



Älvtemperaturers variationer i Sverige under en 10-årsperiod

Behzad Kouchehi

Älvtemperaturers variationer i Sverige under en 10-årsperiod

Behzad Koucheqi

Omslagsfoto: Biflöde till Lunndörrsån, Jämtland
Fotograf: Maja Brandt

© SMHI 1995
Citera oss gärna och använd materialet, men ange källan

CA-Tryck AB Norrköping 1995

ISSN 0283-7722

Issuing Agency Swedish Meteorological and Hydrological Institute S-601 76 Norrköping Sweden		Report number SMHI HYDROLOGY No.61
		Report date September 1995
Author (s) Kouchehi, Behzad		
Title (and Subtitle) VARIATION OF RIVER WATER TEMPERATURE IN SWEDEN during a 10-year period		
Abstract Statistical analyses have been performed on river water temperatures for the period 1977-86. A general description is given of variation in time and space, e.g. consisting of a mapping of mean annual temperatures and a study of the dependence of correlation with distance. The second part of the report describes development and testing of various regression models for the simulation of daily values of water temperature. All models included air temperature as a predictor. Air temperature has been a measure of incoming radiation. River flow was excluded from the analysis at an early stage as no correlation was found between water temperature and river flow. Best results were accomplished by including a variable describing the average seasonal behaviour. The distance between the observation point and upstream nearest big lake as well as the lake percentage was shown to be important for the seasonal variation.		
Key words water temperature, analysis of correlation, simulation model		
Supplementary notes	Number of pages 16	Language Swedish
ISSN and title ISSN 0283 - 7722		
Report available from: SMHI S-601 76 Norrköping Sweden		

Innehållsförteckning	sid
Förord	c
Sammanfattning	d
1. Inledning	1
1.1 Syfte och problemformulering	1
1.2 Dataunderlag	1
1.3 Definitioner	2
2. Allmänbeskrivning av älvtemperatur	3
2.1 Älvtemperatures variation	3
2.1.1 Beskrivning av älvtemperatures geografiska variation	3
2.1.2 Beskrivning av älvtemperatures rumskorrelation	6
2.1.3 Älvtemperatures säsongsvariation	7
3. Modell för älvtemperatur	9
3.1 Datamaterialet	9
3.2 Metodik	10
3.3 Modell för vattentemperaturen	10
3.3.1 Linjär regression	10
3.3.2 Användning av generaliserad säsongsvariation	12
3.3.3 Beskrivning av säsongsvariation med dummyvariabler	13
4. Slutsatser	15
Referenser	16
Bilaga 1	

FÖRORD

Denna rapport har utgjort mitt examensarbete inom Statistiker linje vid Matematiska institutionen i Linköping. Arbetet utförts inom affärsområde Samhälle vid SMHI.

I mitt arbete har jag fått god vägledning och hjälp av min handledare vid universitetet, Anders Nordgaard och av Maja Brandt och Torbjörn Jutman vid SMHI.

Jag tackar alla dessa personer för deras vänliga bistånd.

SAMMANFATTNING

I denna rapport beskrivs älvtemperaturens rums- och tidsvariation. Dessutom beskrivs utprovning av olika modeller för sambandet mellan vattentemperatur och meteorologiska och/eller hydrologiska variabler. Jämförelser mellan olika modellansatser genomförs genom test på oberoende observationsperiod.

Kallaste älvtemperaturen under den studerande perioden (1977-86) uppvisar Luleälven med årsmedeltemperaturen 4,4 grader, medan Mörrumsån har den varmaste årsmedeltemperaturen med 8,6 grader. Vattentemperaturen sjunker från söder till norr och från kusten till inlandet.

Korrelationer skattas mellan 46 stationers vattentemperaturer (månadsmedelvärden). För korrelationsberäkningarna har endast stationer med avrinningsområde mindre än 10000 km² utnyttjats. Resultaten visar på starkt beroende mellan stationerna, dock med svagt avtagande med avståndet. Orsaken är likheterna i säsongsvariationen över hela landet. Motsvarande analys genomförs på dygnsvärden för ett urval bland de 46 stationerna.

Säsongsvariationerna hos älvtemperaturen under åren är likartade. Under 6 månader, mellan november till april, har vattentemperaturerna sina lägsta månadsmedelvärden, dvs mellan knappt noll till en grader. I juli eller augusti uppnår temperaturen toppen. Hur länge kalla och varma tider varar, beror på var stationen är belägen. Avrinningsområdets storlek och andel sjö inom avrinningsområdet syns inte ha stor betydelse i detta sammanhang. Däremot finns samband mellan temperaturvariationen amplitud och avståndet uppströms från mätstationen till större sjö.

I rapporten anges modeller avseende simulering av dygnsvärde för vattentemperatur. Vattentemperaturens variationer beskrivs med hjälp av lufttemperatur och/eller information om säsongsvariation. Vattenföring har använts som oberoende variabel men har ej varit signifikant för beskrivningen av vattentemperaturens variationer.

Olika modeller har anpassats till observationer från tio stationer, befintliga i tio vattendrag över hela landet. Användning av säsongsvariabel i modellen har varit väsentlig för uppnående av god prestanda. Säsongsvariabel i modellen har bestämts med hjälp av tio års månadsmedelvärden för vattentemperaturen, alternativt genom användning av så kallade dummyvariabler. Två modellvarianter, båda innehållande säsongsvariabel, har gett över 95% förklarad variation vid test mot oberoende period av dygnsvärden.

1. Inledning

Stationsnätet för vattentemperaturmätning i rinnande vatten vid SMHI har funnits sedan början av 1940-talet. Mätningarna motiverades främst av behovet av underlag för isutredningar i samband med utbyggnaden av vattenkraften. Sammanlagt har det funnits ca 300 stationer under varierande perioder.

Användningen av information om älvtemperatur har minskat rejält i omfattning när det gäller isutredningar på grund av den numera låga vattenkraftutbyggnaden. Däremot har intresset ökat något inom miljöområdet och i projekt avseende utvinning av värme med värmepumpar. Det totalt sett minskade intresset sammantaget med hårda besparingskrav kommer att medföra inskränkningar i stationsnätet för älvtemperaturmätningar.

Nuvarande stationsnät omfattar 87 stationer. 28 av stationerna överför automatiskt temperaturvärdena till SMHI. Mätfrekvensen är mellan flera gånger per dygn till några gånger per vecka (Gotthardsson m.fl., 1992).

Denna rapport baseras på bearbetade och lagrade mätdata från dessa stationer.

1.1 Syfte och problemformulering

Syftet med den här rapporten är att ge en översiktlig bild av älvtemperaturens variation i tid och rum i Sveriges älvar. Rapporten ska också visa på samband mellan älvtemperatur och de meteorologiska eller hydrologiska variabler som kan tänkas styra dess variationer.

Rapporten är indelad i två huvudavsnitt:

1. Allmän beskrivning av älvtemperaturens rums- och tidsvariation. Detta genomförs med hjälp av månads- och årsmedelvärden av observationer från olika stationer som finns och har funnits som ett nät i hela landet.

2. Framtagning av en modell som ger sambandet mellan älvtemperatur och olika meteorologiska och/eller hydrologiska variabler, exempelvis lufttemperatur och vattenföring. En sådan modell kan användas för att simulera temperaturvärden för nedlagda stationer och den kan även i kombination med annan metodik, t.ex. mesoskalig analys (se avsnitt 3 sida 9), utgöra grunden för en generaliserad beskrivning av älvtemperaturer i tid och rum.

1.2 Dataunderlag

För att skapa ett lämpligt dataunderlag har 91 vattentemperaturstationer, spridda över landet, valts med utgångspunkt från observationsperiodens längd och eventuell förekomst av luckor i observationsserien.

De befintliga observationsserierna innehåller en hel del luckor p.g.a. att observationerna av en eller annan grund uteblivit. De flesta av luckorna är relativt korta, någon eller några dagar. Dessa luckor har fyllts före vidare bearbetning under förutsättning att observationer inte saknats för en period längre än 14 dagar. Kompletteringen har skett med linjär interpolation. För att undvika serier med endast ett fåtal men jämnt spridda värden ställdes dessutom kravet att

antal saknade värden ej skulle ha varit högre än 145 under ett år, motsvarande ett bortfall av 40%. 145 är de ungefärliga antal helg- och semesterdagar under ett år. Vid de manuella stationerna sker ingen observation under dessa dagar.

Stationerna täcker hela Sverige och nästan alla huvudflodområden är representerade. Avrinningsområdets storlek för de stationer som analyserats varierar mellan 40 och 47036 Km².

Observationsserierna för vattenföring och lufttemperatur är helt kompletta.

1.3 Definitioner

Följande termer har använts i olika sammanhang i rapporten (Gotthardsson m.fl., 1992).

Avrinningsområde:

Avrinningsområde är ett viktigt hydrologiskt begrepp. Avrinningsområdet avgränsas av vattendelaren som omsluter det område som dräneras till ett vattendrag. För varje punkt i ett vattendrag, till exempel ett stationsläge, definieras ett avrinningsområde.

Avrinning:

Avrinning = Nederbörd minus Avdunstning och transpiration.
Avrinning kan vara ytavrinning och via grundvattnet.

Vattendrag:

Inom avrinningsområdet utvecklas ett nätverk av stora och små vattendrag och sjöar.

Vattenföring:

Vattenföringen är den mängd vatten som rinner fram i ett vattendrag under en tidsenhet. I små vattendrag används liter per sekund som enhet för vattenföring och m³/s för stora.

Sjöprocent:

Sjöprocent är andel sjöyta inom ett avrinningsområde uttryckt i procent.

2. Allmän beskrivning av älvtemperatur

I den här delen av rapporten omfattar dataunderlaget månadsmedelvärden under tio år, 1977 till 1986. Figur 1 visar ett antal av dessa stationer och deras månadsmedeltemperaturer under perioden. Nu är en del av dessa stationer nedlagda. Den valda perioden har kontrollerats med avseende på om den kunde betecknas som normal eller ej. Med "normal period" menas att perioden inte har varit extrem¹ och kontrollen har genomförts som en subjektiv bedömning av längre klimatserier (Raab m. fl., 1995).

¹ Med "extrem" menas att klimatet inte har varit vare sig torrt med liten nederbörd, eller vått med mycket stor nederbörd

2.1 Älvtemperatures variation

Figur 1 (sida 4) visar vattentemperaturens variation under ett år baserad på månadsmedelvärden under perioden 1977-86 för 27 stationer över hela landet. Som framgår av figuren sjunker vattentemperaturen från söder till norr och från kusten till inlandet. Kallaste årsmedeltemperaturen har mätts i norr, vid station nummer 507 som ligger i Luleälven, med årsmedeltemperatur 4,4 under den studerade perioden 1977-86. Varmaste årsmedeltemperatur har mätts i station nummer 120, Mörrumsån, som ligger i söder med 8,6 grader.

Den varmaste vattentemperaturen som har registrerats under de tio åren var Norrström (station nr 268) med 25,1 grader.

2.1.1 Beskrivning av älvtemperatures geografiska variation

Medelvärden för respektive station under den studerade perioden kan användas för en kartläggning av variationerna över landet. Observationer från stora avrinningsområden har av naturliga skäl ej inkluderats i analysen av älvtemperatures geografiska variation. Vattentemperaturen, observerad vid avrinningsområdets utloppspunkt, är resultatet av påverkan på vattnet inom hela avrinningsområdet. Vi kan ej få någon detaljerad beskrivning av rumsvariationen om vi använder information från stora avrinningsområden.

Det har bedömts att en områdesstorlek på högst 10000 km² kan vara acceptabel. Av det totala stationsunderlaget återstår därmed 46 stationer.

