SMHI HYDROLOGI
Nr 49, 1994

SVERIGES VATTENBALANS

Årsmedelvärden 1961-1990 av Nederbörd, Avdunstning och Avrinning

Maja Brandt, Torbjörn Jutman och Hans Alexandersson

SMHI HYDROLOGI

Ex1 Rapport SMHI
SVERIGES METEOROLOGISKA OCH HYDROL
94 -03- 3 0
BIBL

Nr 49, 1994

SVERIGES VATTENBALANS

Årsmedelvärden 1961-1990 av Nederbörd, Avdunstning och Avrinning

Maja Brandt, Torbjörn Jutman och Hans Alexandersson

Förord

Världsmeteorologiska organisationen (WMO) har fastställt att statistiska parametrar, som används för klimatbeskrivningar, skall beräknas för s k normalperioder om 30år, såsom 1931-1960, 1961-1990.

För Sverige finns tidigare publicerat 30-åriga nederbördssammanställningar för 1901-1930, 1931-1960 samt 1951-1980, för avrinning 1931-1960 och för avdunstning 1921-1950 samt 1931-1960. Vid jämförelse mellan dessa tidigare kartor och föreliggande uppsättning för 1961-1990 manas dock till viss försiktighet på grund av att det visat sig att 30 år kan vara en för kort tid att bilda medelvärden för samt att extrema, slumpmässiga händelser, såsom några mycket kraftiga nederbördstillfällen, kan slå igenom och påverka medelvärdet. I någon mån kan även skillnader i underlagsmaterial och framställningssätt påverka analysen.

Kartorna i rapporten är av översiktlig natur och hänsyn måste tas till detta vid utnyttjandet. Kartorna är inte lämpade för detaljplanering eller vid studier av korta delperioder.

Rapporten bygger på en omfattande mätinsats av observatörer i hela Sverige, som avläst instrument dag efter dag, år efter år, och skickat in uppgifter till SMHI, som sedan kontrollerats och lagrats av SMHIs personal i stora databaser.

I denna rapport har Hans Alexandersson svarat för nederbördsanalysen. Torbjörn Jutman har utvecklat metoden för beräkning av avrinningen och Gun Grahn har utfört avrinningsberäkningarna med HBV-modellen. Maja Brandt har genomfört analysen och verifieringen av avrinningen, svarat för avdunstningsanalysen samt sammanställt rapporten.

Kartorna har framtagits vid LM Kartor i Kiruna och renritats av Eva Lena Ljungqvist vid SMHI.

Norrköping februari 1994

Författarna

Omslagsfoto: Sårjåsjaure, en stilla kväll augusti 1993. Maja Brandt

Tryckt på SMHIs tryckeri, Norrköping
ISSN 0282-2601

Innehåll

	Sid.
Sammanfattning	1
Inledning och historik	2
Metodik	3
Nederbörd	3
Avrinning	4
Avdunstning	6
Resultat och diskussion	6
Referenser	8

Sveriges Vattenbalans
Årsmedelvärden 1961-1990 av nederbörd, avdunstning och avrinning

Sammanfattning

Föreliggande rapport redovisar Sveriges vattenbalans (korrigerad nederbörd, avrinning och avdunstning) i mm vattendjup i kartform som medelvärden för åren 1961-1990 (figur 2-4) samt avrinningen i $dm^3/(s \cdot km^2)$ (figur 5).

Nederbördskartan bygger på ca 1250 stationer, varav 504 stationer har varit i drift minst 28 år under 30-årsperioden. Ett problem är svårigheten att korrekt mäta nederbörd och att räkna om punktmätningar till arealnederbörd. De uppmätta värdena har korrigerats för mätfel och för höjdberoende.

För avrinningskartan har en ny metod utvecklats. Avrinningen beräknas med hjälp av HBV-modellen med bl a nederbörd som indata (Jutman, 1992). Resultaten har verifierats mot uppmätta avrinningar för mindre avrinningsområden (< 2 000 km^2) och även testats för ett antal stora områden. Avvikelsen från beräknad avrinning från hela Sverige är mindre än 10%.

Avdunstningen har beräknats som skillnaden mellan nederbörds- och avrinningskartan. För en 30-årsperiod kan man förutsätta att magasineringen i mark, sjöar osv kan försummas. Kartan har generaliserats för att spegla den relativt stora osäkerheten hos avdunstningsvärdena.

De förhärskande lågtrycksbanorna från väster medför att luften vid sydsvenska höglandet och i de västra fjälltrakterna tvingas uppåt, med avkylning samt moln- och nederbördsutfällning som följd, och där uppmäter vi de högsta nederbördsvärdena. Det finns även ett litet nederbördsmaximum innanför ostkusten som beror på att fuktig luft vid pålandsvind bromsas upp och tvingas uppåt. Minst nederbörd har området öster om fjällen i nordligaste Lappland, som följd av regnskugga och låg temperatur med ringa fuktighet. Det är i dessa trakter vi har de största nederbördsvariationerna med t ex 390 mm i Abisko (388 m ö h) och 1 330 mm i Riksgränsen (508 m ö h) på 30 kms avstånd (korrigerad nederbörd).

Avrinningen följer i stort sett nederbördsfördelningen, medan fördelningen under året avviker på grund av t ex snömagasinering, växtupptag och avdunstning.

Årsavdunstningen i södra Sverige har beräknats ligga mellan 400 mm och upp till 600 mm, i inre Norrland mellan 200 och 400 mm och i fjälltrakterna mindre än 200 mm.

Inledning och historik

En första sammanfattande översikt om nederbörden i Sverige utfördes av Hamberg (1910). Nederbördskartan är osäker och schematisk på grund av att mätningarna var få samt instrumentens uppställning och noggrannhet ej var helt bra. A. Wallén (1924) utarbetade nya kartor på basis av ett tätare stationsnät och C.C Wallén (1951) utförde den första normalvärdesberäkningarna för nederbörden 1901-1930 i Sverige. Kartorna grundades på uppmätta nederbördsmätningar, vilket leder till en systematisk underskattning av nederbörden.

