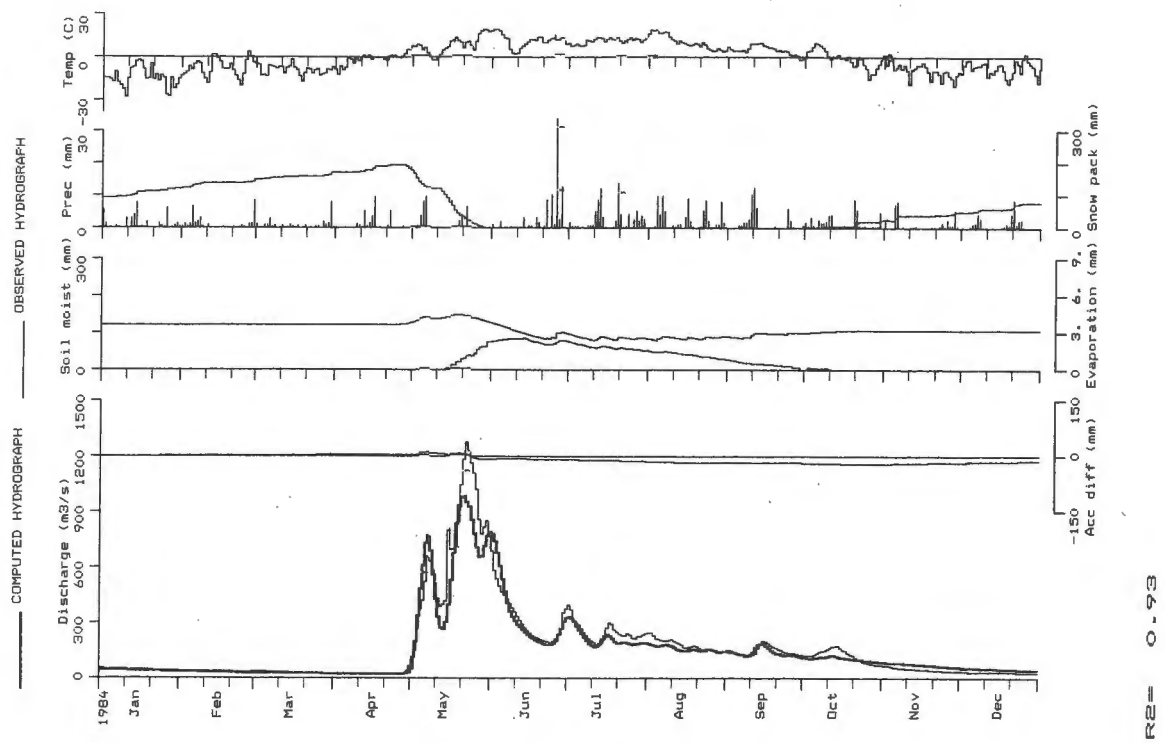
HBV-modellen för Torneälven har anpassats med hjälp av data från perioden 1968-1988 dvs 21 årsserier. Att 1968 valts som begynnelseår beror på att från och med detta år finns nederbörds- och temperaturserier tillgängliga på datormedium i SMHI:s klimatdatabank. Kalibreringen av modellens parametrar har huvudsakligen utförts på data från perioden 1968-1985. Åren därefter har i princip använts som oberoende testperiod, men vissa mindre justeringar av parametervärdena har dock utförts efter det att modellen framkörts för dessa år.

Kalibreringen utfördes enligt de tre huvudkriterier för att anpassa modellen, som har beskrivits i kapitel 2. Av dessa har den visuella och subjektiva jämförelsen mellan modellberäknad och observerad hydrograf varit viktigast. Kalibreringskriterierna har använts för att anpassa den modellberäknade vattenföringen vid utloppen av samtliga 9 delområden där det finns vattenföringsstationer; nämligen Torneträsk, Junosuando, Lannavaara, Pajala, Kaaresuvanto, Muonio, Kallio, Pello och Karunki. Av dessa stationer har Kaaresuvanto varit i drift sedan 1972 och de övriga under hela kalibreringsperioden.

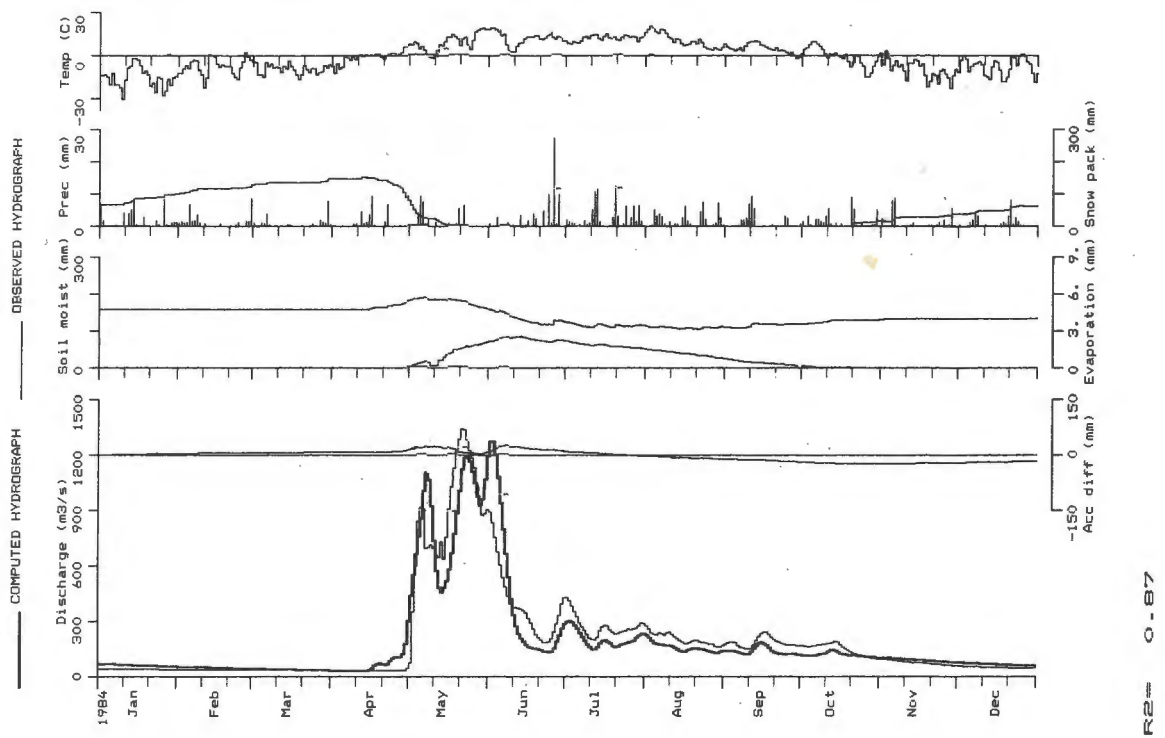
Huvudändamålet har ju varit att anpassa HBV-modellen för prognoser i samband med islossningen i de isproppsbenägna nedre delarna av flodsystemet. Därför har i första hand förloppet i början av vårfloden studerats. Vårflodens inledning är emellertid en besvärlig period för kalibreringsjämförelser, eftersom isdämning då gör att man inte helt kan lita på den observerade hydrografen.

Exempel på resultatet av modellkörningarna visas för Pajala, Kallio, Pello och Karunki i figurerna 9, 10, 11 och 12. Året 1984 har valts för exemplen, eftersom detta år hade mycket snabb vattenföringsökning i början av vårfloden, vilket förorsakade en islossning som var en av de svåraste under senare år. Figurerna visar att modellen i huvuddrag återger avrinningsförloppet. Den snabba ökningen av vattenföringen i början av vårfloden 1984 har modellen lyckats simulera tillfredsställande. Högsta flödestoppen har något underskattats och detsamma gäller för sommarvattenföringen.