För att beskriva älvtemperatures geografiska variation kan regressionsanalys användas. Denna beskrivning har gett följande resultat:

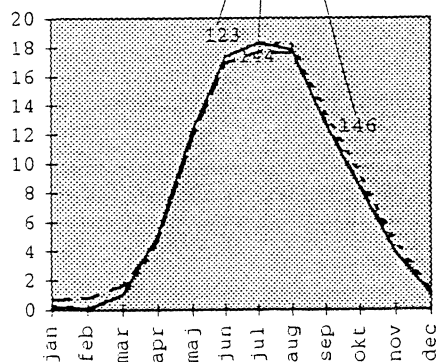
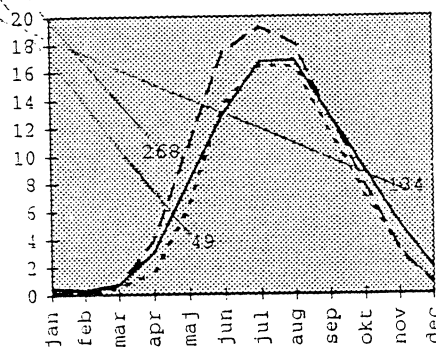
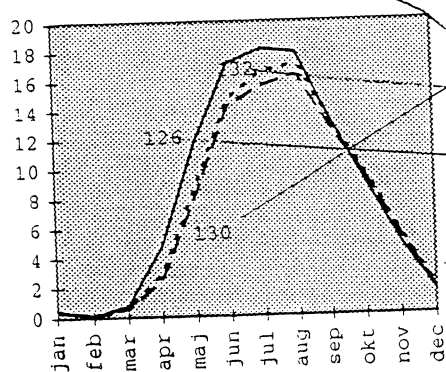
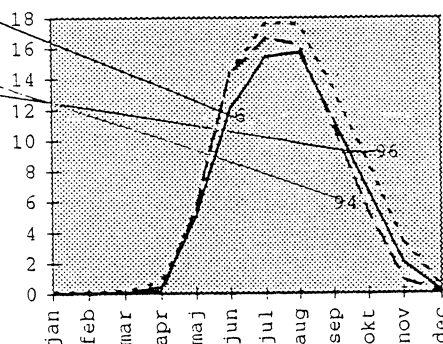
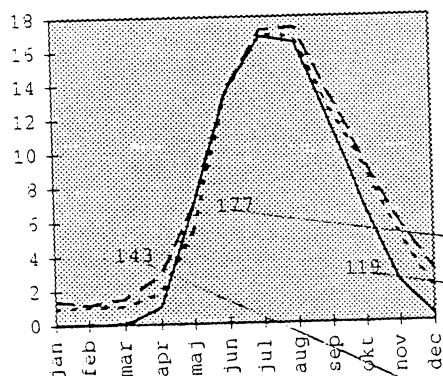
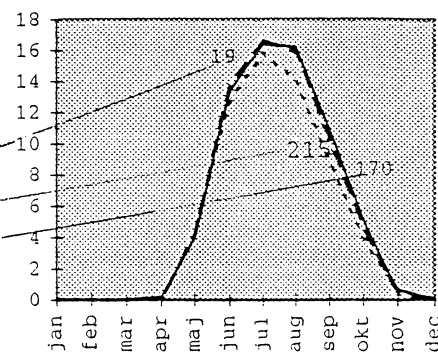
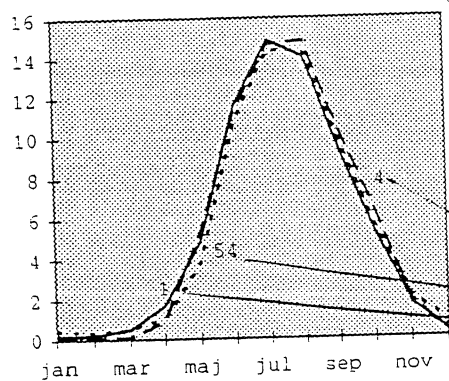
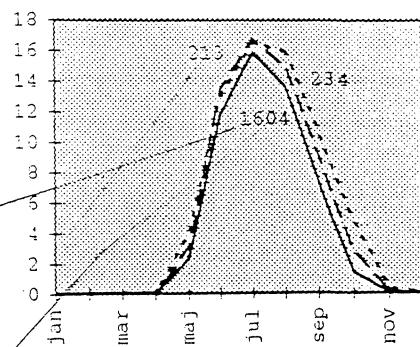
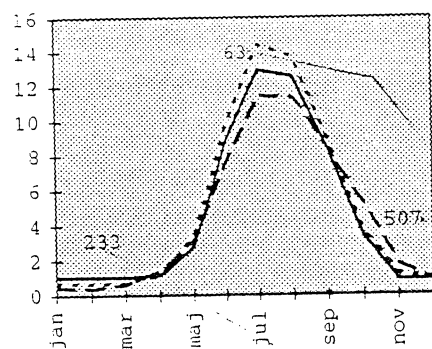
$$T = 31.61173 + 0.00000147 * Y - 0.000004 * X$$

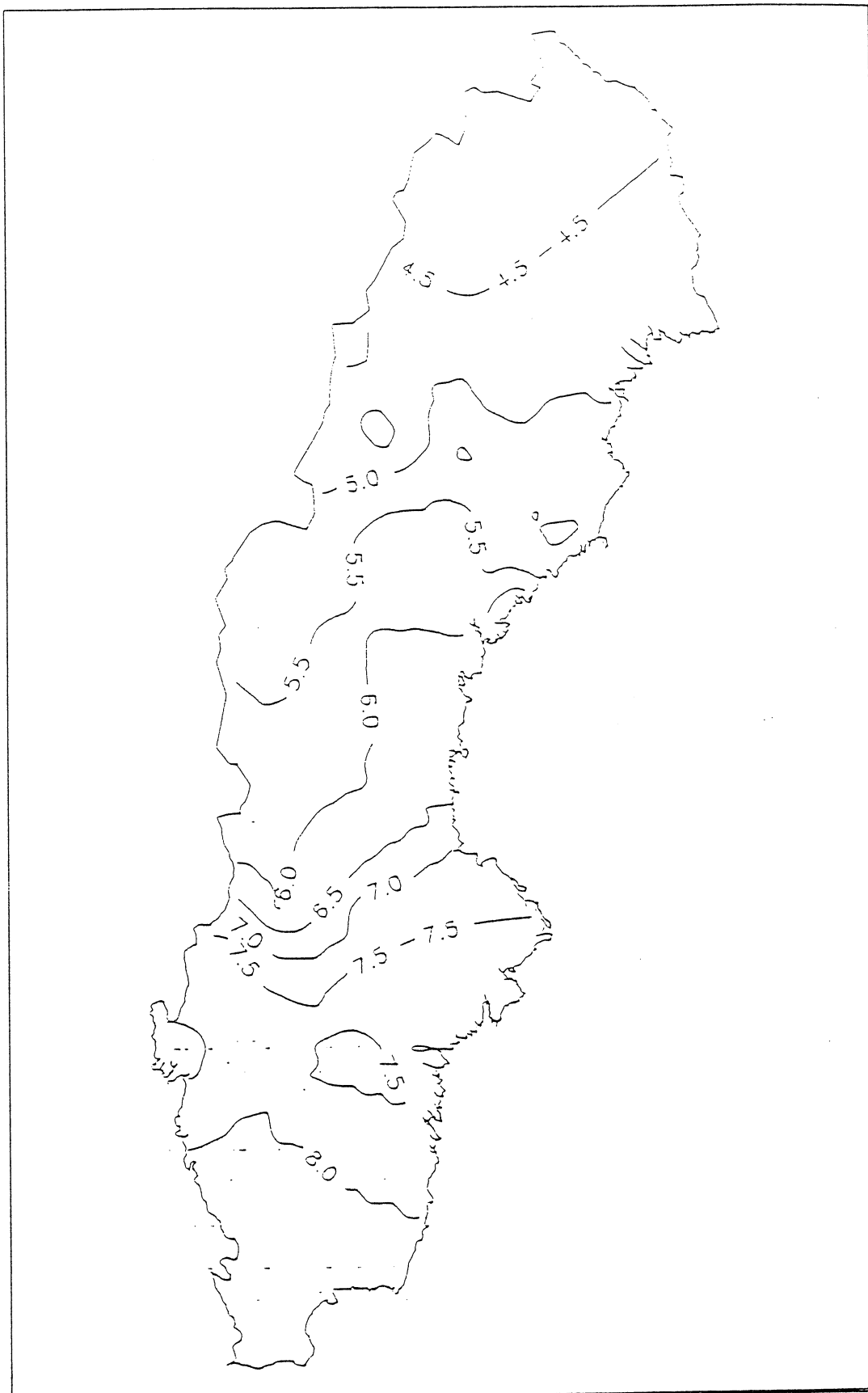
där T är årsmedeltemperaturen, X är x-koordinaten för stationsläget i rikets nät (7 siffror motsvarar enheten meter) och Y är motsvarande y-koordinat.

Resultatet av anpassningen ger en förklaringsgrad (R^2) av 0,90.

Med ett interpoleringsprogram (SURFER) har även en isokarta för vattentemperaturens årsmedelvärde för perioden 1977-86 producerats (figur 2, sida 5).

Figur 1: Älvtemperatures variation under året (månadsmedelvärden)





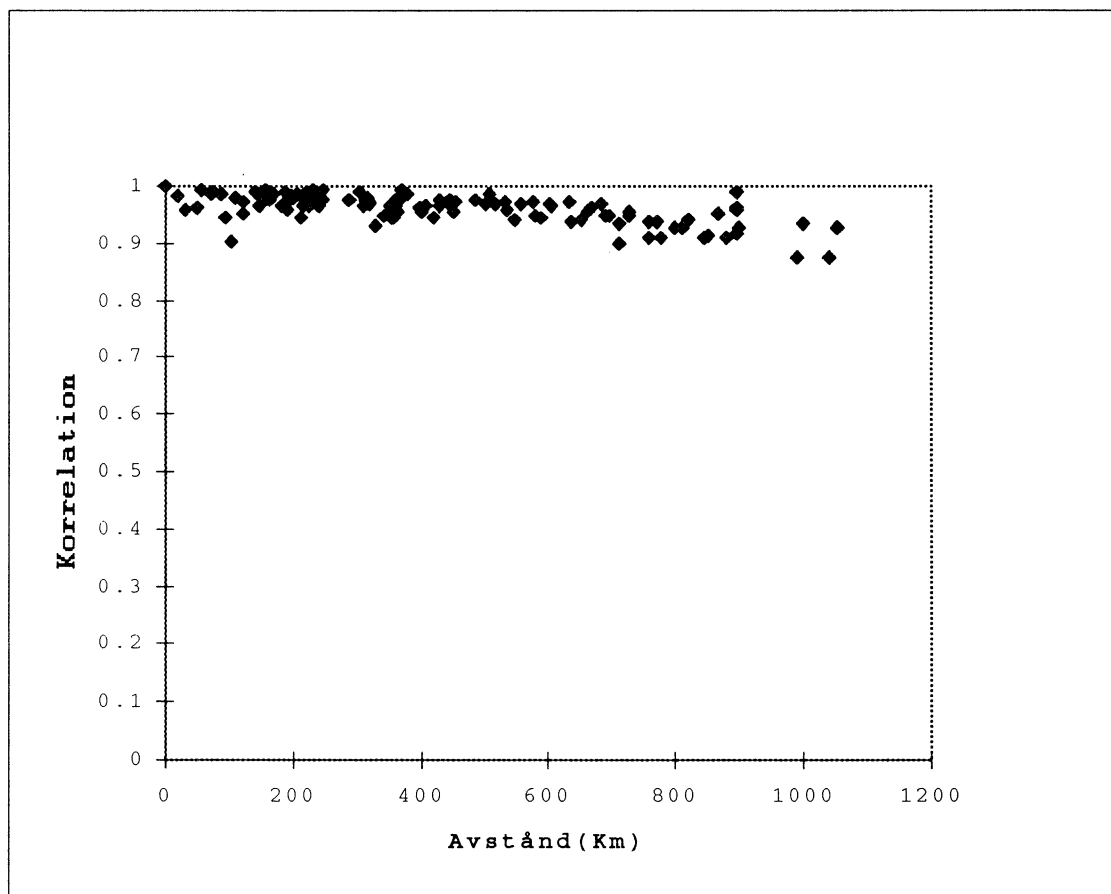
Figur 2: Älvtemperatures geografiska variation i Sverige mha 46 hydrologiska stationer med avrinningsområde på högst 10000 Km² (1977-86)

2.1.2 Beskrivning av älvtemperaturens rumskorrelation

Skattningen av korrelationer mellan samtidiga observationer av älvtemperatur vid olika stationer har utförts för 46 stationer med syfte att studera korrelationens avtagande med avståndet. Underlag för den här beräkningen har varit månadsvärden för perioden 1977-86. För analys av korrelationens avståndsberoende har även avståndsmatrisen beräknats. Alla 46 stationer i de två matriserna har varit i samma ordning. Avståndet har räknats med hjälp av x- och y-koordinat. Även vid denna beräkning har endast stationer med motsvarande avrinningsområde om högst 10000 Km² utnyttjats.