Bergsten (1954) redovisade årsnederbörden för perioden 1921-1950 och visade på den stora betydelsen av att nederbördsstationerna var försedda med vindskärm. Flertalet stationer utrustades med skärm efter 1920. För perioden 1931-1960 bygger nederbördsredovisningen (Eriksson, 1980) på betydligt fler nederbördsstationer, och korrektioner har gjorts för mätfel och höjdförhållanden. Eriksson (1983) utförde även en sammanställning för åren 1951-1980.

Det är ett problem att bestämma arealnederbörden i svenska fjällområden på grund av bristen på representativa nederbördsstationer. Hydrologiska data från avrinningsområden har därför utnyttjats av t ex C.C. Wallén (1968) och Karlström (1975).

Vattenföringsuppgifter från svenska vattendrag publicerades för första gången av Slettenmark (1925), följt av Melin (1954), men den första avrinningskartan för Sverige publicerades av Tryselius (1971) för perioden 1931-1960. Det påpekades att den endast skulle användas som en översiktskarta och inte för detaljerade beräkningar.

Årsavdunstningen är mycket svår att mäta, och det vanligaste sättet att producera medelavdunstningskartor har varit med hjälp av nederbörds- och avrinningsuppgifter, dvs avdunstningen har beräknats som skillnaden mellan areell nederbörd och avrinning. Är tidsperioden tillräckligt lång kan magasineringsförändringar i snö, i sjöar, i marken osv försummas. Detta indirekta sätt att beräkna avdunstningens storlek i olika avrinningsområden i Sverige har utnyttjats av t ex A. Wallén (1934), Melin (1943) för Malmagens fjällområde i Härjedalen och Bergsten (1950). I de äldre beräkningarna (före 1931-1960 års kartor) korrigerades inte de uppmätta nederbördsuppgifterna, vilket medför att den areella nederbörden är underskattad och till följd därav också avdunstningen. För hela Sverige finns en avdunstningskarta för perioden 1921-1950 i Atlas över Sverige (Lundqvist, 1953) och för Norden för perioden 1931-1960 sammanställd av Forsman (1976). Eriksson (1980) har gjort en betydligt mer detaljrik årsavdunstningskarta för samma period 1931-1960, och där avdunstningen är högre än på Forsmans karta på grund av att Eriksson bygger på en nederbördskarta med högre korrektioner.

Medelavdunstningen har även beräknats på andra sätt. Tamm och Lundqvist utarbetade t ex en detaljrik karta över klimatets humiditet i Sverige utanför fjällregionen för 1921-1950, där den årliga medelevapotranspirationen grundades på regressionssamband mellan årets medeltemperatur och evapotranspiration (Tamm, 1959). Direkta mätningar av verklig avdunstning är sparsamma i Sverige. Under

IHD-perioden (Internationella Hydrologiska Dekaden 1965-1974) uppmättes och beräknades avdunstningen i ett antal små avrinningsområden, såsom Velen, Kassjöån och Lappträsket. Utomlands används ofta energibalansberäkningar.

Det är ett problem att få konsistenta kartor för vattenbalansen, dvs nederbörd - avrinning = avdunstning. Det första försöket gjordes av Karlström (1975) för södra Sverige och för västra Jämtland. Forsman (1976) fortsatte med preliminära och kraftigt generaliserade kartor för hela Norden för perioden 1931-1960. Eriksson (1980) gjorde en liknande och mer detaljrik uppsättning av vattenbalanskartor för samma period, men som skiljer sig en hel del från Forsmans kartor.

Vår avsikt med vattenbalanskartorna för 1961-1990 är att de skall visa de areella förhållandena för nederbörd, avrinning och avdunstning i Sverige och att de skall vara så konsistenta som möjligt. Nederbörden är den mest detaljrika kartan, eftersom den bygger på största antalet mätstationer. Korrektionerna är dock svåra att säkert fastställa för varje station, och kartan skall därför inte användas för att uppskatta nederbörden lokalt utan ger mer den storskaliga bilden. Dagens avrinningsmätningar och -beräkningar ger en mindre detaljrikedom än motsvarande för nederbörden. Avdunstningen i sin tur är beräknad som skillnaden nederbörd och avrinning. Den är osäker och har kraftigt generaliserats på kartan.

Metodik

Nederbörd

Nederbördskartan baseras på punktmätningar vid ca 1250 nederbördsstationer, varav 504 stationer varit i drift minst 28 år under 30-årsperioden och 227 stationer maximalt saknar 2 månaders mätningar. Brott i mätserier har fyllts i genom regressionsförfarande mot närliggande stationer. Mätresultaten framgår som månads- och årsmedelvärden i Alexandersson m fl (1991).

Värdena för varje station har korrigerats med avseende på mätfel, dvs för avdunstningsförluster från mätkärl och vidhäftning i mätkärlet, samt för vindförluster. Korrektionsberäkningarna redovisas närmare i Eriksson (1983).

Avdunstningsförlusterna sker i första hand under perioden maj till augusti. Den rör sig om ca 20 mm/år i södra Sverige och är lägre i fjällen (ner till ca 5 mm/år). I genomsnitt för Sverige är den 15 mm/år. Vidhäftningen är beroende av antalet nederbördstillfällen och beräknas till ca 30 mm/år i Sverige. Vidhäftnings-korrektionen är något lägre för perioden 1961-1990 än för 1951-1980 på grund av att gränsen för nederbördstillfälle eller ej har ansatts annorlunda.

Vindförlusterna är den största korrektionen och den är beroende av exponeringen. Eriksson (1983) delade in alla stationer i sju olika vindexponeringsklasser beroende på hur vindutsatt mätaren står. För varje sådan klass har den procentuella korrektionen för fast (snö) resp flytande (regn) nederbörd fastställts. Snönederbörd har betydligt större vindkorrektion än regn. För perioden 1961-1990 har den

procentuella korrektionen för vindutsatta stationer med mycket snönederbörd reducerats något jämfört med Eriksson (1983) på grund av nyare forskningsresultat. För väl och måttligt skyddade stationer är vindkorrektionen för hela året 5-15%, medan den är 15-35% för oskyddade lägen.