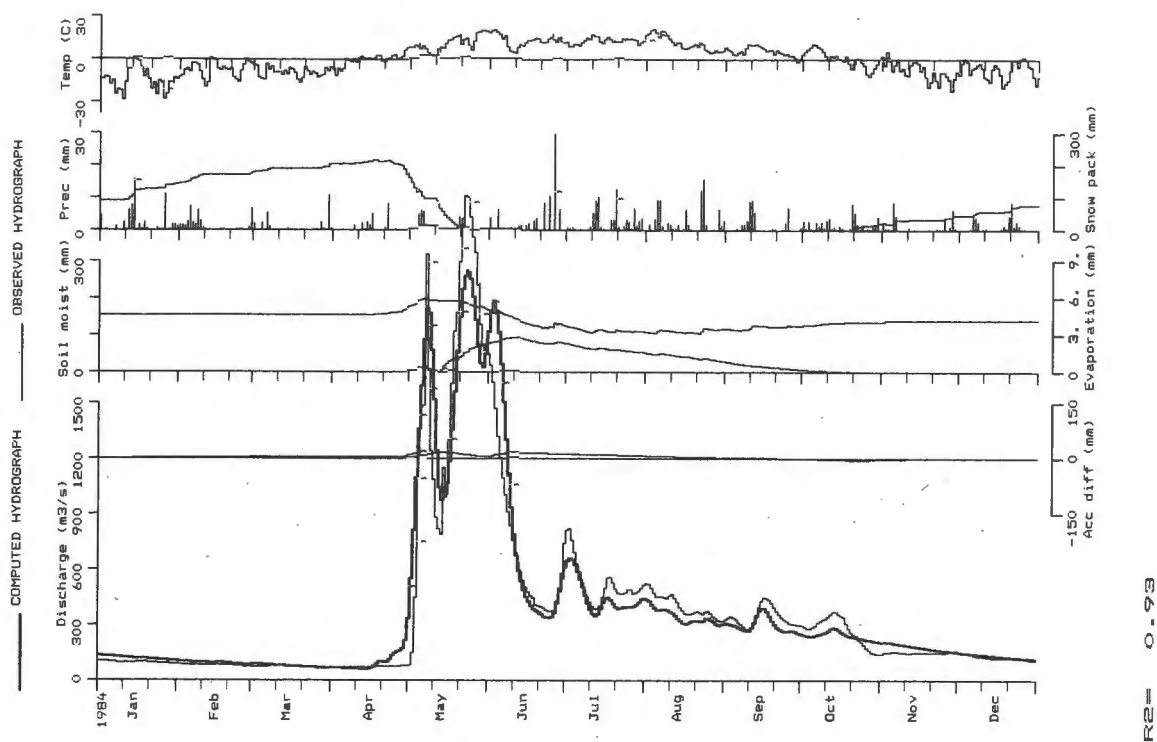
Modellresultatet under kalibreringsperioden som helhet har för vårfloden varit i stort sett tillfredsställande. Vissa missar finns dock både vad gäller den första stigningsfasen, flödestopparnas återgivande och totala vårflodsvolymer. Sommartid har modellens fel relativt sett varit större.



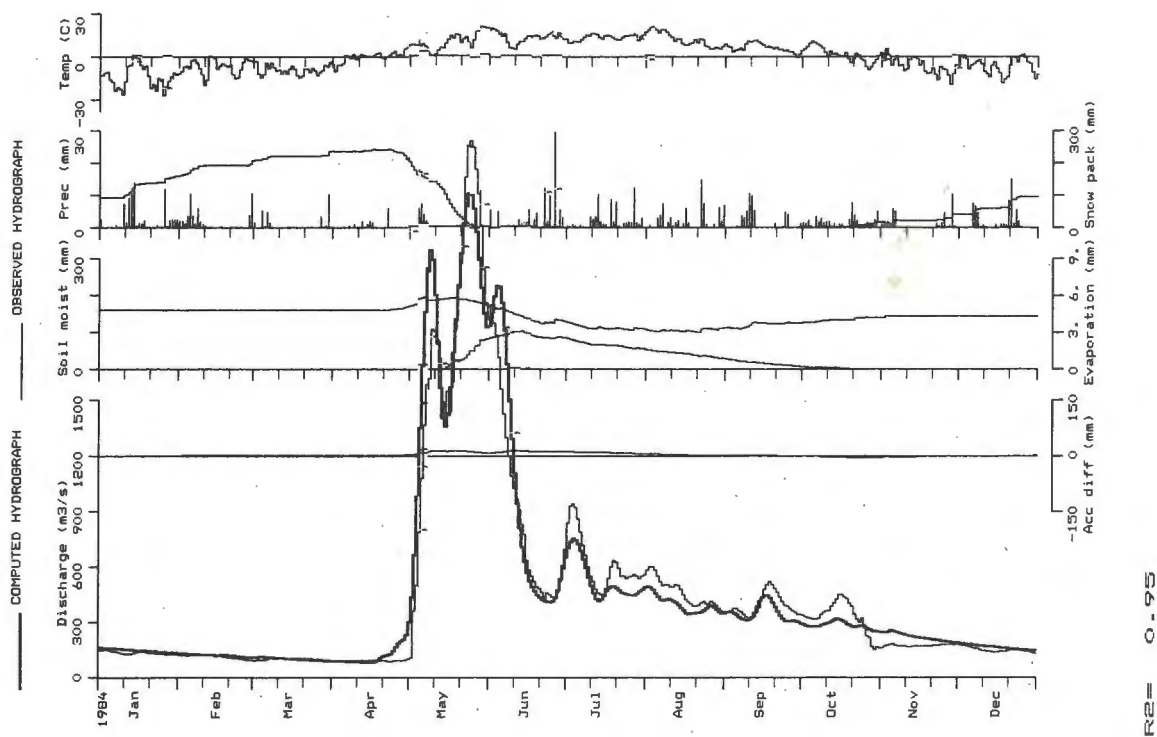
Figur 9. Modellresultat 1984 för Pajala



Figur 10. Modellresultat 1984 för Kallio.



Figur 11. Modellresultat 1984 för Pello.



Figur 12. Modellresultat 1984 för Karunki.

Under en del sommarperioder har modellen konsekvent underskattat vattenföringen medan den andra år har överskattat.

För den islagda perioden kan det vara svårt att avgöra hur väl modellen återger det verkliga förloppet. De hydrografer som gäller som observerade utgörs av uppskattade vattenföringsvärden, vilket gäller för samtliga vattenföringsstationer utom Torneträsk. Uppskattningarna stödjer sig för de svenska stationerna på endast en vattenföringsmätning i slutet av vintersäsongen. För de finska stationerna finns ofta två vattenföringsmätningar en i början och en i slutet av vintersäsongen. Speciellt osäkra är de observerade hydrograferna vid isläggningen på hösten och islossningen på våren.

En del av felen hos den modellberäknade vattenföringen skulle sannolikt kunna åtgärdas vid en noggrannare kalibrering. Det finns emellertid också fel som är svårare att åtgärda. En sådan felorsak är att stationsnätet för indata inte kan fånga upp alla rumsliga variationer hos framför allt nederbörden. En viss förbättring skulle dock sannolikt erhållas om även det finska stationsnätet utnyttjas. Det finns också vissa fel som antagligen beror på brister i själva modellstrukturen. Dessa diskuteras närmare i bilaga 1.

4.4 Prognoser

HBV-modellen har hittills använts för prognoser i Torneälven vid tre vårflöden nämligen 1987, 1988 och 1989. Under de två förstnämnda åren var SMHIs modellanpassning klar för endast övre delen av avrinningsområdet och prognoser gjordes för Pajala. Inför vårfloden 1989 var modellanpassningen klar för hela avrinningsområdet och korttidsprognoser gjordes vid fyra tillfällen för Pajala, Kallio, Pello, Karunki och Tornio. De användes som indata för islossningsprognoser. Två långtidsprognoser gjordes också.

Vårfloden 1989 hade en tidig start. Den modellberäknade flödesökningen startade ännu något tidigare än den verkliga. Att så var fallet kunde konstateras vid jämförelse med flödesutvecklingen vid de två vattenföringsstationerna Pajala och Matkakoski. Den svenska stationen Pajala är utrustad med telefonsvarande pegel och den finska stationen Matkakoski med automatik för insamling av vattenståndsdata i realtid. Den senare stationen ger i stort sett samma vattenföring som stationen Karunki. Vid jämförelsen måste man ta hänsyn till att stationen i Pajala är starkt isdämd och att även Matkakoski kan vara det. Normalt under vårfloden är Matkakoski relativt litet isdämd, men där bildas ofta isproppar som förorsakar mycket kraftig isdämning.