Resultatet har varit ett mycket starkt beroende mellan stationerna med svagt avtagande med avståndet. Några undantag har förekommit.

För närmare analys har ett urval bland de 46 stationerna valts. Underlag för detta har varit dygnsvärden för ett år (1977). Figur 3 visar korrelations beroende av avståndet i detta fall.



Figur 3: Rumskorrelation för dygnsvärden

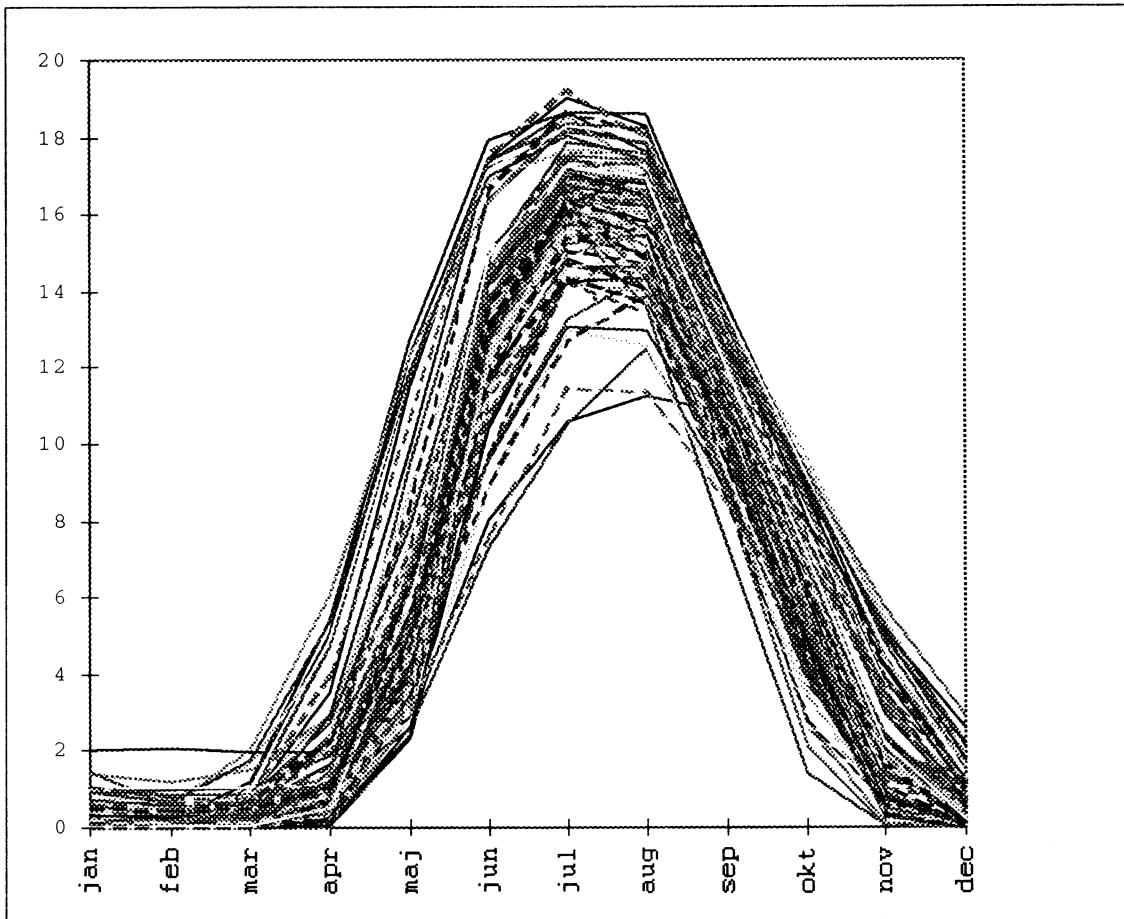
Som framgår av figuren avtar korrelationen mycket långsamt med avståndet. Man finner hög korrelation även vid långa avstånd.

Avståndet mellan stationerna har beräknats som följande:

$d_{ij} = \sqrt{\sum ((x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2)}$; där $i, j = 1, 2, \dots, 46$ och d_{ij} är avståndet mellan station i och j . x_i och y_i är koordinat för stationsläget.

2.1.3 Älvtemperaturens säsongsvariation

Månadsmedelvärden för de 91 stationerna har ritats i figur 4. I figur 4 kan man se att de genomsnittliga variationerna hos vattentemperaturen under ett år är likartade oavsett var i landet som registreringarna har skett.



Figur 4: Vattentemperaturens månadsmedelvärden för samtliga stationer

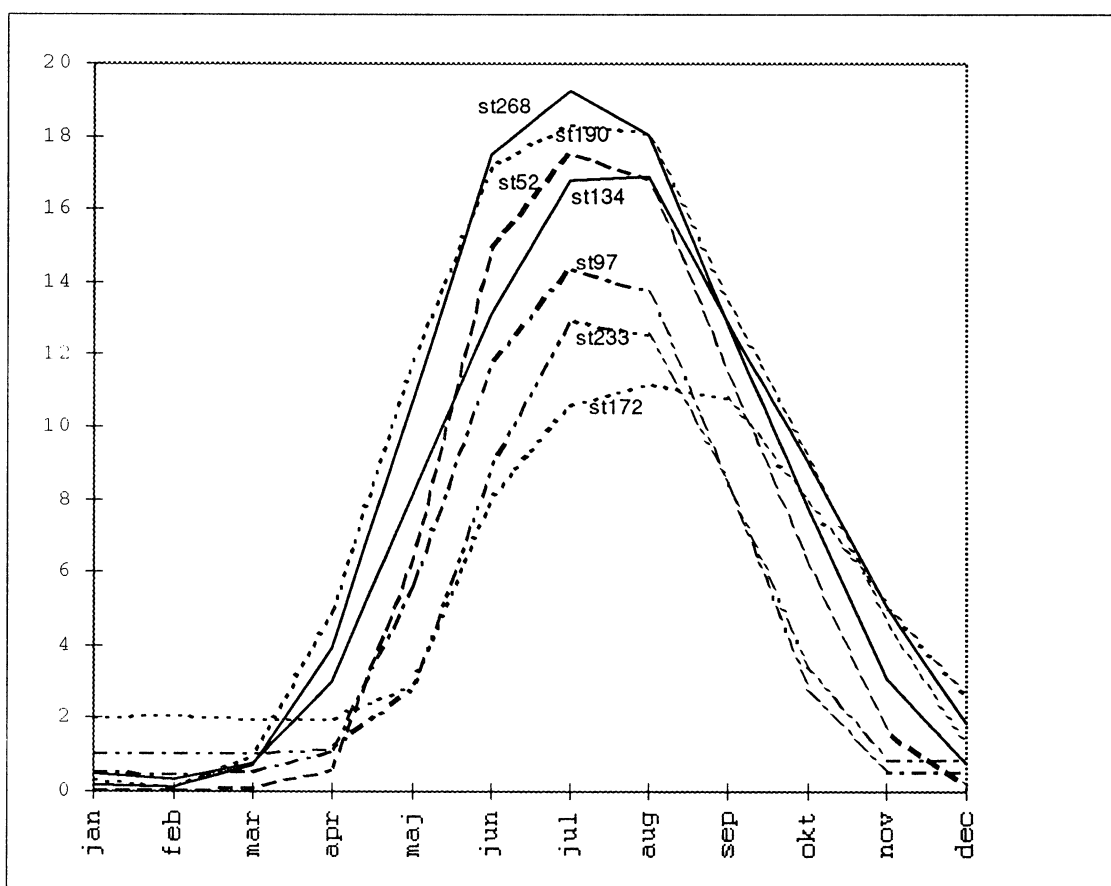
Som framgår av figuren stiger vattentemperaturen ganska snabbt i april och maj. I juli eller augusti når temperaturen kulmen.

Hur snabbt vattentemperaturen stiger eller sjunker beror på var mätstationen befinner sig. I figur 5 visas exempel på stationer som uppvisar de största respektive de minsta variationerna under året. Om mätstationen installerats vid utloppet till en större sjö dämpas temperaturvariationerna. Vattentemperaturen stiger långsamt under sommaren och sjunker långsamt under hösten. Man kunde förvänta sig att avrinningsområdets storlek och andelen sjö (sjöprocent) inom området skulle ha inverkan på vattentemperaturens variation. Stort avrinningsområde eller hög sjöprocent antas ha en dämpande effekt på temperaturvariationen.

Figur 5 visar dock att så inte är fallet. Stationerna med dämpad temperaturvariation (172 resp 233) har låg resp hög sjöprocent, medan stationer med låg variabilitet kan ha både hög och låg sjöprocent (se tabell 1 sida 8).

Tabell 1- Beskrivning av respektive stations egenskaper

Station nummer	Vattendrag	Avrinningsområde Km ²	Sjöprocent	Uppströms avstånd till större sjö (Km)
172	Österdalälven	4521	3,6	0
233	Skellefteälven	4215	14,4	0
97	Skellefteälven	6321	16,4	0
134	Motalaström	6382	35,7	0
52	Västerdalälven	8423	4,1	längre än 40
190	Lagan	5436	10,5	längre än 40
268	Eskilstunaån	4044	15,3	25



Figur 5: Vattentemperaturns månadsmedelvärden; Exempel på stationer med stor eller liten variation

Urvalet av stationer har inte gett någon variation med avseende på avrinningsområdets storlek. Däremot har uppströms avstånd till närmaste större sjö och sjöprocent betydelse. Exempelstationerna i tabell 1 är grupperade efter avstånd till närmaste sjö och efter sjöprocent. Litet avstånd till sjö och låg sjöprocent ger låg variation och stort avstånd till sjö och hög sjöprocent ger hög variation. Om man i tabellen betraktar endast de fyra stationerna belägna vid sjö, ser man att säsongsvariationen ökar med ökande sjöprocent jämför med figur 5. Motsvarande gäller för de tre stationerna belägna på visst avstånd från större sjö.

Ytterligare faktorer påverkar temperaturns variationsmönster, men de ovannämnda är de huvudfaktorer som identifierats i analysen.

3. Modell för älvtemperatur

För att mildra effekterna av stationsnedläggningar (se inledningen i rapporten) och för att dra största möjliga nytta av insamlad information, görs en generaliserad beskrivning av älvtemperaturens variation med hjälp av modeller. I denna rapport beskrivs en modell för förlängning av existerande serier. I en vidareutveckling kommer SMHI att dra nytta av erfarenheter från ett annat internt projekt, *Mesoskalig analys*, där information om olika variabler i rummet är en viktig del.

3.1 Datamaterialet

Ett dataunderlag för anpassning och test av modell har bildats på basis av 10 utvalda stationer, fördelade över hela landet. Datamaterialet består av dygnsvärden.

Exempel på lämpliga prediktorer i modellen är vattenföring och lufttemperatur. Observationer av lufttemperatur har hämtats från närmast belägna klimatstation, räknat utifrån vattentemperaturstationen. Största avstånd mellan ett par av luft- respektive vattentemperaturstationer är 40 km.

Observationer för åren 1979 respektive 1985 har utnyttjats speciellt i utvecklingen av en modell. Dessa två år har valts pga att de uppvisade de minsta antalen luckor i observationsserierna. Med hjälp av observationer från 1979 har modellen anpassats medan observationer från 1985 har använts för jämförelse mellan observerade och simulerade värden för verifiering av modellen. Tabell 2 visar de stationer som har använts för test av modellansatserna.