Det föreligger naturligtvis en stor osäkerhet i de satta korrektionerna och i de korrigerade punktnederbördsvärdena. Det pågår ett nordiskt samarbetsprojekt med syfte att mäta vindförluster, vidhäftning och avdunstningsförluster för olika typer av mätare både vid regn och snö (Huovila et al., 1988; Madsen et al., 1993). Det bör på sikt bli möjligt att göra säkrare bedömningar av den nederbördsmängd som verkligen når marken.

Utifrån de korrigerade punktnederbördsvärdena har isohyeter (=isolinjer för lika nederbörd) dragits manuellt på en karta i skala 1:2,5 M, där hänsyn tagits till höjden och läget (t ex regnskugga). Det är viktigt att påpeka att rumsvariationen hos nederbörden är stor och inte kan framträda i alla detaljer och speciellt inte när kartan förminskas som skett i denna rapport.

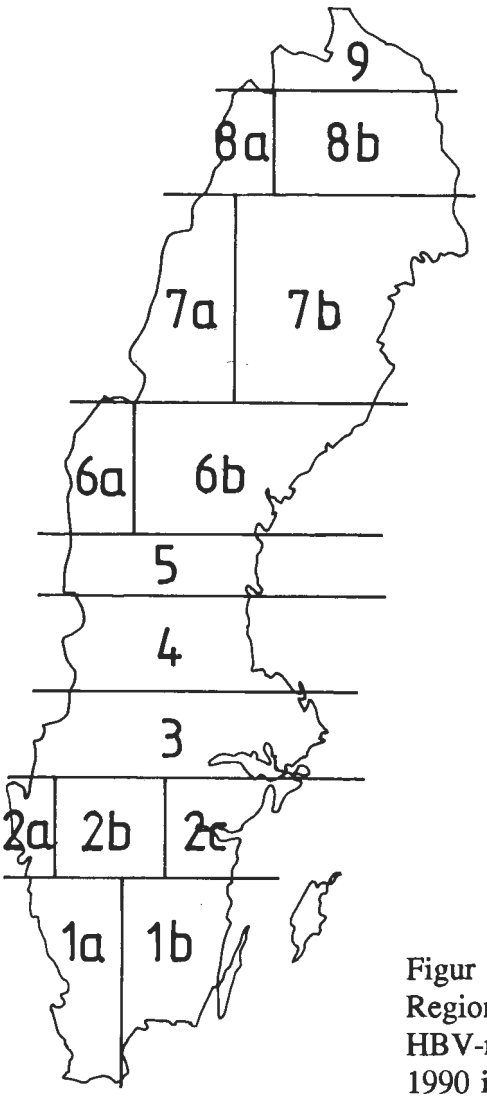
Avrinning

Vattenföringen, som kan räknas om till avrinning i mm eller $dm^3/(s \cdot km^2) = l/(s \cdot km^2)$ om avrinningsområdets yta är känd, mäts idag vid 420 stationer, varav det finns 226 som fungerat hela perioden 1961-1990. Till skillnad från nederbördsmätningar erhålls ett areellt medelvärde för hela avrinningsområdet, som för Sveriges vattenföringsnät varierar från ca 1 till 47 000 km^2, vilket gör att det är svårt att direkt överföra resultaten till en karta.

Tidigare avrinningskartor från SMHI har grundats på dessa areella värden, men kompletterats med vattenbalansbetraktelser för områden där avrinningsmätningar saknas. Det senare innebär att man beräknar den areella avdunstningen som skillnaden mellan nederbörd och avrinning för avrinningsområden, där det finns mätningar, och vid kartritningen för områden utan direkta avrinningsmätningar utnyttjar framräknade avdunstningsvärden från närliggande områden och beräknar avrinningen som skillnaden mellan nederbörd och avdunstning. Det här ger naturligtvis en stor osäkerhet jämfört med direkta mätningar.

För att försöka förbättra precisionen har avrinningskartan för perioden 1961-1990 tagits fram med ny teknik (Jutman 1992). Avrinningen har beräknats som ett areellt medelvärde för varje topografiskt kartblad i Sverige, dvs ca 750 rutor om $25 \cdot 25$ km^2 med hjälp av HBV-modellen. Beskrivningen av modellen, dess struktur, utveckling och tillämpningar återfinns i Bergström (1992). Det är en begreppsmässig avrinningsmodell. Den innehåller ett antal koefficienter, vars värden erhålls genom kalibrering mot observationer. Indata är daglig nederbörd och temperatur. Tempera-turen används för att bestämma om nederbörden faller som snö eller regn och för bestämning av snösmältningens storlek. Modellen har använts i mer än 20 år och efterhand som antalet tillämpningar av modelltekniken vuxit har vi funnit att vissa koefficienter kan regionaliseras och vissa kan hållas konstanta (Bergström, 1990; Johansson, 1992).

Sverige har delats in i 15 regioner (figur 1) som ett resultat av en regionalisering av några av de väsentligaste modellkoefficienterna. För varje topografisk ruta har medelhöjd, sjöprocent, andelen skog och öppen mark beräknats med hjälp av uppgifter från SVAR (Svenskt Vattenarkiv). Samtliga svenska nederbördstationer, som varit i drift under 30-årsperioden, samt några norska stationer har inkluderats, men inga som har kortare serier, vilket innebär att antalet utnyttjade stationer i vissa områden varit mycket glest. Detta gäller framförallt i våra fjällområden. Upp till fyra nederbördsstationer har relaterats till varje topografisk ruta tillsammans med den närmaste belägna temperaturstationen samt beräknad potentiell evapotranspiration för den närmast belägna synopstationen.



Figur 1.
Regionindelning för lika modellkoefficienter i HBV-modellen vid avrinningsberäkning 1961-1990 i Sverige.

För att få ett dagligt nederbördsvärde för varje ruta har nederbördsstationernas mätvärden viktats samman och höjdinformationen nyttjats för att höjdkorrigera det sammanviktade värdet. Informationen om fördelningen av skog och öppen mark har betydelse för snöfallskorrektionen och för snösmältningsberäkningen. I modellen sker indirekt en korrektion av de uppmätta värdena för mätfel mm.