För att korrigera modellens alltför tidiga igångsättande av vårfloden gjordes en uppdatering av temperaturdata. Från den 10 april t o m den 23 april sänktes därför lufttemperaturen med generellt 1 °C över hela avrinningsområdet. Vid de tre sista prognostillfällena utnyttjades denna temperatursänkning medan det för första prognostillfället inte gjordes någon uppdatering.

Då detta skrivs har ännu inte observationsdata från vattenföringsstationerna i Torneälven fullständigt bearbetas. För Pajala och Karunki kan dock jämförelse göras med data från telefonpegeln resp automatstationen. Modellprogrammets uppritningar av hydrograferna från dessa tillsammans med den modellberäknade hydrografen visas i bilagorna 2 och 3. I bilaga 2 anges den modellberäknade hydrografen utan uppdatering och i bilaga 3 med uppdatering, dvs med sänkning av ingångstemperaturen med 1 °C under perioden 10 - 23 april. Bilagorna visar att uppdateringen klart förbättrade modellsimuleringen av vårflodens inledning dvs under andra hälften av april. För Karunki medförde det en fördröjning av vårfloden inledningsfas med ca 4 dygn. Felet hos modellberäkningens inledning av vårfloden 1989 får betecknas som förhållandevis stort. Någon direkt orsak

till felet kan inte nu utpekas men det torde hänga samman med den ovanligt tidiga vårfloden.

Korttidsprognoserna med HBV-modellen gjordes vid samtliga tillfällen för en 10-dygnperiod. Som indata på nederbörd och lufttemperatur under prognosperioden användes 5-dygnsprogner (med prognosdygnet inräknat egentligen 6-dygnsprogner) beställda från SMHIs meteorologiska prognossektion. Dessa prognoser förlängdes till att gälla för totalt 10 dygn genom att för de 4 sista dygnen använda en trolig temperaturutveckling samt genomsnittlig nederbörd. Detta ansågs kunna göras utan större problem, eftersom flödesutvecklingen har en viss fördröjning som gör att indatafel under de sista prognosdygnen har ganska liten betydelse. För att gardera för felaktiga meteorologiska prognoser gjordes prognoskorningarna med HBV-modellen också med två extra sekvenser på lufttemperaturen. Den ena hade 1 °C högre temperatur än den meteorologiska prognosen och den andra 1 °C lägre temperatur.

Korttidsprognoserna 1989 gjordes inför och under den första fasen av vårflodsstigningen. Prognosdatum var den 19, 24 och 27 april samt den 2 maj. De prognoser som gjordes för Karunki visas som exempel i bilaga 4

Bedömningen av prognosernas utfall är svår att göra, eftersom det inte finns korrekta observationsdata att jämföra med. Prognoserna måste jämföras med isdämda observationsdata och de slutsatser man av dessa kan dra om det troliga vattenföringsförloppet. Utfallet för Karunki bedöms kortfattat nedan.

Den första prognosen, som gjordes den 19 april, gav något för höga vattenföringsvärden. Orsaken var främst att vid detta prognostillfälle gjordes ingen uppdatering. Nästa prognos den 24 april gav sannolikt en riktig vattenföringsutveckling i början av prognosperioden men hade under de sista dagarna en alltför snabb vattenföringsökning bero-

ende på för hög temperaturprognos. Prognosen den 27 april var något för hög i början och för låg i slutet, vilket orsakades av att den prognoserade temperaturutvecklingen inte helt stämde med den inträffade. Den sista prognosen, som gjordes den 2 maj, utföll tillfredsställande under första hälften av prognosperioden men var därefter alldeles för låg beroende på att vädret blev varmare och nederbördsrikare än som antagits.

Ett par långtidsprognoser gjordes för att få en uppfattning om vårflodens totala volym och om sannolik tidpunkt och storlek för högsta flödestoppen. Dessa prognoser gjordes 4 april och 2 maj och avsåg tillrinningens volym till sista juni. Nederbörd och lufttemperatur från motsvarande perioder under åren 1968-1988 användes till indata. Resultatet av modellsimuleringarna på de 21 olika indataserierna kan ses i bilaga 5. Där anges också högsta toppen för varje simulering och den kvarvarande vårflodsvolymer.

I bilaga 5 framgår att den prognosticerade vårflodsvolymer 1989 var mycket stor. Minimiprognoserna låg över den normala tillrinningen. Den erhållna volymen blev också mycket stor och större än medianprognosen. Preliminära vattenföringsdata visar på en volym mellan maxnivån och 25%-nivån för prognosen 2 maj. Högsta flödestoppen inträffade 21 maj och var ca 2370 m³/s, dvs ungefär mitt i det prognosticerade storleksintervallet.

Sammanfattningsvis får prognosresultatet 1989 för Torneälven betecknas som tillfredsställande. De prognoser som gjordes efter uppdateringen av modellen gav en i stort sett korrekt bild av vattenföringsutvecklingen. De meteorologiska prognoser som utgjorde indata var också i stort sett riktiga. Felen låg främst i de sista dagarnas mycket schematiskt uppskattade väderutvecklingar.

5. SAMMANFATTNING

HBV-modellen har anpassats för beräkning av vattenföringen vid ett antal platser i Torneälven. Huvudsyftet med anpassningen har varit att få en metod att göra vårflodsprognoser. Det är främst prognoser på vattenföringsutvecklingen under vårflodens inledande fas som är av intresse. Dessa prognoser kan sedan utgöra underlag till förutsägelser om islossningens tidpunkt och svårighetsgrad.

Modellen beräknar vattenföringen utgående från nederbörds- och lufttemperaturdata. Den har visat sig kunna i huvudsak återge flödesförloppet i Torneälven, även om vissa perioder har återgetts mindre bra. För det avsedda ändamålet får anpassningen betecknas som tillfredsställande.

Vid prognosering körs modellen på observerade indata fram till prognosdygnet. Sedan tas indata från en meteorologisk prognos och modellen beräknar flödesutvecklingen. För en period på mellan 5 och 10 dygn kan resultatet av prognoserna med HBV-modellen anses som användbara.

Inför islossningen 1989 användes HBV-modellen för prognoser vid fyra tillfällen. Prognoserna gjordes för 5 platser i nedre och mellersta delen av flodsystemet. De gav i stort sett riktiga förutsägelser av flödesförloppet och resultatet får betecknas som tillfredsställande.

REFERENSER

Bergström, S (1976)

Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments. SMHI, Rapport RHO 7, Norrköping 1976.

Eriksson, B. (1981)

Den "potentiella" evapotranspirationen i Sverige.
SMHI, Rapport RMK 28, Norrköping 1981.

Hjorth, S. (1971)