Tabell 2: Lista över vattentemperaturstationer utnyttjade i modellutvecklingen

Vattentemp st nummer	Namn	Vattendrag	Area Km ²	Sjöprocent
11	Torpshammars krv	Gimån	9776	11,0
52	Mockfjärds krv	Västerdalälven	8423	4,1
54	Mörsils krv	Indalsälven	6132	11,2
84	Edsforsens krv	Klarälven	8595	5,9
97	Storavans utl	Skellefteälven	6321	16,4
132	Skärmen vid Ormo	Nordre älv	114	-
134	Motala krv	Motalaström	6382	35,7
143	Lennartsfors krv	Upperudsälven	1642	14,8
190	Ängabäcks krv	Lagan	5436	10,5
224	Korsselbränna krv	Fjällsjöälven	867	7,0

3.2 Metodik

Beräkningarna i rapporten har genomförts med hjälp av programmen Minitab, Excel och Systat.

Vid val av modell när samtliga tidsförskjutningar i lufttemperaturen har varit signifikanta, har den modell med störst F-värde^{II} valts. Varje gång har endast en tidsförskjutning införts i modellen för att överskattningar inte skall förekomma. Om F-värdet i modellen med två tidsförskjutningar har varit lika, har den lufttemperaturen med kortast tidsförskjutning valts.

Tidsförskjutningen är den tid som behövs för att vattentemperaturen skall ändras efter ändring av lufttemperaturen.

3.3 Modell för vattentemperaturen

Med hjälp av analys av korrelation mellan vattentemperatur och vattenföring kan det konstateras att vattenföringen ej har någon inverkan på vattentemperaturen. Korrelation mellan vattentemperatur och vattenföring är drygt 0,1. Införandet av vattenflöde i modellen som en förklaringsvariabel har inte varit signifikant, och inte heller ökat förklaringsgraden.

Olika tidsförskjutningar mellan luft- och vattentemperaturer har prövats i samtliga modellansatser. Maximal tidsförskjutning (se metodik ovan) som prövats är tio dagar.

Ett gemensamt mått för olika modeller med vilket de kan bedömas, är korrelation mellan observerad och simulerad vattentemperatur år 1985 i kvadrat med rubriken R^2 i tabeller. En förklaring till detta är att R^2 eller förklaringsgrad som vanligtvis erhålls av regressionsmodeller inte gäller till modellen i del 3.3.2 (Observera att detta ej är det samma som förklaringsgrad vid skattad regressionsmodell).

3.3.1 Linjär regression

Ett vanligt sätt att relatera två variabler till varandra är genom regressionsanalys. Ett exempel på en modellansats är:

$$V_t = \beta_0 + \beta_1 * L_t + e_t \quad (1)$$

där V_t = Vattentemperatur, β_0 och β_1 regressionskoefficienter, L_t = Lufttemperatur och e_t är slumpvariabel.

Exempel på resultat ges i tabell 3 och i figur 6 (nästa sida).

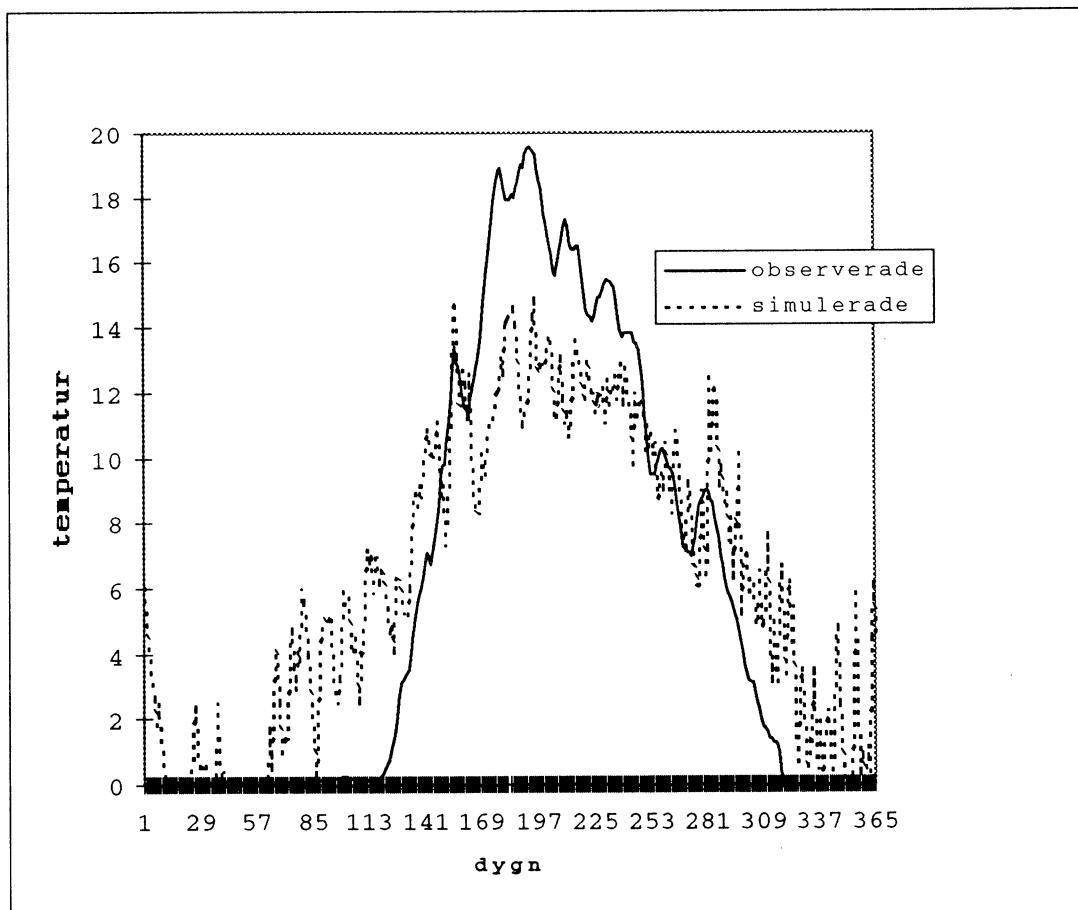
^{II} Se statistisk litteratur om regression analys

Tabell 3: Regressionsresultat vid enkel regression mellan vatten- och lufttemperatur

Station nr	intercept: β_0	slope: β_1	tidsförskjutning dygn	R^2 *
11	6,237	0,419	10	0,739
52	4,772	0,515	8	0,801
54	4,947	0,394	10	0,730
84	4,247	0,503	0	0,801
97	5,255	0,401	0	0,701
132	3,325	0,667	5	0,787
134	4,458	0,577	6	0,823
143	5,269	0,524	10	0,831
190	2,903	0,815	5	0,881
224	5,111	0,410	5	0,781

* R^2 är korrelation mellan observerad och simulerad vattentemperatur 1985

Som framgår av figur 6 finns stora kontraster mellan observerade och skattade vattentemperaturer, upp till 8 grader och hela tiden. Denna modell blir därför undermålig för att skatta älvttemperaturen.



Figur 6: Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer på station 52 med hjälp av modell (1)

För att skapa en bättre modell införs säsongsvariationen. Införande av säsongsbeskrivning i modellen kan erhållas på två sätt: Genom utnyttjande av generaliserad säsongsvariation (S_t) beräknad utifrån mätdata, respektive genom införande av s.k. dummyvariabler.

3.3.2 Användning av generaliserad säsongsvariation

Eftersom säsongsvariationen, enligt vad som konstaterats i kap 2.1.3, har starka gemensamma drag över hela landet, har den införts som en separat term i ett försök att förbättra modellen i den andra modellansatsen.

$$V_t = \beta_0 + \beta_1 * L_t + S_t + e_t \quad (2)$$

där S_t = Säsongsvariation för vattentemperaturen, β_0 och β_1 regressionskoefficienter, L_t = Lufttemperatur och e_t är slumpvariabel.

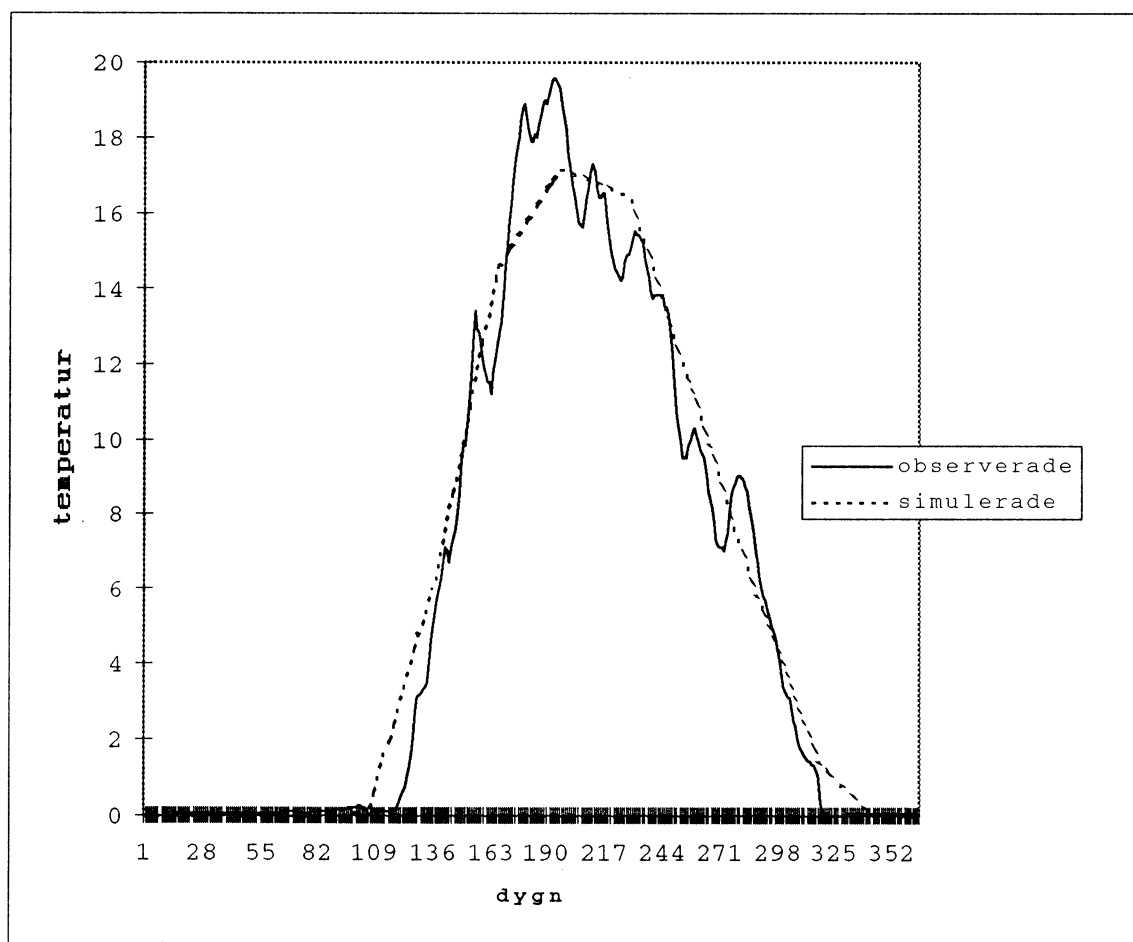
Användande av vad som här kallats generaliserad säsongsvariation har genomförts på följande sätt: Månadsmedelvärden har beräknats för respektive station under perioden 1977- 86. Interpolation i tiden mellan månadsmedelvärdena har sedan gett säsongsvariationen i form av dygnsvärden.

Resultat från simuleringar med modellen ges i tabell 4 och i figur 7 (sida 13).