Utifrån dessa dagliga nederbörds- och temperaturdata har avrinningen simulerats med hjälp av modellen och de regionalt valda modellkoefficienterna. Avrinningen har summerats från dagliga värden till månads- och årsmedelvärden för hela 30 årsperioden.

De modellberäknade medelårsavrinningarna har jämförts med de uppmätta avrinningarna för samma 30-årsperiod genom att vikta samman de areellt beräknade avrinningarna för resp. avrinningsområde. Detta har utförts för samtliga vattenföringsstationer under 2 000 km^2 och för ytterligare några stora avrinningsområden såsom Luleälven vid Porjus och Boden , Indalsälven vid Hammarforsen, Dalälven vid Fäggeby, Mälarens utlopp, Motala Ström vid Kimstad och Göta älv efter Vänern.

Om generella avvikelser upptäcktes mellan simulerad och uppmätt avrinning i någon av de 15 regionerna justerades de regionala modellkoefficienterna och modellsimuleringen för hela regionen gjordes om igen. Efter ett antal omkörningar och finjusteringar av koefficienterna fastställdes dessa när verifieringen mot mätningar visade på så god överensstämmelse som möjligt. I vissa trakter är antalet vattenföringsstationer som varit i drift hela perioden litet och här förlängdes ett antal avrinningsserier genom ett regressionsförfarande mot långa serier och användes vid verifieringen (främst i norra fjälltrakterna och på Gotland).

Avrinningskartan är framställd med datormetod utifrån de areella avrinningsvärdena för varje ruta.

Avdunstning

Nederbörds- och avrinningskartorna ditigaliserades i Arc/Info-format, och differensen mellan dem beräknades (=avdunstningen) i samma system och redovisades i kartform.

Nederbördskartan bygger på ett stort antal punktmätningar och är betydligt mer detaljrik än avrinningskartan. Den senare bygger på ett rutnät bestående av ca 750 rutor med ett areellt medelvärde på avrinningen för var och en. Dras skillnaden mellan dessa erhålls en avdunstningskarta med stora lokala variationer. Många av dessa är inte reella utan beror på att avdunstningen är beräknad som kombination av två variabler, som var för sig är osäkra och med olika rumsupplösning. En genomgång av den digitalt framställda avdunstningskartan har skett genom manuell uppskattning av nederbörden i varje ruta ifrån nederbördskartan och subtraktion av simulerad avrinning för resp. ruta och slutligen en förenkling vid renritningen.

Resultat och diskussion

I figurerna 2 - 4 återfinns kartor för årsmedelnederbörd, -avrinning och -avdunstning för perioden 1961-1990 i mm. Medelavrinningen i $dm^3/(s \cdot km^2)$ presenteras i figur 5.

Nederbördskartan bygger på punktmätningar, men även om stationsnätet är relativt tätt i vissa delar av Sverige så finns det många närbelägna stationer med relativt stora

avvikelser. Det kan bero på hur vindutsatt de står och de ansatta korrektionerna, på mätkvalitén samt på lokala naturliga variationer. De dragna isohyeterna kan därför aldrig tas som exakta värden.

Beräkningsmetoden för avrinningskartan ger ett avrinningsvärde för varje ruta och borde lämpligen presenteras på samma sätt, men här har valts en karta med isolinjer, dels för att passa ihop med nederbördskartan och dels av historiska skäl. Det kan diskuteras om en presentation i rutnät inte är att föredraga. Denna metod utnyttjades i Skåneprojektet utav Bergstrand m fl. (1986) för hydrologisk och oceanografisk information för vattenplanering.

Anpassning av modellkoefficienter i regionerna har skett så att den modellberäknade skall överensstämma så långt som möjligt med de uppmätta avrinningarna i avrinningsområden mindre än 2 000 km^2. Ett stort problemområde är naturligtvis de svenska fjällen, där antalet nederbördsstationer med en 30-årsserie som indata är mycket få och ej kan beskriva den stora rumsliga variabiliteten.

En slutlig test av avrinningskartan kan göras mot beräknad avrinning från hela Sverige (eller tillrinning till havet). Det är en beräkning, som finns månads- och årsvis för hela och delar av Sverige sedan 1931. Den bygger på uppmätta vattenföringar från 86% av hela Sveriges yta och där resterande del har uppskattats utifrån avrinning vid närliggande stationer. Det skall dock observeras att täckningen av tillrinningen till havet inte är lika väl underbyggd i alla delar av Sverige. Den bästa observationstäckningen återfinns i tillrinningen till Bottenviken med 90% och den sämsta till Egentliga Östersjön med 74%. Tillrinningen till havet är beräknad till 381 mm (inklusive finska tillrinningen till Torne älv och den norska till Klarälven, Indalsälven och Ångermanälven). Motsvarande beräkning av den totala avrinningen från Sverige från avrinningskartan är 415 mm, vilket är 8% högre. En närmare granskning tyder på att avrinningen i regionerna 1a (Västkusten), 2c (Mälarregionen) och 7-9 (norra Norrland) kan vara överskattade.

Av ovanstående är det klart att osäkerheten i avdunstningen är relativt stor. Det finns inga bra avdunstningsmätningar i Sverige att jämföra med för hela den aktuella 30-årsperioden. Överensstämmelsen med beräkningarna under IHD-perioden för några representativa områden visar hygglig överensstämmelse. Vattenbalansberäkningar för ett antal utvalda små avrinningsområden mellan 100 och 800 km^2 ger både bra och relativt dåliga överensstämmelser för avdunstningen, vilket nog främst visar svårigheten att detaljgranska kartan och att beräkna avdunstningen med vattenbalans-metoden (Evremar, 1994). Största avvikelsen återfinns i Jämtlands och Härjedals-fjällen, där vattenbalansberäkningarna tyder på högre avdunstning än vad som presenteras på kartan.

Det är svårt att göra jämförelser mellan kartor för olika perioder. För perioden 1931-1960 finns det t ex flera versioner av nederbördskartor för Sverige med olika korrektioner och mer eller mindre kraftiga generaliseringar. I texten till avrinnings-kartan 1931-1960 (Tryselius, 1971) påpekas det tydligt att kartorna skall användas som översikter och inte för att ta fram exakta värden i ett litet område. För perioden 1951-1980 finns en ny nederbördskarta, som är framtagen på liknande sätt som för

perioden 1961-1990, medan motsvarande avrinnings-och avdunstningskarta saknas.