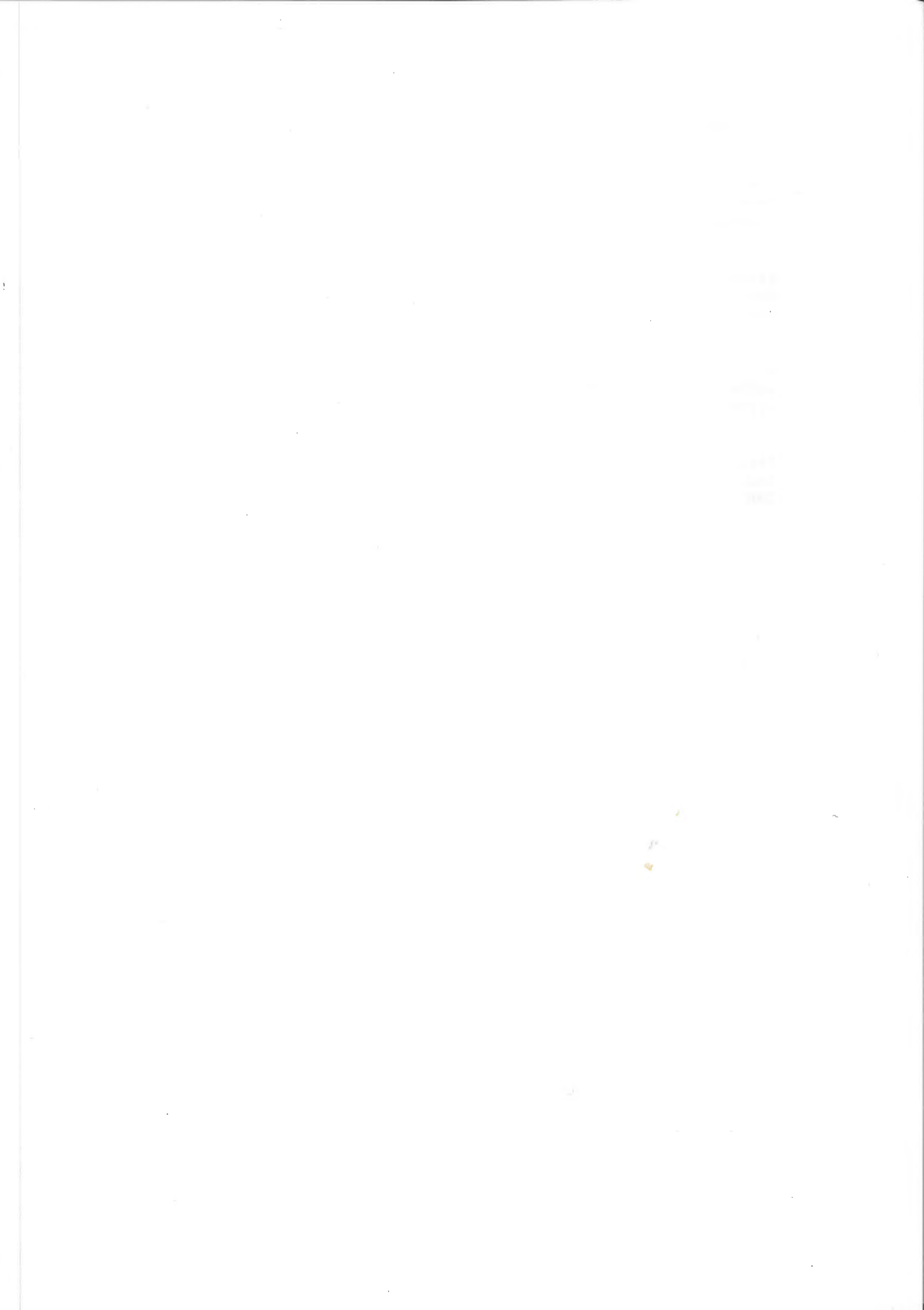
Torne och Kalix älvar.

Uppsala universitet, UNGI Rapport 12, Uppsala 1971.

Pershagen H. (1969)

Snötäcket i Sverige 1931-1960.

SMHI, Meddelanden A nr 5, Stockholm 1969.

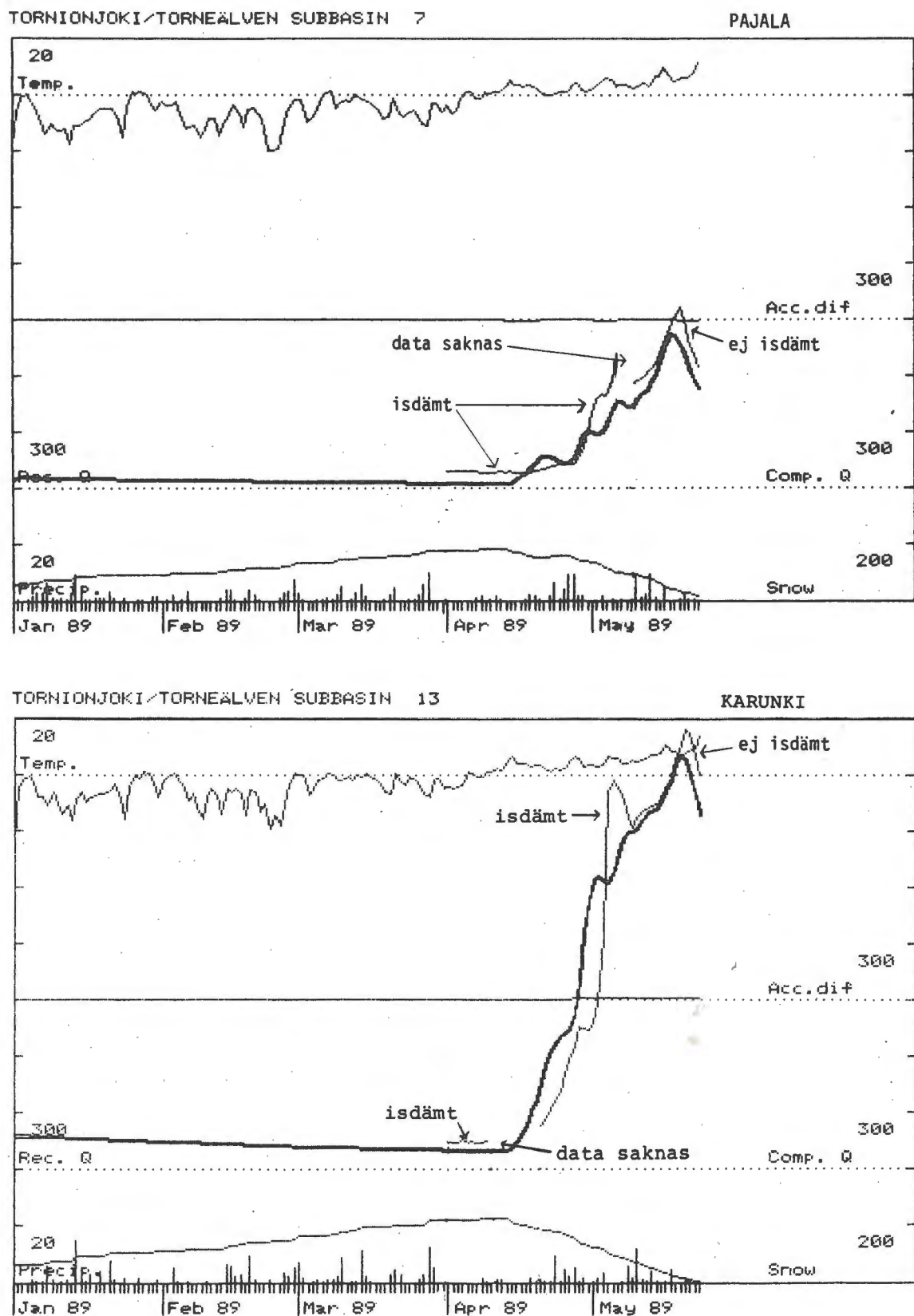


DISKUSSION OM FEL HOS VATTENFÖRINGSBERÄKNINGEN FÖR TORNEÄLVEN SOM KAN HA FÖRORSAKATS AV OFULLKOMLIGHETER I HBV-MODELLENS STRUKTUR

Vissa fel i vattenföringsberäkningarna för Torneälven med HBV-modellen beror antagligen på ofullkomligheter i själva modellstrukturen. En sådan är beräkningen av evapotranspirationen. Den övre gränsen för evapotranspirationen är i verkligheten inte densamma vid samma tidpunkt olika år, vilket förutsätts i modellen. En tidig vår och varm försommar t ex startar växternas transpiration tidigt och blir högre än normalt. Jämfört med en motsvarande sen vår och kall försommar torde det betyda en väsentlig skillnad i evapotranspirationen. Detta är troligtvis orsaken till att modellen konsekvent överskattar vattenföringen vissa somrar och underskattar den andra. För Torneälvens flacka avrinningsområde med grundvattenytan nära markytan och stora sankmarksområden, torde bristerna i evapotranspirationen få större genomslagskraft än för t ex ett typiskt område i södra Sverige.

Modellen tar inte heller hänsyn till att avdunstningen från snötäcket och smältvattnet är väderberoende och varierar från år till år. En högtrycksbetonad senvinter-vår torde nämligen ha betydligt mer sådan avdunstning än en grå och mulen en. Felaktig vinteravdunstning kan vara en betydande orsak till fel i beräkningen av vårflodsvolymer. Även detta fel torde ha stor genomslagskraft i Torneälvens avrinningsområde, eftersom där finns förhållandevis gles skog och stora öppna myrområden exponerade för solinstrålning.