Tabell 4: Regressionsresultat vid utnyttjande av generaliserad säsongsvariation

Station nr	intercept: β_0	slope: β_1	tidsförskjutning dygn	R^2 *
11	0,173	0,032	0	0,973
52	-0,420	0,004	5	0,972
54	-0,186	-0,021	0	0,964
84	-0,339	-0,010	10	0,978
97	0,209	0,037	0	0,950
132	-0,611	0,030	5	0,932
134	-0,214	0,029	0	0,965
143	-0,575	-0,008	10	0,960
190	-0,731	0,050	5	0,963
224	-0,394	0,004	5	0,973

* som tabell 3



Figur 7: Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer 1985 på station 52 med hjälp av modell (2)

Som framgår av figur 7, skattas älvtemperaturen ofta med små differenser mellan de observerade och simulerade värdena.

3.3.3 Beskrivning av säsongsvariation med dummyvariabler

I den tredje modellansatsen ersätts den generaliserade säsongsbeskrivningen med en beskrivning med hjälp av s.k. dummyvariabler. Modellansatsen blir då:

$$V_t = \beta_0 + \beta_1 * L_t + \beta_2 * S_{t1} + \beta_3 * S_{t2} + \dots + \beta_{k+1} * S_{tk} + e_t \quad (3)$$

där $S_{t1}, \dots, S_{tk}$ är dummyvariabler med värde 1 eller 0. S_{tk} kan definieras för ett valfritt antal perioder och värdet är 1 inom perioden, annars 0.

Antalet dummyvariabler bestäms av antal säsonger. Om antal säsonger är $(k+1)$, så är antal dummyvariabler (k) . Här har valts att pröva upp till 11 variabler, en per månad. Vid modellering av de tio stationerna har erhållits 7-9 signifikanta dummyvariabler.

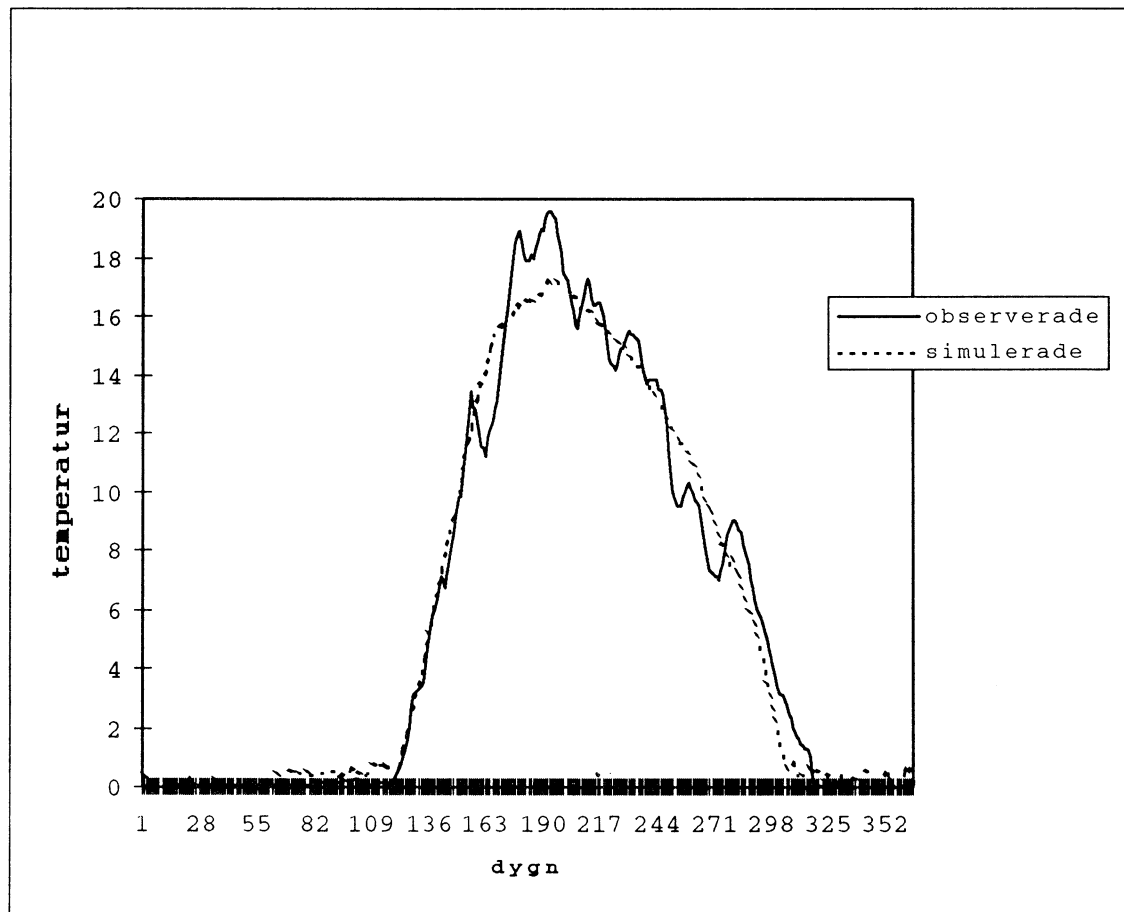
Med hjälp av säsongskoefficienter i modellen räknas dygnskoefficienterna ut. Detta utförs genom interpolering.

Resultat ges i tabell 5 och i figur 8 (sida 14).

Tabell 5: Regressionsresultat vid utnyttjande av dummyvariabler

Station nr	intercept: β_0	slope: β_1	tidsförskjutning dygn	R^2 *
11	1,153	0,038	5	0,965
52	0,503	0,051	5	0,979
54	1,080	0,045	0	0,966
84	0,627	0,074	0	0,981
97	1,038	0,046	0	0,963
132	1,294	0,195	5	0,936
134	1,026	0,112	0	0,964
143	1,251	0,072	5	0,959
190	1,169	0,261	5	0,975
224	0,739	0,042	5	0,976

* Se tabell 3



Figur 8: Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer 1985 på station 52 med hjälp av modell (3)

Som framgår i figur 8 följer simuleringarna de verkliga värden. Beräkningar i tabell 5 under rubriken R^2 visar också höga korrelationskoefficienter.

Båda metoderna som innehåller säsongsbeskrivning ger goda resultat.

Det finns liknande figurer för andra stationer i bilaga 1.

4. Slutsatser

Modeller för olika stationer har byggts med hjälp av dygnsvärde på ett år. Resultatet har varit tillfredsställande. För vidare undersökningar kan en längre period användas och jämföras.

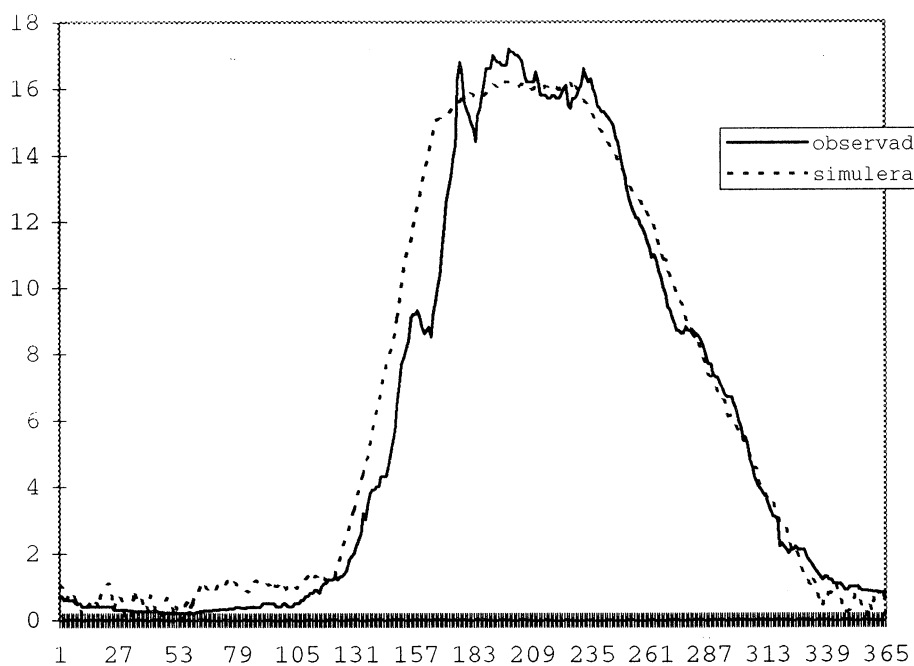
Inverkan av avrinningsområde och andelen av sjö i vattentemperaturen är inte omfattande, kan konstateras. Men för en större omfattning kan denna inverkan preciseras. Då får många stationer med olika storlek beträffande avrinningsområde och sjöprocent väljas. Med hjälp av multivariata metoder kan en modell anpassas för samtliga stationer.

För simulering av vattentemperaturvärden rekommenderas två olika modeller, nämligen modeller baserade på dummyvariabler och generaliserad säsongvariation. För att bygga modeller för stationer med kort observationsperiod är modellen med dummyvariabler lämplig. För andra stationer passar bägge modellerna.

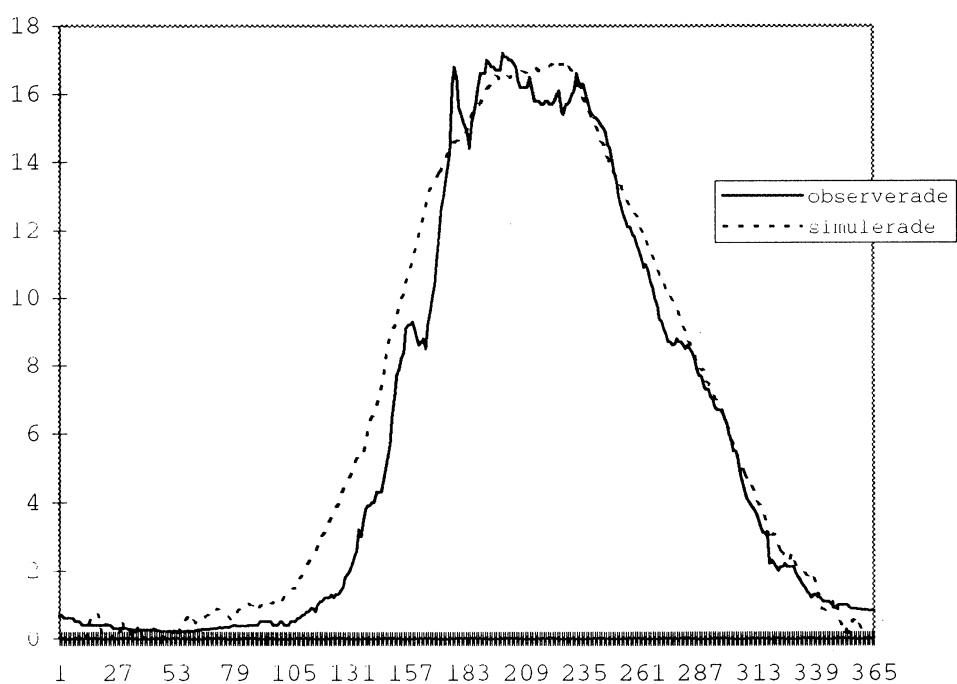
Referenser

- 1- Gotthardsson, Martin, Rystam, Pia och Westman, Sven-Erik
Hydrologiska stationsnät, SMHI Svenskt Vattenarkiv, Norrköping 1992
- 2- Raab, Birgitta och Vedin Haldö
Klimat, sjöar och vattendrag, Sveriges Nationalatlas, 1995
- 3- Bergström, Sten
Sveriges Hydrologi -grundläggande hydrologiska förhållanden, SMHI / Svenska
Hydrologiska Rådet, Norrköping 1994