Den generella nederbördsfördelningen är likartad på nederbördskartorna från 1931-1960 (Erikssson, 1980), 1951-1980 (Eriksson, 1983) och 1961-1990 med nederbördsmaxima på västsidan av den svenska fjällkedjan och sydsvenska höglandet. Maximivärdena på sydsvenska höglandet överstiger 1 300 mm på kartan 1951-1980 mot 1 200 mm på kartorna för 1931-1960 och 1961-1990, vilket i alla fall för 1961-1990-kartan beror på en lägre ansatt vindkorrektion för ett antal stationer i området. Nederbörden för perioden 1951-1980 var lägre på västsidan av svenska fjällen jämfört med 1931-1960 och 1961-1990. Både kartan för 1951-80 och för 1961-90 har ett tydligt maximum längs Bottenhavskusten med nederbördsmängder större än 800 mm.

Årsavrinningsfördelningen på kartorna 1931-1960 (Eriksson, 1980; Tryselius, 1971) och 1961-1990 uppvisar ett likartat mönster över Sverige. Avrinningen från västsidan av svenska fjällen är dock lägre för 1961-1990, vilket till största del troligen beror på skillnader i arbetsmetodik. För 1961-1990 är den simulerad med ett areellt värde för varje 25·25 km^2 stor ruta, medan den i 1931-1960-års kartor byggde på den mer detaljrikt ritade nederbördskartan. Maximivärdena är därför lägre på 1961-1990-års karta och uppgår till 1 460 mm mot 1 600 mm 1931-1960. Längs Bottenhavskusten från Hudiksvall upp mot Umeå finns ett avrinningsmaxima, som överstiger 400 mm, vilket helt saknas på kartan för 1931-1960. Avrinningen kring Storsjön i Jämtland uppvisar ett avrinningsminimum på kartan 1961-1990 med knappt 200 mm över sjön mot ca 300 mm 1931-1960, där det är betydligt mindre uttalat.

Årsavdunstningen är som nämnts betydligt osäkrare. Forsmans generaliserade avdunstningskarta (1976) för Norden 1931-1960 uppvisar stora likheter med kartan för 1961-1990, bortsett från att avdunstning större än 500 mm över Vänern, Vättern och delar av Sydsverige saknas. Erikssons avdunstningskarta (1980) för 1931-1960 uppvisar genomgående högre avdunstningsvärden än på kartan för 1961-1990.

Referenser

Alexandersson, H., Karlström, C. och Larsson-McCann, S. (1991) Temperatur och nederbörd i Sverige. 1961-90. Referensnormaler. SMHI Meteorologi nr 81.

Bergsten, F. (1950) Contribution to study of evaporation in Sweden. SMHI Medd. ser D, nr 3.

Bergsten, F. (1954) Nederbörden i Sverige. Medelvärden 1921-50. SMHI Medd. ser. C, nr 5.

Bergstrand, E., Johansson, B. och Jutman, T. (1986) Skåneprojektet. Hydrologisk och oceanografisk information för vattenplanering - ett pilotprojekt. SMHI Hydrologi nr 4.

Bergström, S. (1990) Parametervärden för HBV-modellen i Sverige. Erfarenheter från modellkalibreringar under perioden 1975-1989. SMHI Hydrologi nr 28.

Bergström, S. (1992) The HBV model - its structure and applications.
SMHI RH No 4.

Eriksson, B. (1980) Sveriges vattenbalans. Årsmedelvärden (1931-60) av nederbörd, avdunstning och avrinning. SMHI RMK 18 och RHO 21.

Eriksson, B. (1983) Data rörande Sveriges nederbördsklimat. Normalvärden för perioden 1951-80. SMHI Klimatsektionen rapport 1983:28.

Evremar, Å. (1994) Bestämning av avdunstningens höjdberoende i svenska fjällområden ur vattenbalansstudier och modellering. Examensarbete vid Avd. för Hydrologi, Uppsala Univ.

Forsman, A. (1976) Water balance maps of the Nordic countries.
Vannet i Norden, nr 4, 1976.

Hamberg, H.E. (1910) Nederbörden i Sverige 1860-1910. Bih. till Met iaktagelser i Sverige. Bd 52, ser 2 bd 38.

Huovila, S., Elomaa, E., Leminen, K., Tammelin, B. and Tuominen, A. (1988) Comparison of snow gauges used in Nordic countries - contribution of Finland to WMO solid precipitation measurement intercomparison. Meteorological Publ. nr 9, Finnish Met. Inst., Helsinki.

Johansson, B. (1992) Vattenföringsberäkningar i recipientkontrollpunkter - en utvärdering av PULS-modellen. Vatten årg. 48, 2: 111-116.

Jutman, T. (1992) Production of a new runoff map of Sweden. Nord. Hydr. Konf. i Alta, Norge, 4-6 Aug. 1992, NHP rapport nr 30, s. 643-651.

Karlström, C. (1975) Vattenbalansstudier i Sverige. Vannet i Norden, 3: 29-37.

Lundqvist, M (1953) (huvudred) Atlas över Sverige. Utgiven av Svenska Sällskapet för Antropologi och Geografi.

Madsen, H., Perälä, J., Rissanen, P., Jonsson, T., Førland, E.J. and Dahlström, B. (1993) Statistical analysis of data from the international experiment field at Jokioinen, Finland. Vannet i Norden, årg 26, 3: 2-10.

Melin, R. (1943) Nederbörd och vattenhushållning inom Malmagens fjällområde.
SMHA Medd. serien Uppsatser Nr 44.

Melin, R. (1955) Vattenföring i Sveriges floder. SMHI Medd. ser D, nr 6.

Slettenmark, G. (1925) De svenska flodernas vattenmängder.
SMHA Medd. Bd 3, nr 5.

Tamm, D. (1959) Studier över klimatets humiditet i Sverige.
Kungl. Skogshögskolans skrifter nr 32.