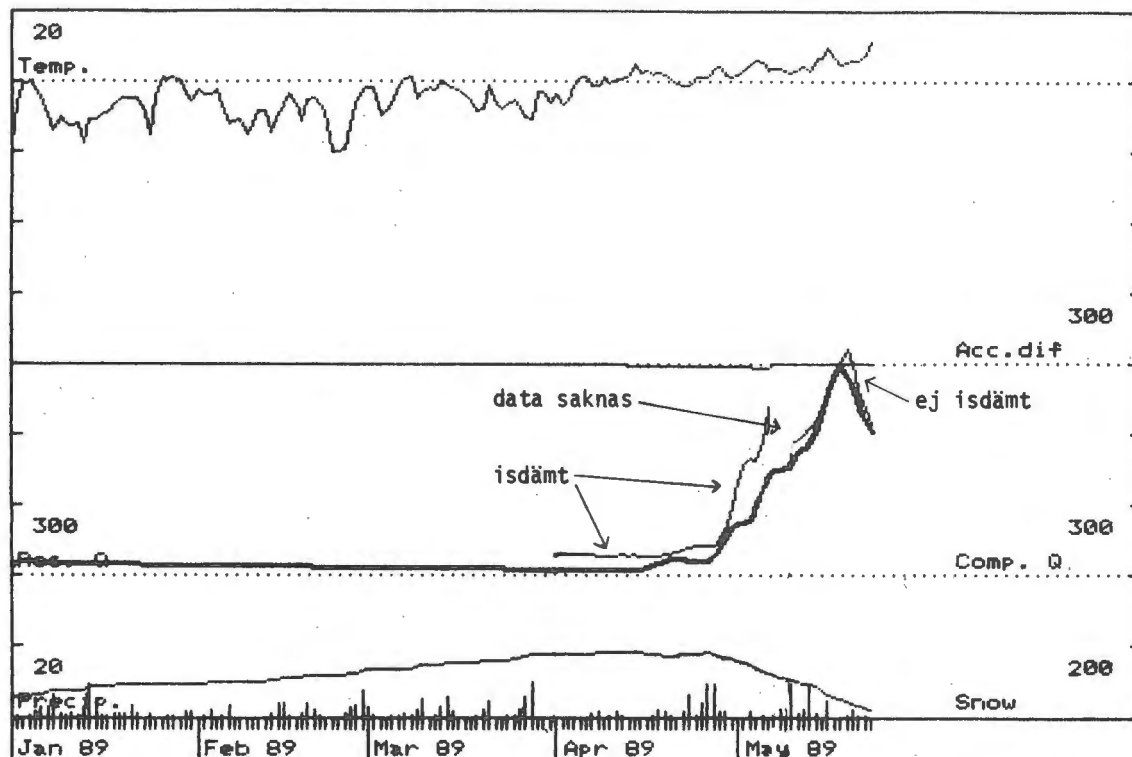
En annan brist hos modellen är att snösmältningen styrs endast av dygnsmedeltemperaturen. Därmed tas inte hänsyn till att en del avsmältningsperioder har stor temperaturskillnad mellan dag och natt. Det gör t ex att den verkliga avsmältningen dagtid kan vara hög medan avsmältningen i modellen är liten eller ingen alls. Detta bör ha stor betydelse för vårflodens starttidpunkt och förlopp.



Figur 2.1 Jämförelse mellan observerad (tunn kurva) och med HBV-modellen beräknad vattenföring (tjock kurva) vid Pajala och Karunki under vårfloden 1989. Modellen ej uppdaterad. Observerade data grundar sig på vattenståndsvärden från realtidsstationerna och är ej korrigerade för isdämning.

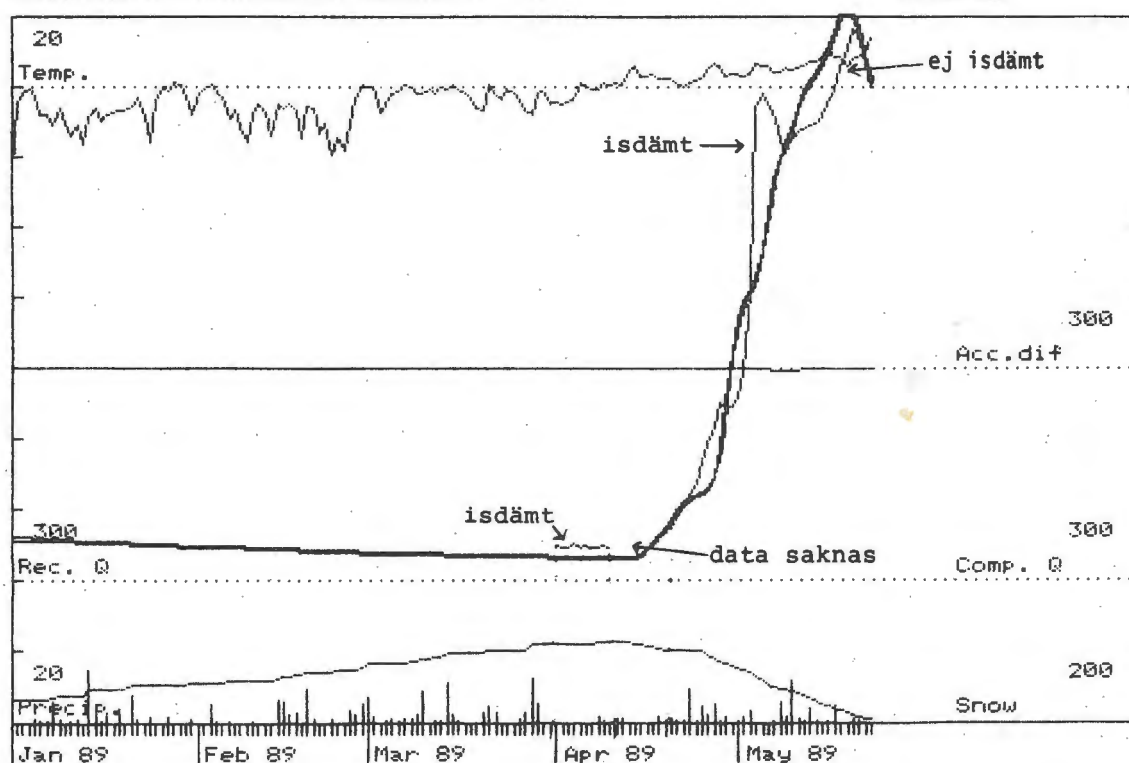
TORNIONJOKI/TORNEÄLVEN SUBBASIN 7

PAJALA



TORNIONJOKI/TORNEÄLVEN SUBBASIN 13

KARUNKI



Figur 3.1 Jämförelse mellan observerad (tunn kurva) och med HBV-modellen beräknad vattenföring (tjock kurva) vid Pajala och Karunki under vårfloden 1989. Modellen uppdaterad inför prognosering. Observerade data grundar sig på vattenståndsvärden från realtidsstationerna och är ej korrigerade för isdämning.