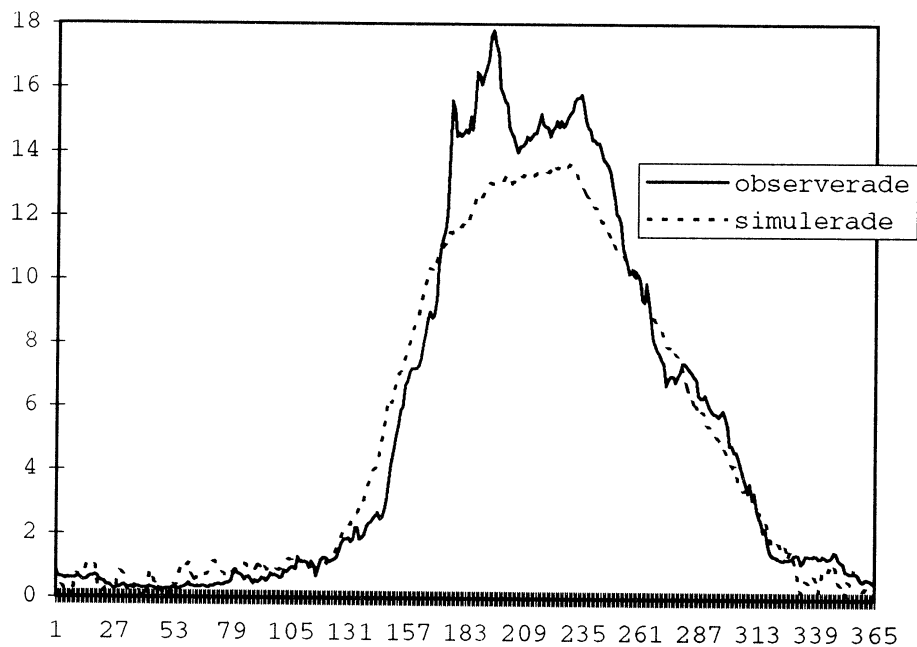
Jämförelse mellan observerade och simulerade
vattentemperaturer mha dummyvariabler för station nr 11



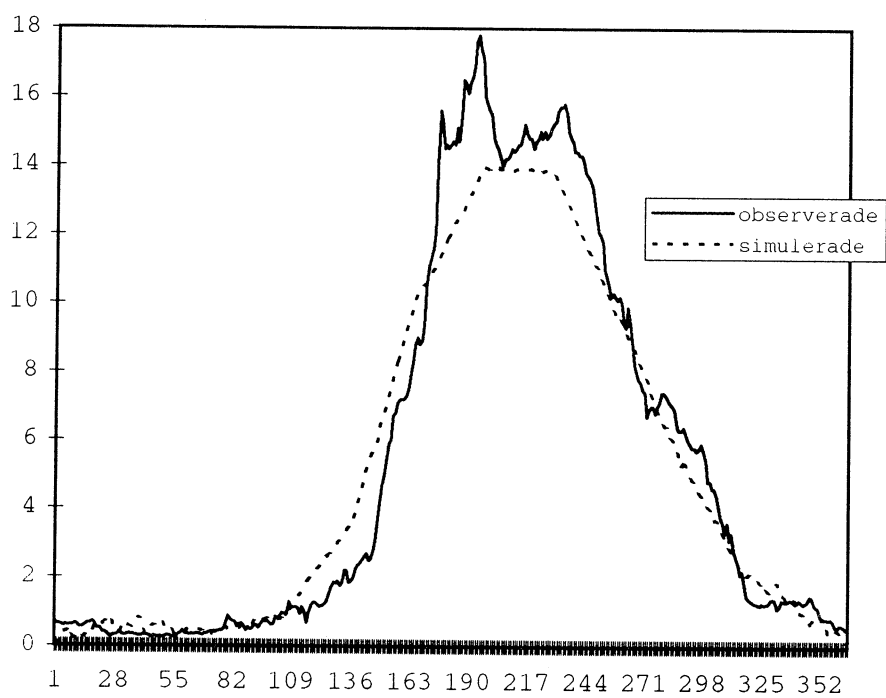
Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha
generaliserad säsongsvariation på station 11



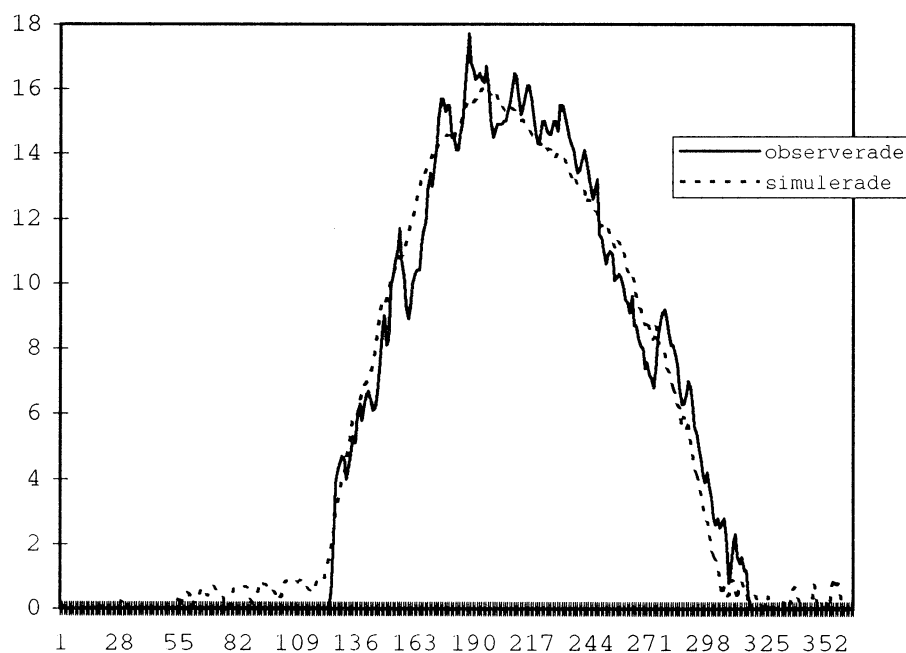
Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha dummyvariabler på station 54



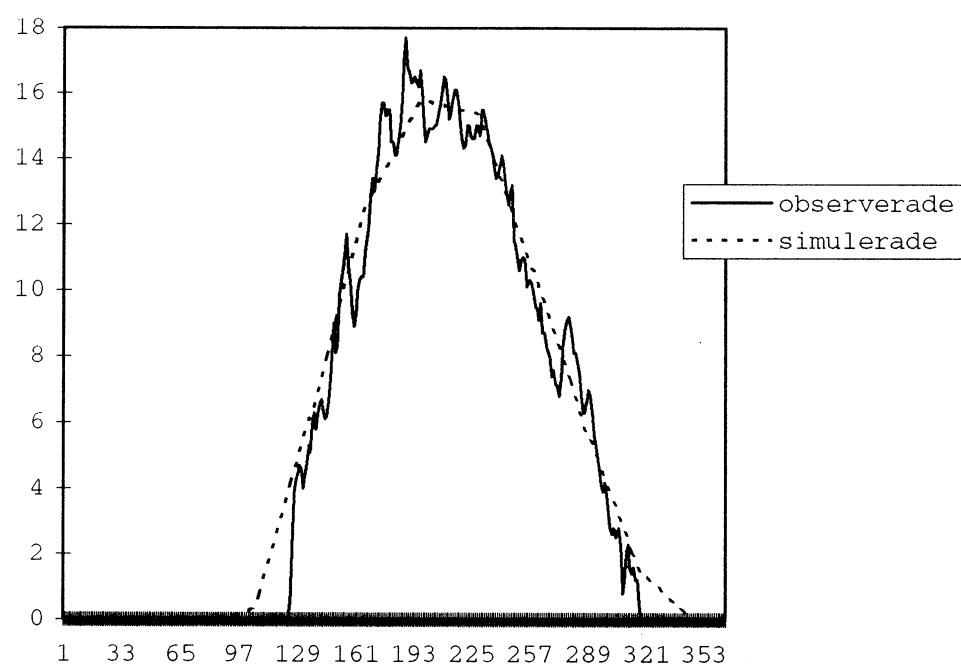
Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha generaliserad säsongsvariation på station 54



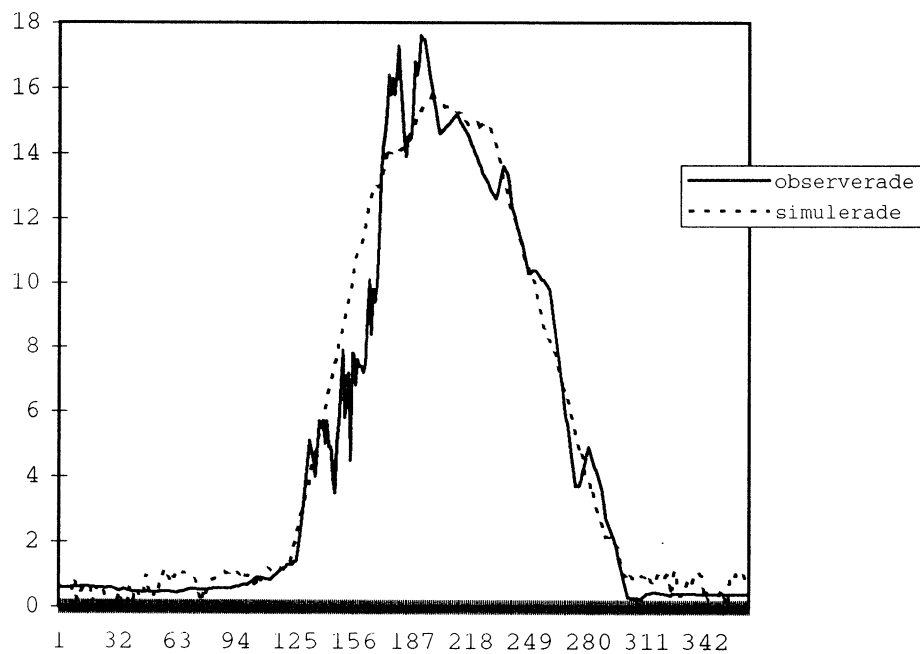
Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha
dummyvariabler på station 84



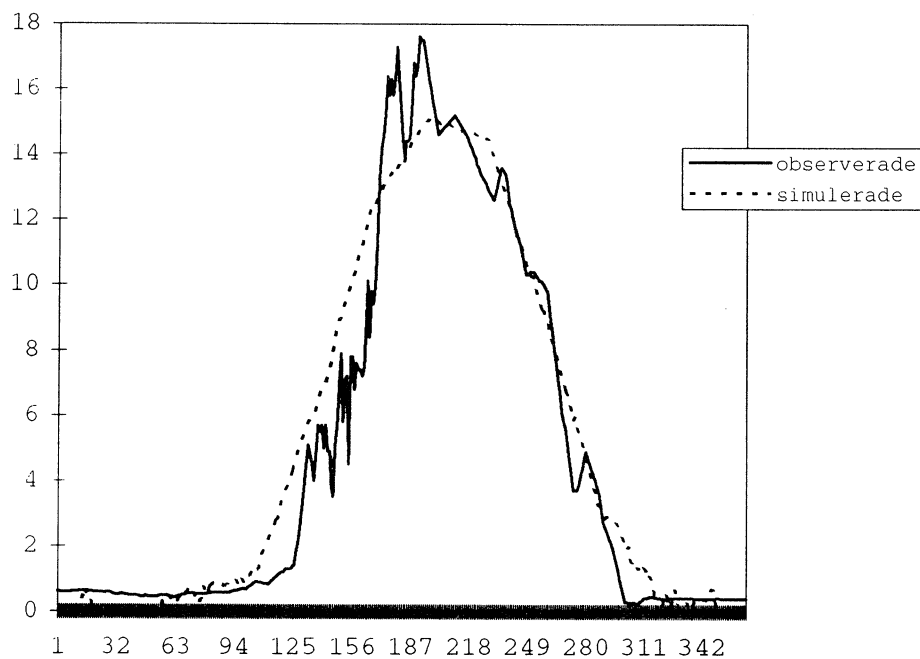
Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha
generaliserade säsongsvariation på station 84