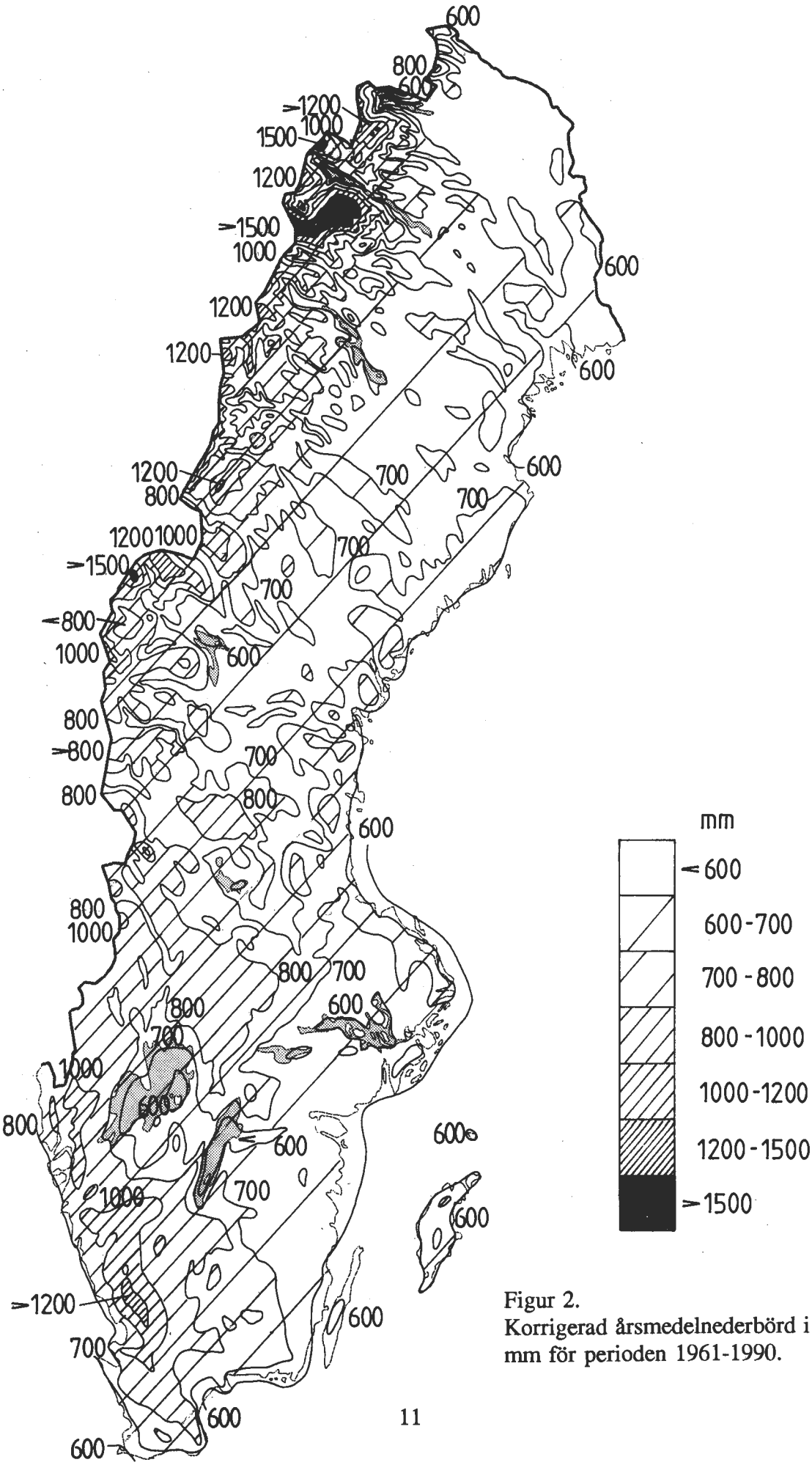
Tryselius, O. (1971) Runoff map of Sweden. Average annual runoff for the period 1931-60. SMHI. Medd. ser. C, nr 7.

Wallén, A. (1924) Nederbördskartor över Sverige. SMHA Medd. Bd. 2 nr 3.