BASIN: TORNIONJOKI/TORNEÄLVEN SUBBASIN 13 MONTH: Apr 1989

FORECAST 1

DATE	Precip.	Temp.	Snow	Soilmois	Comp. Q	Rec. Q
890419	1.0	3.2	191.2	162.1	370.9	
890420	1.0	2.2	188.1	163.1	451.7	
890421	1.0	2.2	185.0	164.2	530.5	
890422	1.0	2.2	181.8	165.1	596.4	
890423	1.0	2.2	178.7	166.1	643.0	
890424	1.0	2.2	175.6	167.0	670.8	
890425	1.0	2.2	172.4	168.0	684.6	
890426	1.0	2.2	169.3	168.8	690.2	
890427	1.0	2.2	166.2	169.7	692.5	
890428	1.0	2.2	163.0	170.5	694.4	

BASIN: TORNIONJOKI/TORNEÄLVEN SUBBASIN 13 MONTH: Apr 1989

FORECAST 2

DATE	Precip.	Temp.	Snow	Soilmois	Comp. Q	Rec. Q
890419	1.0	3.2	191.2	162.1	370.9	
890420	1.0	1.2	189.9	162.7	450.3	
890421	1.0	1.2	188.6	163.2	522.3	
890422	1.0	1.2	187.3	163.8	571.8	
890423	1.0	1.2	185.9	164.4	593.2	
890424	1.0	1.2	184.6	164.9	591.0	
890425	1.0	1.2	183.3	165.5	574.0	
890426	1.0	1.2	182.0	166.0	550.0	
890427	1.0	1.2	180.7	166.5	524.9	
890428	1.0	1.2	179.4	167.1	501.7	

BASIN: TORNIONJOKI/TORNEÄLVEN SUBBASIN 13 MONTH: Apr 1989

FORECAST 3

DATE	Precip.	Temp.	Snow	Soilmois	Comp. Q	Rec. Q
890419	1.0	3.2	191.2	162.1	370.9	
890420	1.0	3.2	186.3	163.6	453.1	
890421	1.0	3.2	181.3	165.0	538.9	
890422	1.0	3.2	176.4	166.4	621.0	
890423	1.0	3.2	171.4	167.8	693.7	
890424	1.0	3.2	166.5	169.0	756.9	
890425	1.0	3.2	161.5	170.3	815.8	
890426	1.0	3.2	156.6	171.4	875.8	
890427	1.0	3.2	151.6	172.6	937.7	
890428	1.0	3.2	146.7	173.6	996.9	

BASIN: TORNIONJOKI/TORNEÄLVEN SUBBASIN 13 MONTH: Apr 1989

FORECAST 1

DATE	Precip.	Temp.	Snow	Soilmois	Comp. Q	Rec. Q
890424	1.0	2.2	200.5	163.0	357.6	
890425	1.0	0.2	201.2	163.1	372.1	
890426	2.9	3.2	196.4	165.0	375.0	
890427	1.9	5.2	187.8	167.5	383.5	
890428	4.8	8.2	173.8	171.5	443.2	
890429	2.9	6.2	163.4	174.0	612.1	
890430	1.0	6.2	153.0	175.9	894.0	
Mean	2.2	4.5	182.3	168.6	491.1	
890501	1.0	6.2	142.6	177.7	1224.0	
890502	1.0	6.2	132.2	179.4	1546.6	
890503	1.0	6.2	121.8	180.9	1842.7	

BASIN: TORNIONJOKI/TORNEÄLVEN SUBBASIN 13 MONTH: Apr 1989

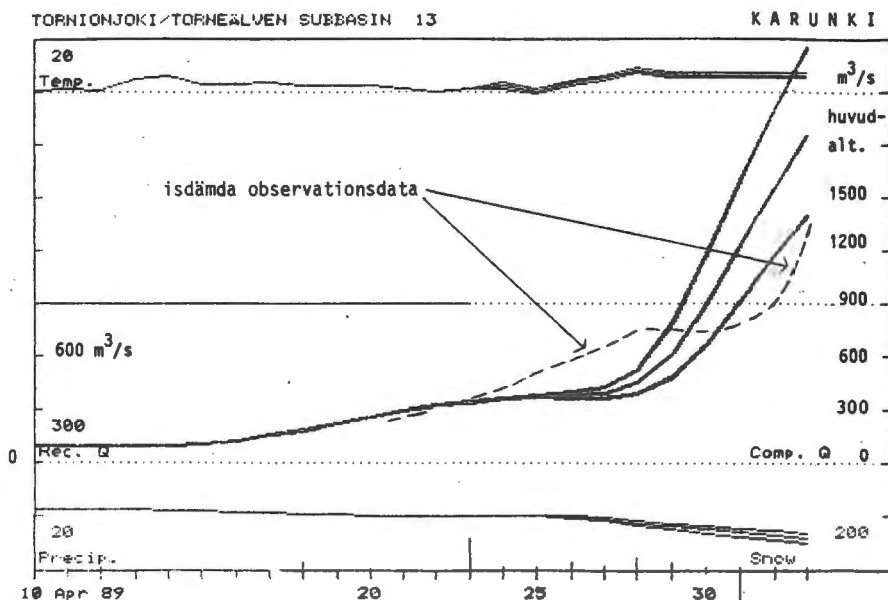
FORECAST 2

DATE	Precip.	Temp.	Snow	Soilmois	Comp. Q	Rec. Q
890424	1.0	1.2	202.3	162.5	356.5	
890425	1.0	-0.8	203.3	162.5	367.2	
890426	2.9	2.2	200.5	164.0	363.2	
890427	1.9	4.2	193.7	166.1	360.0	
890428	4.8	7.2	181.5	169.9	386.5	
890429	2.9	5.2	172.9	172.2	480.6	
890430	1.0	5.2	164.3	174.0	666.1	
Mean	2.2	3.5	188.4	167.3	425.7	
890501	1.0	5.2	155.7	175.6	911.3	
890502	1.0	5.2	147.2	177.2	1161.7	
890503	1.0	5.2	138.6	178.6	1391.8	

BASIN: TORNIONJOKI/TORNEÄLVEN SUBBASIN 13 MONTH: Apr 1989

FORECAST 3

DATE	Precip.	Temp.	Snow	Soilmois	Comp. Q	Rec. Q
890424	1.0	3.2	198.7	163.5	358.7	
890425	1.0	1.2	197.4	164.1	378.3	
890426	2.9	4.2	190.6	166.4	392.5	
890427	1.9	6.2	180.2	169.1	420.8	
890428	4.8	9.2	164.4	173.3	525.9	
890429	2.9	7.2	152.2	175.9	785.8	
890430	1.0	7.2	140.0	178.0	1177.9	
Mean	2.2	5.5	174.8	170.0	577.1	
890501	1.0	7.2	127.7	179.8	1595.7	
890502	1.0	7.2	115.5	181.6	1984.4	
890503	1.0	7.2	103.3	183.1	2339.0	



Figur 4.1 Vattenföringsprognoser för Torneälven vid Karunki gjorda 1989-04-19 och 1989-04-24. För vardera prognosen anges ett huvudalternativ (forecast 1) och 2 extra alternativ. Den sistnämnda prognosen åskådliggörs nedtill tillsammans med framkörning av modellen från 10 april. Observerade data (streckad linje) har lagts in som jämförelse. Dessa data är ej korrigerade för isdämning.

BASIN: TORNIONJOKI/TORNEALVEN SUBBASIN 13 MONTH: Apr 1989

FORECAST 1						
DATE	Precip.	Temp.	Snow	Soilmois	Comp. Q	Rec. Q
890427	9.7	8.2	176.8	173.0	477.1	
890428	1.9	6.2	164.5	175.2	689.0	
890429	0.0	4.2	159.7	176.3	990.4	
890430	0.0	1.2	158.4	176.5	1228.5	
Mean	2.9	4.9	165.4	175.3	846.3	
890501	0.0	2.2	153.2	177.0	1323.9	
890502	0.0	2.2	152.1	177.5	1306.7	
890503	1.0	3.2	147.2	178.4	1243.3	
890504	1.0	4.2	140.4	179.5	1191.4	
890505	1.0	5.2	131.8	180.8	1187.2	
890506	1.0	6.2	121.4	182.2	1247.5	

BASIN: TORNIONJOKI/TORNEALVEN SUBBASIN 13 MONTH: Apr 1989

FORECAST 2						
DATE	Precip.	Temp.	Snow	Soilmois	Comp. Q	Rec. Q
890427	9.7	7.2	178.7	172.7	472.3	
890428	1.9	5.2	170.1	174.6	662.7	
890429	0.0	3.2	165.1	175.4	920.5	
890430	0.0	0.2	165.1	175.4	1101.8	
Mean	2.9	3.9	169.8	174.5	789.3	
890501	0.0	1.2	163.8	175.6	1142.6	
890502	0.0	1.2	162.5	175.8	1086.0	
890503	1.0	2.2	159.4	176.5	1001.0	
890504	1.0	3.2	154.4	177.4	928.3	
890505	1.0	4.2	147.6	178.6	889.5	
890506	1.0	5.2	139.1	179.9	907.7	