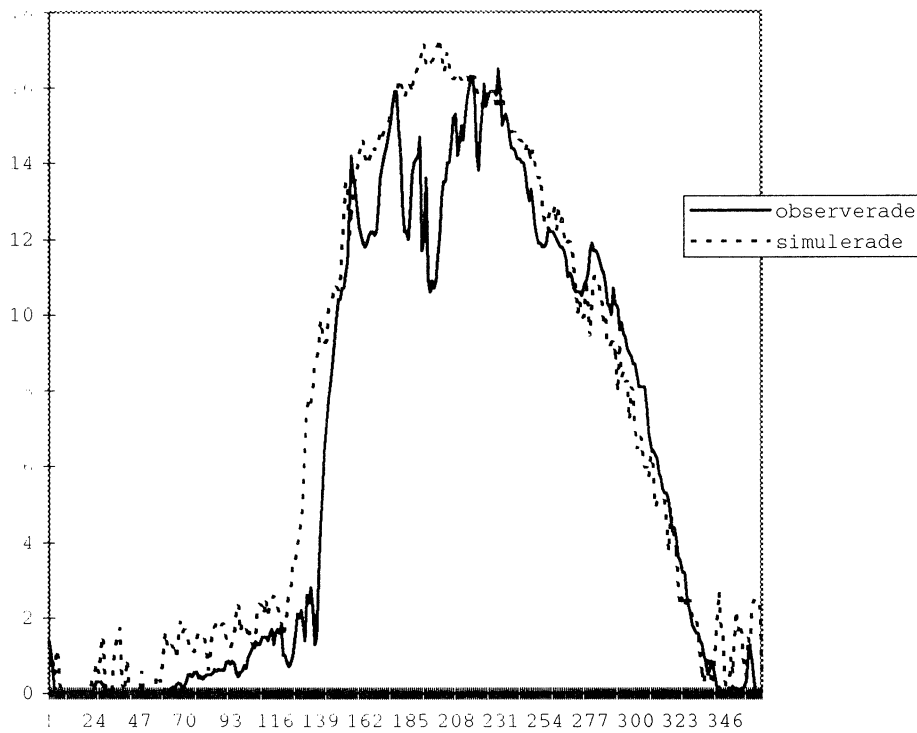
Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha
dummyvariabler på station 97



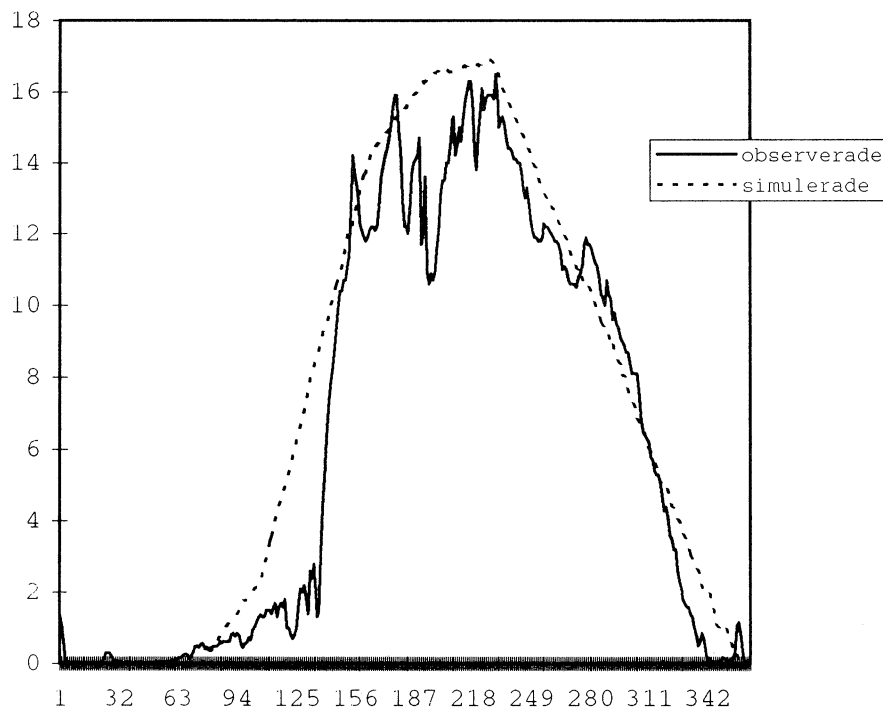
Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha
generaliserad säsongsvariation på station 97



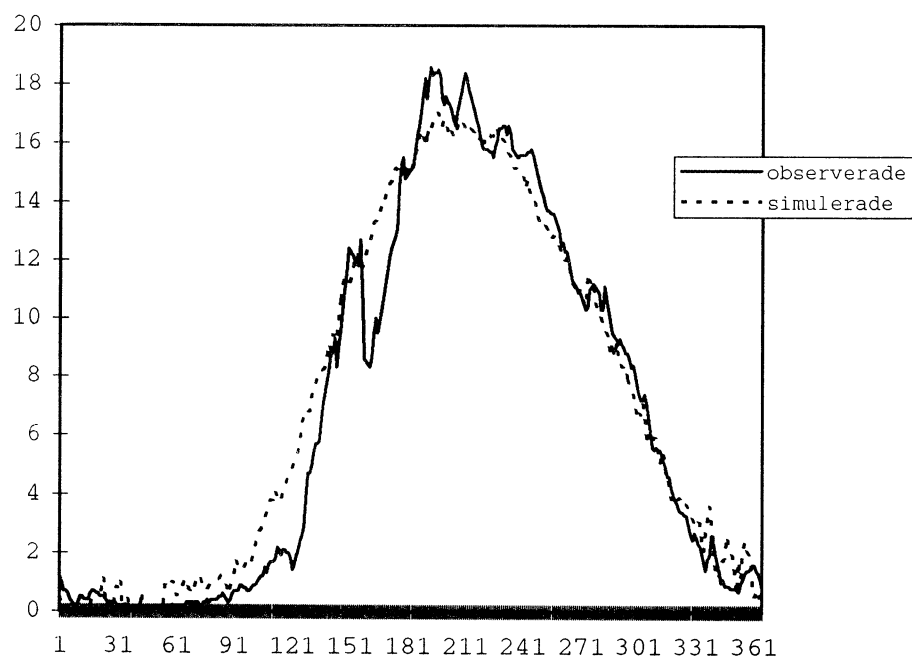
Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha dummyvariabler på st 132



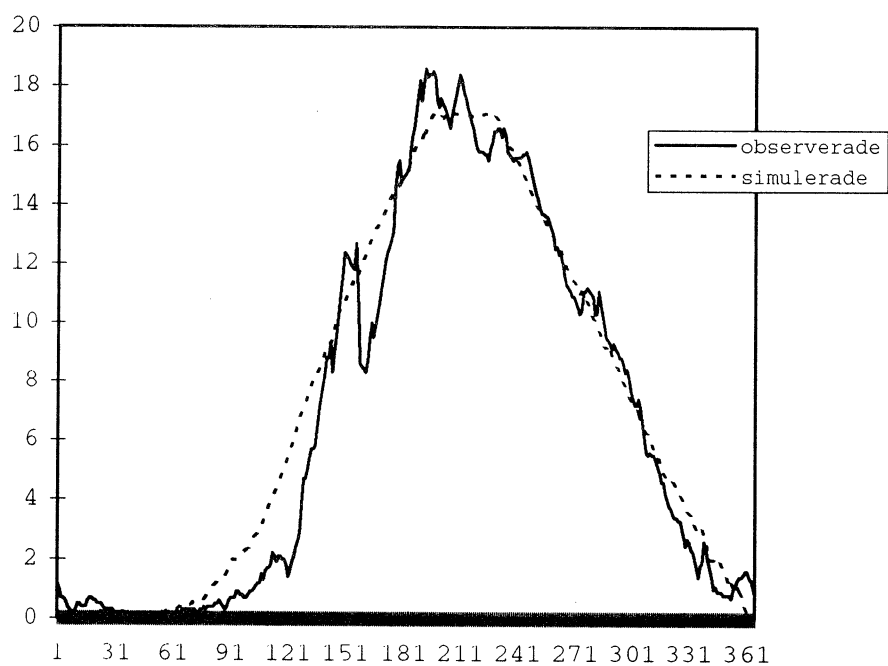
Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha generaliserad säsongsvariation på station 132



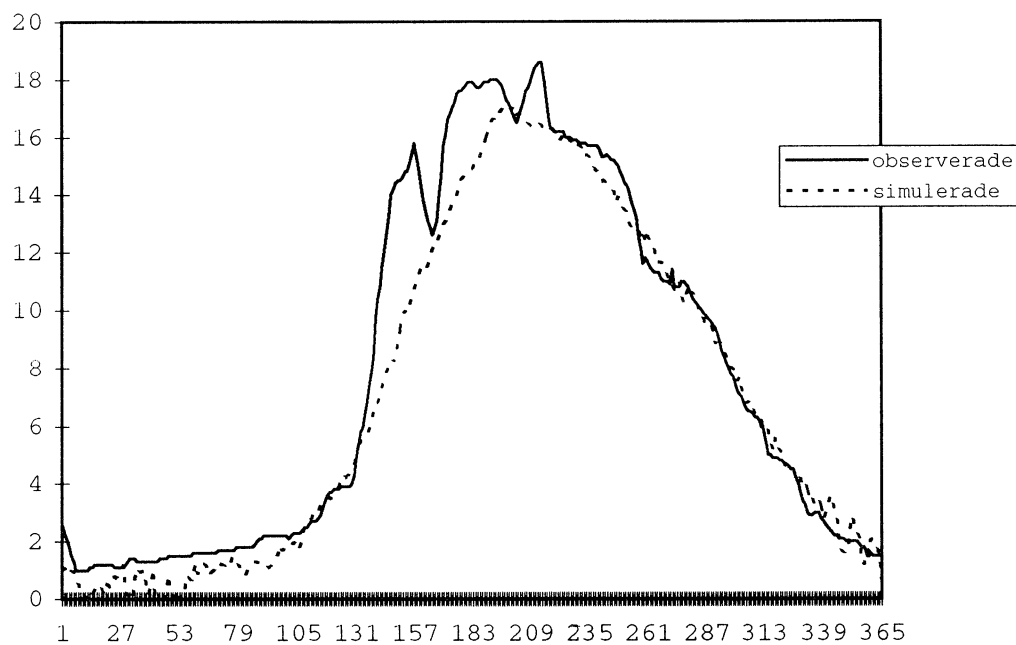
Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha
dummyvariabler på station 134



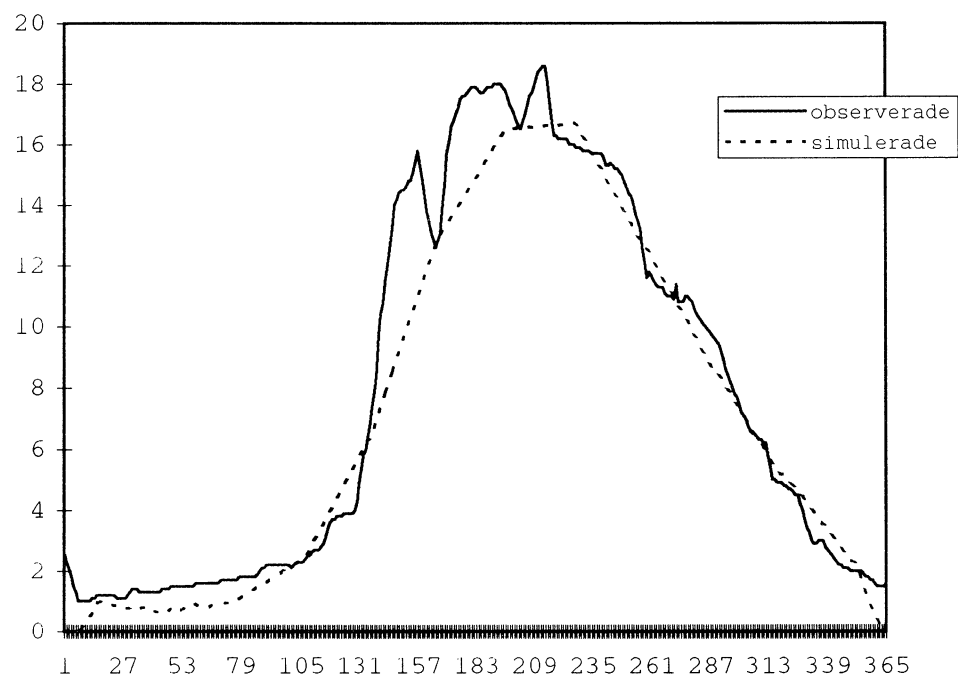
Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha
generaliserad säsongsvariation på station 134