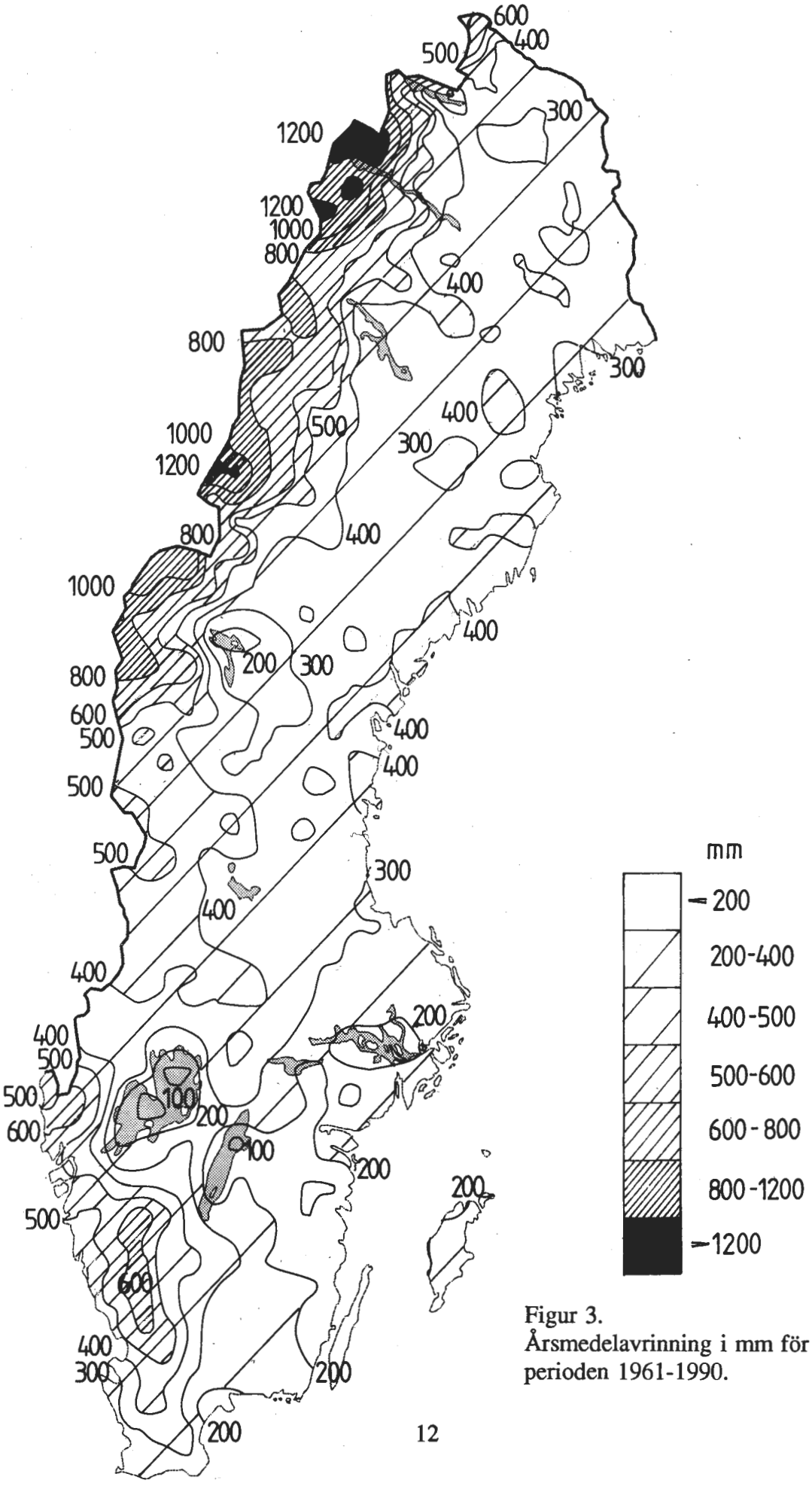
Wallén, A. (1934) Till frågan om avdunstningens storlek i Sverige.
Svenska skogsvårdsföreningens tidskrift, häfte I-II.

Wallén, C.C. (1951) Nederbörden i Sverige. Medelvärden 1901-1930.
SMHI Medd. ser. A, nr 4.

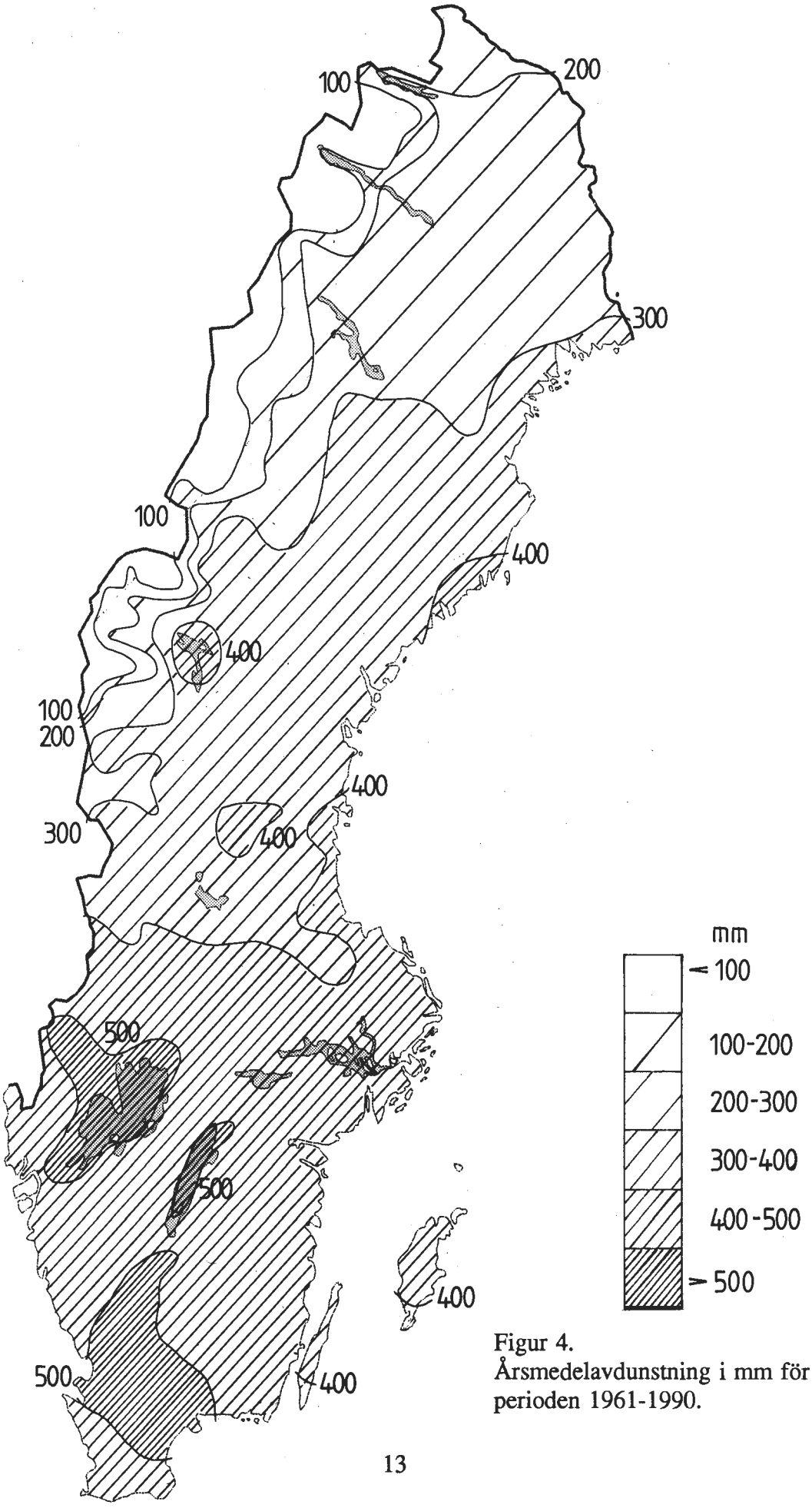
Wallén, C. C. (1968) A modified method to determine the annual precipitation in the Scandinavian mountains. Ingår i SMHI Medd. serie B, nr 28, Scientific papers dedicated to Dr Anders Ångström.