BASIN: TORNIONJOKI/TORNEALVEN SUBBASIN 13 MONTH: Apr 1989

FORECAST 3						
DATE	Precip.	Temp.	Snow	Soilmois	Comp. Q	Rec. Q
890427	9.7	9.2	175.0	173.3	482.0	
890428	1.9	7.2	162.8	175.8	716.3	
890429	0.0	5.2	154.2	177.2	1062.8	
890430	0.0	2.2	151.1	177.7	1360.2	
Mean	2.9	5.9	160.8	176.0	905.3	
890501	0.0	3.2	146.2	178.4	1517.8	
890502	0.0	3.2	141.2	179.1	1537.2	
890503	1.0	4.2	134.4	180.2	1539.3	
890504	1.0	5.2	125.9	181.4	1522.9	
890505	1.0	6.2	115.5	182.8	1531.4	
890506	1.0	7.2	103.3	184.2	1647.9	

BASIN: TORNIONJOKI/TORNEALVEN SUBBASIN 13 MONTH: May 1989

FORECAST 1						
DATE	Precip.	Temp.	Snow	Soilmois	Comp. Q	Rec. Q
890502	1.0	3.2	148.0	177.6	1213.3	
890503	1.0	6.2	137.6	179.3	1261.7	
890504	1.0	3.2	132.7	180.1	1321.5	
890505	1.0	3.2	127.7	180.9	1379.8	
890506	1.0	2.2	124.6	181.4	1401.3	
890507	1.0	2.2	121.5	181.9	1380.3	
890508	1.0	3.2	116.5	182.6	1334.8	
890509	1.0	3.2	111.6	183.3	1291.9	
890510	1.0	3.2	104.6	183.9	1267.5	
890511	1.0	3.2	102.3	184.5	1255.2	

BASIN: TORNIONJOKI/TORNEALVEN SUBBASIN 13 MONTH: May 1989

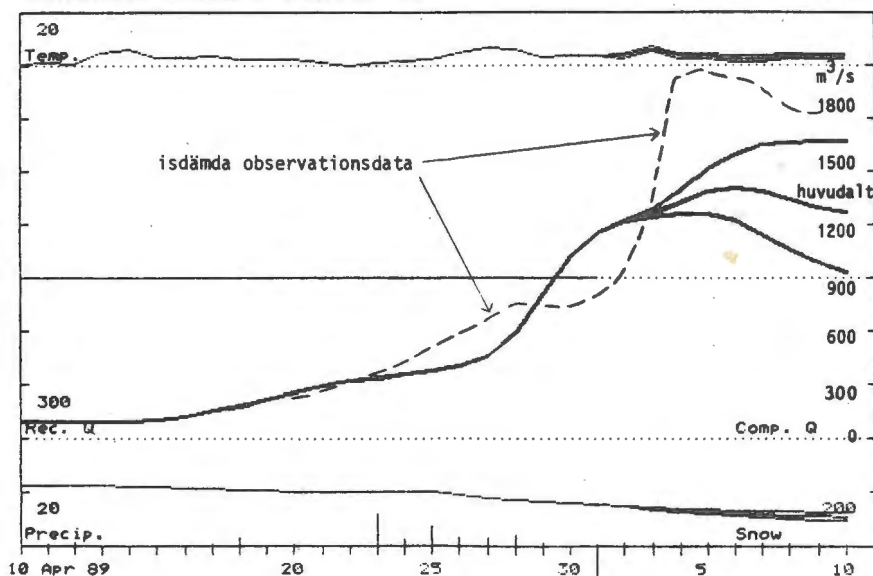
FORECAST 2						
DATE	Precip.	Temp.	Snow	Soilmois	Comp. Q	Rec. Q
890502	1.0	2.2	149.8	177.4	1208.4	
890503	1.0	5.2	141.3	178.8	1235.2	
890504	1.0	2.2	138.1	179.4	1251.5	
890505	1.0	2.2	135.0	179.9	1253.0	
890506	1.0	1.2	133.7	180.2	1215.7	
890507	1.0	1.2	132.4	180.5	1143.2	
890508	1.0	2.2	129.2	181.1	1057.8	
890509	1.0	2.2	126.1	181.6	983.0	
890510	1.0	2.2	123.0	182.1	927.4	
890511	1.0	2.2	119.8	182.6	885.6	

BASIN: TORNIONJOKI/TORNEALVEN SUBBASIN 13 MONTH: May 1989

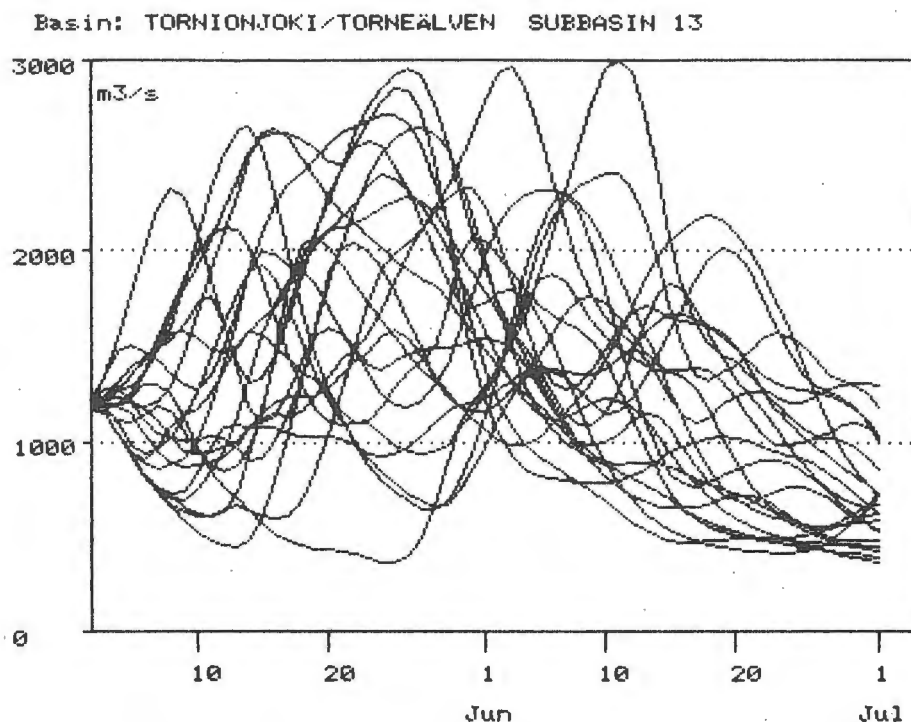
FORECAST 3						
DATE	Precip.	Temp.	Snow	Soilmois	Comp. Q	Rec. Q
890502	1.0	4.2	146.2	177.9	1218.2	
890503	1.0	7.2	134.0	179.8	1288.4	
890504	1.0	4.2	127.2	180.8	1392.3	
890505	1.0	4.2	120.5	181.8	1510.3	
890506	1.0	3.2	115.5	182.5	1598.1	
890507	1.0	3.2	110.6	183.2	1643.3	
890508	1.0	4.2	103.8	184.0	1657.8	
890509	1.0	4.2	98.2	184.8	1662.3	
890510	1.0	4.2	92.8	185.3	1664.6	
890511	1.0	4.2	87.4	185.8	1661.1	

TORNIONJOKI/TORNEALVEN SUBBASIN 13

KARUNKI



Figur 4.2 Vattenföringsprognoser för Torneälven vid Karunki gjorda 1989-04-27 och 1989-05-02. För vardera prognosen anges ett huvudalternativ (forecast 1) och 2 extra alternativ. Den sistnämnda prognosen åskådliggörs nedtill tillsammans med framkörning av modellen från 10 april. Observerade data (streckad linje) har lagts in som jämförelse. Dessa data är ej korrigerade för isdämning.