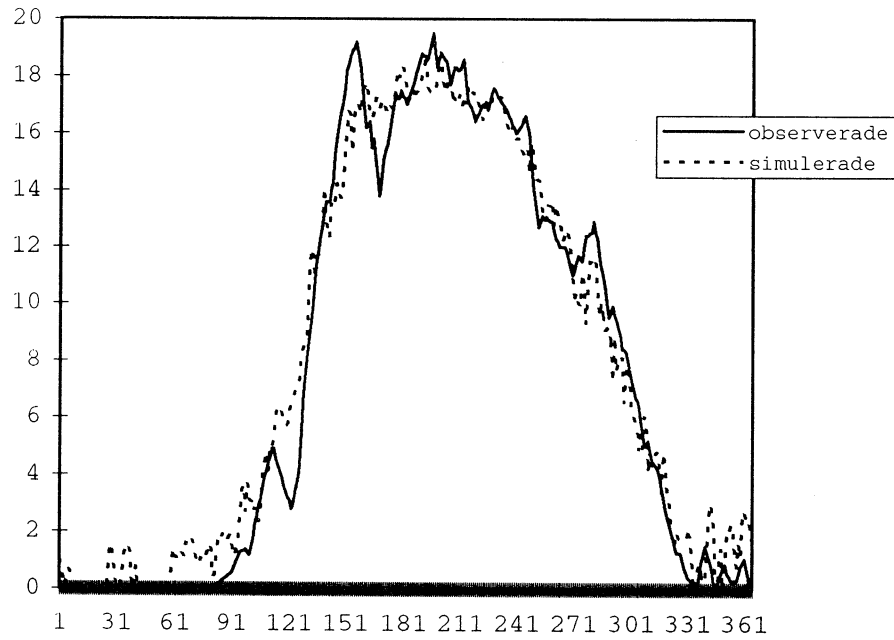
Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha
dummyvariabler på station 143



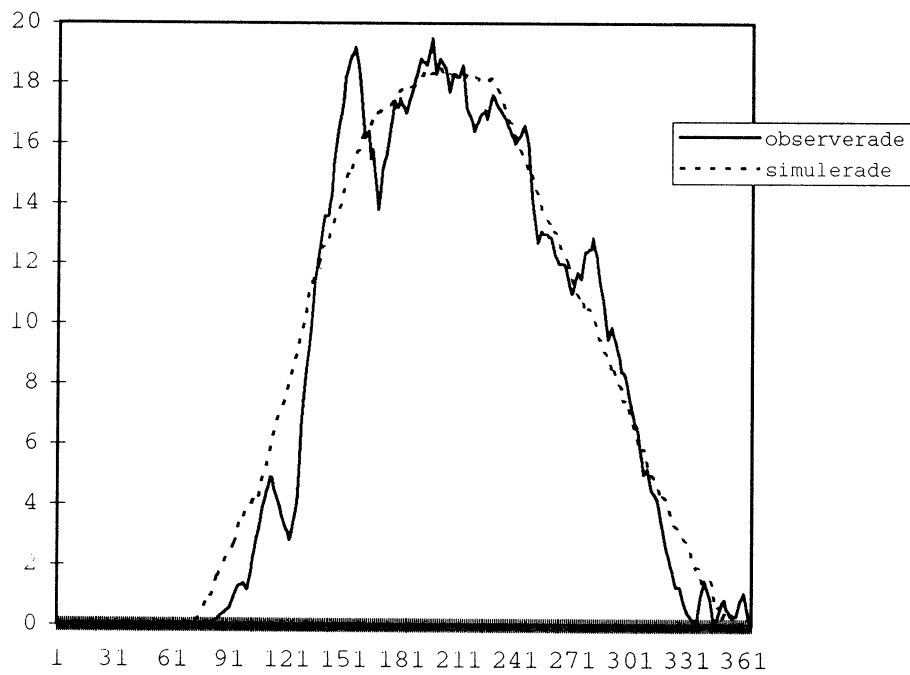
Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha
generaliserad säsongsvariation på station 143



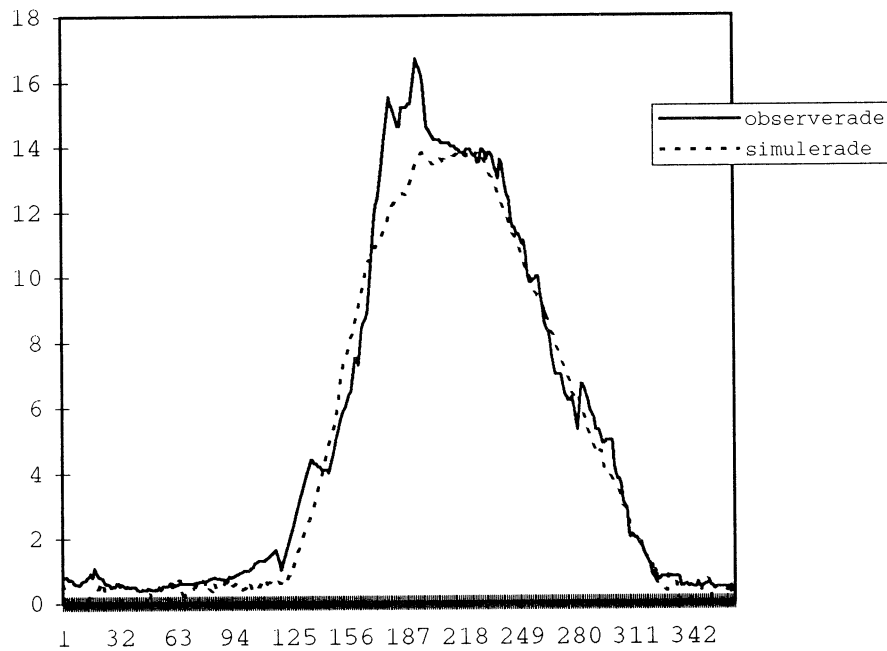
Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha
dummyvariabler på station 190



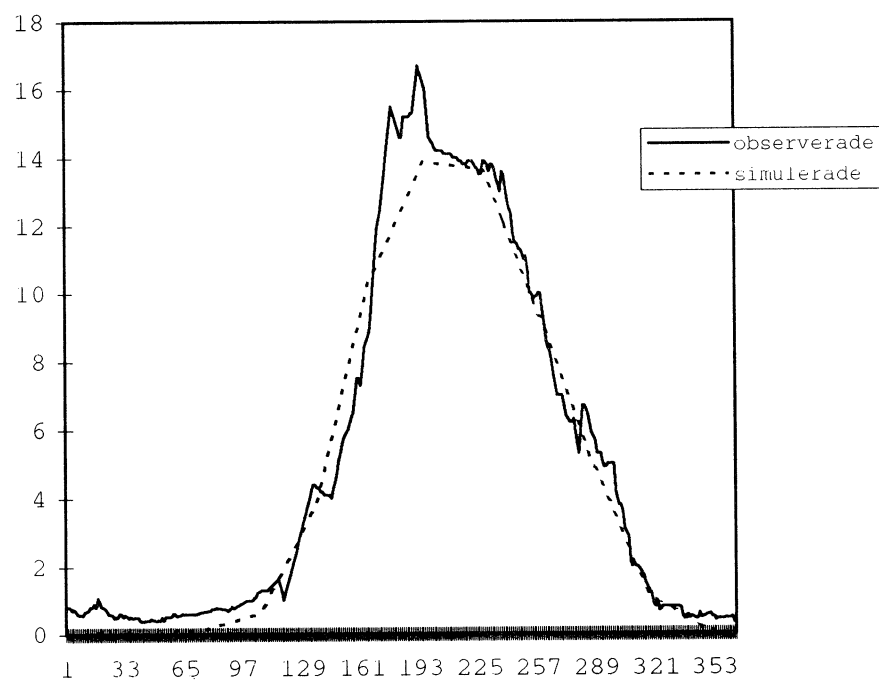
Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha
generaliserad säsongsvariation på station 190



Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha
dummyvariabler på station 224



Jämförelse mellan observerade och simulerade vattentemperaturer mha
generaliserad säsongsvariation på station 224



SMHI:s rapporter

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

Publiceras sedan

RMK (Rapport Meteorologi och Klimatologi)	1974
RH (Rapport Hydrologi)	1990
RO (Rapport Oceanografi)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985

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.
9. Bengt Carlsson och Håkan Sanner (1994)
Influence of river regulation on runoff to the Gulf of Bothnia. Gulf of Bothnia Year 1991.
10. Göran Lindström, Marie Gardelin and Magnus Persson (1994)
Conceptual modelling of evapotranspiration for simulations of climate change effects.

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 Haldø 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)
Frys förluster av vatten.
21. Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval and Maria Elvira Vega (1988)
Application of the HBV model to the upper Río Cauca basin.
22. Mats Moberg och Maja Brandt (1988)
Snökartläggning med satellitdata i Kultsjöns avrinningsområde.
23. Martin Gotthardsson och Sten Lindell (1989)
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 Amér (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.
39. Sten Lindell (1993)
Realtidsbestämning av arealnederbörd.
40. Svenskt Vattenarkiv (1995)
Vattenföring i Sverige. Del 1. Vattendrag till Bottenviken.
41. Svenskt vattenarkiv (1995)
Vattenföring i Sverige. Del 2. Vattendrag till Bottenhavet.

42. Svenskt Vattenarkiv (1993)
Vattenföring i Sverige. Del 3. Vattendrag till
Egentliga Östersjön.
43. Svenskt Vattenarkiv (1994)
Vattenföring i Sverige. Del 4. Vattendrag till
Västerhavet.
44. Martin Häggström och Jörgen Sahlberg (1993)
Analys av snösmältningsförlopp.
45. Magnus Persson (1993)
Utnyttjande av temperaturens persistens vid
beräkning av volymsprognoser med HBV-modellen
46. Göran Lindström, Joakim Harlin och
Judith Olofsson (1993)
Uppföljning av Flödeskommitténs riktlinjer.
47. Bengt Carlsson (1993)
Alkalinitets- och pH-förändringar i Umeälven
orsakade av minimitappning.
48. Håkan Sanner, Joakim Harlin and Magnus
Persson (1994)
Application of the HBV model to the Upper Indus
River for inflow forecasting to the Tarbela dam.
49. Maja Brandt, Torbjörn Jutman och Hans
Alexandersson (1994)
Sveriges vattenbalans. Årsmedelvärden 1961-1990
av nederbörd, avdunstning och avrinning.
50. Svenskt Vattenarkiv (1994)
Avrinningsområden i Sverige. Del 3. Vattendrag
till Egentliga Östersjön och Öresund.
51. Svenskt Vattenarkiv (1994)
Översvämningsskänliga områden i Sverige 1990.
52. Åsa Evremar (1994)
Avdunstningens höjdberoende i svenska
fjällområden bestämd ur vattenbalans och med
modellering.
53. Magnus Edström och Pia Rystam (1994)
FFO - Stationsnät för fältforskningsområden 1994.
54. Zhang Xingnan (1994)
A comparative study of the HBV model and
development of an automatic calibration scheme.
55. Svenskt Vattenarkiv (1994)
Svenskt dammregister - Södra Sverige.
56. Svenskt Vattenarkiv (1995)
Svenskt dammregister - Norra Sverige.
57. Martin Häggström (1994)
Snökartering i svenska fjällområdet med
NOAA-satellitbilder.
58. Hans Bertil Wittgren (1995)
Kvävetransport till Slätbaken från Söder-
köpingsåns avrinningsområde.
59. Ola Pettersson (1995)
Vattenbalans för fältforskningsområden.
60. Barbro Johansson, Katarina Losjö, Nils Sjödin,
Remigio Chikwanha, Joseph Merka (1995)
Assessment of surface water resources in the
Manyame catchment - Zimbabwe.



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING. Tel 011-15 80 00. Telefax 011-17 02 07

ISSN 0283-7722