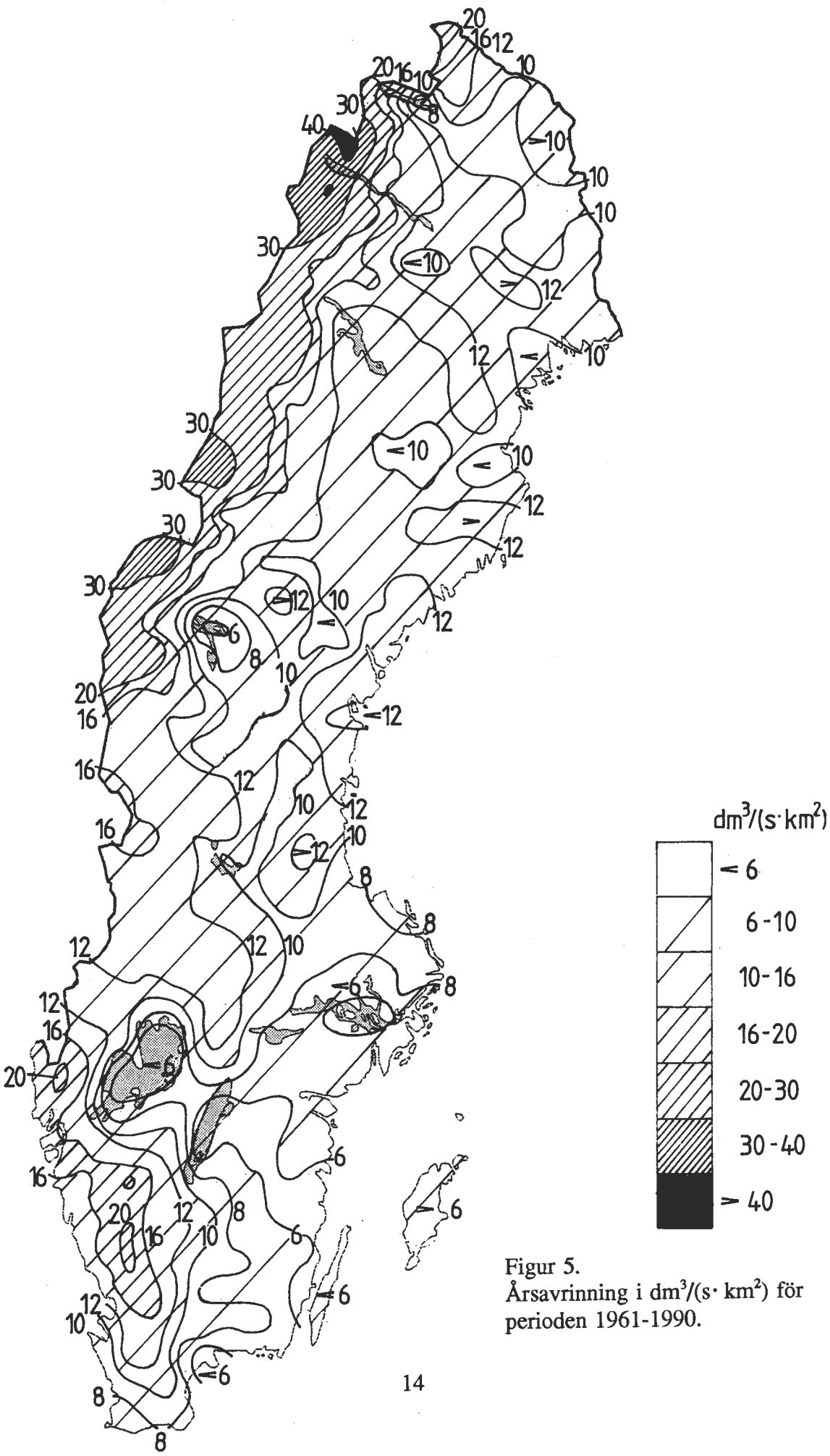
Figur 2.
Korrigerad årsmedelnederbörd i mm för perioden 1961-1990.



Figur 3.
Årsmedelavrinning i mm för perioden 1961-1990.



Figur 4.
Årsmedelavdunstning i mm för perioden 1961-1990.



Figur 5.
Årsavrinning i $dm^3/(s \cdot km^2)$ för perioden 1961-1990.

SMHI Reports Hydrology (RH)

1. Sten Bergström, Per Sandén and Marie Gardelin (1990) Analysis of climate-induced hydrochemical variations in till aquifers.

2. Maja Brandt (1990)
Human impacts and weather-dependent effects on water balance and water quality in some Swedish river basins.

3. Joakim Harlin (1992)
Hydrological modelling of extreme floods in Sweden.

4. Sten Bergström (1992)
The HBV model - its structure and applications.

5. Per Sandén and Per Warfvinge (1992)
Modelling groundwater response to acidification.

6. Göran Lindström (1993)
Floods in Sweden — Trends and occurrence.

7. Sten Bergström and Bengt Carlsson (1993)
Hydrology of the Baltic Basin. Inflow of fresh water from rivers and land for the period 1950 - 1990.

8. Barbro Johansson (1993)
Modelling the effects of wetland drainage on high flows.

SMHI Hydrologi (H)

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 avrinnings-område.

23. Martin Gotthardsson och Sten Lindell (1989)
Hydrologiskt stationsnät. Svenskt Vattenarkiv.

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 to six Centralamerican 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/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. Vattenföring i Sverige. Del 1. Vattendrag till Bottenviken (under utgivning). Svenskt Vattenarkiv.

41. Vattenföring i Sverige. Del 2. Vattendrag till Bottenhavet. (under utgivning). Svenskt vattenarkiv

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

43. Vattenföring i Sverige. Del 4. Vattendrag till Västerhavet (under utgivning). Svenskt Vattenarkiv.

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

SMHI

Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut
601 76 NORRKÖPING. Tel 011-15 80 00. Telefax 011-17 02 07