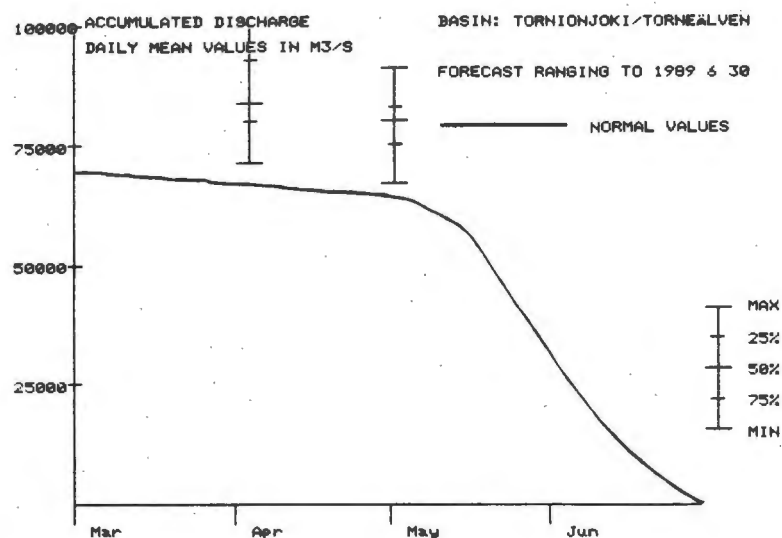


Forecast 1989 5 2 using data from the 21 previous years

CRONOLOGICAL ORDER				ORDER OF MAGNITUDE		
Seq nr	Year	Peak m3/s	Month /Day	Year	Peak m3/s	Month /Day
1	1968	3014	6 11	1968	3014	6 11
2	1969	1670	6 16	1979	2965	6 3
3	1970	2130	5 12	1981	2947	5 26
4	1971	2287	6 7	1975	2855	5 25
5	1972	2323	5 31	1976	2709	5 25
6	1973	1768	6 9	1982	2656	5 14
7	1974	2278	5 26	1983	2644	5 16
8	1975	2855	5 25	1978	2636	5 27
9	1976	2709	5 25	1984	2569	5 23
10	1977	2183	6 18	1987	2411	6 11
11	1978	2636	5 27	1986	2397	5 24
12	1979	2965	6 3	1972	2323	5 31
13	1980	2318	6 6	1980	2318	6 6
14	1981	2947	5 26	1971	2287	6 7
15	1982	2656	5 14	1974	2278	5 26
16	1983	2644	5 16	1977	2183	6 18
17	1984	2569	5 23	1970	2130	5 12
18	1985	2016	6 19	1985	2016	6 19
19	1986	2397	5 24	1988	1990	5 15
20	1987	2411	6 11	1973	1768	6 9
21	1988	1990	5 15	1969	1670	6 16

Figur 5.1 Långtidsprognos 1989-05-02--06-30 för Karunki baserad på indata från motsvarande perioder under åren 1968-1988. Den övre figuren visar de olika simuleringarna och nedanför har flödestopparna tabellerats.

BASIN: TORNIONJOKI/TORNEALVEN SUBBASIN 13



Forecast 1989 5 2 using data from the 21 previous years

VOLUME UNIT: accumulated daily mean discharge in m3/s

DATE	MIN	75%	50%	25%	MAX	DIFF(50%)
5 4	5100	5185	5976	6152	7850	1220
5 11	8112	10022	11153	13764	18621	1168
5 16	10888	15403	18312	22740	28458	1492
5 21	13758	22671	26087	31662	40233	2026
5 26	15661	30228	34165	42019	53934	1459
5 31	19971	39611	41951	52863	64459	1768
6 5	27672	45488	52466	60072	69326	1948
6 10	40321	51668	58722	65925	73263	1699
6 15	51230	59612	66126	71252	77553	1827
6 20	59179	65661	71778	75692	82594	1503
6 25	64964	71615	77384	79308	87364	601
6 30	67241	75096	80328	82822	91242	

ACCUMULATED VOLUME LAST DAY

CRONOLOGICAL ORDER		ORDER OF MAGNITUDE	
Year	Volume	Year	Volume
1968	73956	1975	91242
1969	71777	1987	90965
1970	76060	1979	90133
1971	68682	1977	85078
1972	82066	1974	82879
1973	75732	1984	82822
1974	82879	1972	82066
1975	91242	1980	82041
1976	74667	1982	80928
1977	85078	1983	80357
1978	67241	1981	80328
1979	90133	1986	79398
1980	82041	1985	77656
1981	80328	1970	76060
1982	80928	1973	75732
1983	80357	1988	75096
1984	82822	1976	74667
1985	77656	1968	73956
1986	79398	1969	71777
1987	90965	1971	68682
1988	75096	1978	67241

Figur 5.2 Långtidsprognoser från 1989-04-04 och 1989-05-02 till 1989-06-30 avseende kvarvarande tillrinningsvolym. Tabellerna avser endast den senare prognosen.

HYDROLOGISKA RAPPORTER

Nr	Titel	
1	Hydrokemiska data från de svenska fältforskningsområdena av Bengt Carlsson Norrköping 1985	17 Skogsskador - Klimat. Redovisning av ett SNV-projekt av Katarina Losjö, Barbro Johansson, Bertil Eriksson och Haldo Vedin Norrköping 1987
2	Utvärdering av 1985 års flödesprognoser av Martin Häggström Norrköping 1986	18 Bestämning av optimalt stationsnät för hydrologiska prognoser av Maja Brandt Norrköping 1987
3	Riktlinjer och praxis vid dimensionering av utskov och dammar i USA. Rapport från en studieresa i oktober 1985 av Sten Bergström, Per-Eric Ohlsson och Ulf Ehlin Norrköping 1986	19 Utvärdering av 1987 års vårflödesprognoser av Martin Häggström och Magnus Persson Norrköping 1988
4	SKÅNEPROJEKTET - Hydrologisk och Oceanografisk information för vattenplanering - ett pilotprojekt av Barbro Johansson, Erland Bergstrand och Torbjörn Jutman Norrköping 1986	20 Frys förluster av vatten av Todor Milanov och Jörgen Nilsson Norrköping 1988
5	Översiktlig sammanställning av den geografiska fördelningen av skador främst på dammar i samband med septemberflödet 1985 av Martin Häggström Norrköping 1986	21 Application of the HBV model to the upper Rio Cauca basin av Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval, Maria Elvira Vega Norrköping 1988
6	Vattenföringsberäkningar i Södermanlands län - ett försöksprojekt av Barbro Johansson Norrköping 1986	22 Snökartläggning med satellitdata avrinningsområde av Mats Moberg och Maja Brandt Norrköping 1988.
7	Areella snöstudier Av Maja Brandt Norrköping 1986	23 Hydrologiskt stationsnät Svenskt Vattenarkiv av Martin Gotthardsson och Sten Lindell Norrköping 1989
8	PULS-modellen: Struktur och tillämpningar av Bengt Carlsson, Sten Bergström, Maja Brandt och Göran Lindström Norrköping 1987	24 Aplicacion del modelo HBV a la cuenca superior del Rio Cauca av Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval, Maria Elvira Vega Norrköping 1989
9	Numerisk beräkning av vågor i kraftverksdammar av Lennart Punkqvist Norrköping 1987	25 Svåra islossningar i Torneälven. Förslag till skadeförebyggande åtgärder av Gun Zachrisson Norrköping 1989
10	Application of the HBV-Model to Bolivian Basins av Barbro Johansson, Magnus Persson, Enrique Aranibar och Roberto Llobet Norrköping 1987	26 Anpassning av HBV-modellen till Torneälven av Martin Häggström Norrköping 1989
11	Monthly Streamflow Simulation in Bolivian Basins with a Stochastic Model av Cecilia Ambjörn, Enrique Aranibar, och Roberto Llobet Norrköping 1987	
12	De svenska huvudvattendragens namn och mynningspunkter av Kurt Ehlert, Torbjörn Lindkvist och Todor Milanov Norrköping 1987	
13	Analys av avrinningsserier för uppskattning av effektivt regn av Göran Lindström Norrköping 1987	
14	Modellberäkning av extrem effektiv nederbörd av Maja Brandt, Sten Bergström, Marie Gardelin och Göran Lindström Norrköping 1987	
15	Sjökartor- och sjöuppgifter av Håkan Danielsson och Torbjörn Lindkvist Norrköping 1987	
16	Utvärdering av 1986 års vårflödesprognoser av Martin Häggström och Magnus Persson Norrköping 1987	



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping. Tel 011-15 8000. Telex 64400 smhi s.